

## Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

### Лабораторная работа № 1 РАЗБОРКА, СБОРКА ЗУБЧАТОГО РЕДУКТОРА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО ПАРАМЕТРОВ

#### Цель работы:

1. Изучить типовые конструкции зубчатых редукторов и основные регулировки их узлов.
2. Овладеть методами расшифровки зубчатых передач, кинематики и геометрии зубчатых редукторов.

#### 1. Теоретические предпосылки и цель работы

Редуктором принято называть механизм, состоящий из зубчатых или червяных передач (или тех и других вместе), выполненных в виде отдельного агрегата и служащий для передачи механической энергии от двигателя к рабочей машине.

Редуктор состоит из корпуса, отлитого из чугуна (легкого сплава) или изготовленного посредством сварки из стали. В корпусе размещены элементы передачи – зубчатые колеса, валы, подшипники и т.д.

Редукторы используются для понижения угловой скорости (частоты вращения) и, соответственно, для повышения вращающего момента. При малых передаточных числах применяют одноступенчатые редукторы.

Передаточные числа выбирают не больше  $u=8\dots 10$ , во избежание увеличения габаритов. Основное распространение (до 65%) имеют двухступенчатые редукторы. Для них характерен диапазон передаточных чисел  $u = 8\dots 40$ . При больших передаточных числах применяют трехступенчатые редукторы. Однако имеется тенденция замены их более компактными планетарными и волновыми редукторами. Зубчатые редукторы имеют широкое применение, особенно в подъемно-транспортных машинах, в металлургическом, химическом, сельскохозяйственном машиностроении.

#### 3. Оборудование рабочего места:

Для выполнения лабораторной работы на рабочем месте имеются:

- 3.1. Редуктор двухступенчатый цилиндрический – 1 шт.
- 3.2. Ключи двухсторонние с открытым зевом – 1 шт.
- 3.3. Молоток слесарный – 1 шт.
- 3.4. Штангенциркуль ШЦ 2,0 – 320 – 1 шт.
- 3.5. Линейки металлические и транспортир.
- 3.6. Методические указания к выполнению лабораторной работы.
- 3.7. Плакаты по теме лабораторной работы.

#### 4. Последовательность выполнения лабораторной работы

4.1. Снять крышку редуктора (предварительно сняв крышки подшипников) и вычертить кинематическую схему редуктора (рис. 1), обозначив быстроходный тихоходный валы. Быстроходный вал передает меньший крутящий момент, поэтому его диаметр вала будет меньше диаметра тихоходного вала редуктора.

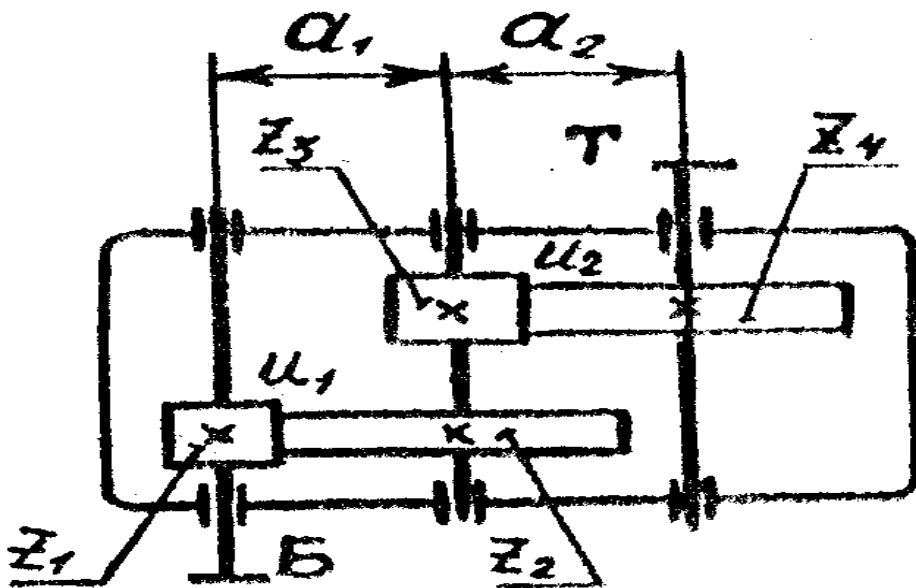


Рисунок 1 - Кинематическая схема редуктора

4.2. Определить ведущие и ведомые колеса быстроходной и тихоходной) ступени, подсчитать число зубьев каждого колеса ( $z_1, z_2, z_3, z_4$ ). Чтобы не ошибиться при подсчете числа зубьев колеса, необходимо первый зуб пометить мелом.

4.3. Вычислить передаточное число:

4.3.1. быстроходной ступени  $u_1 = z_2/z_1$ ;

4.3.2. тихоходной ступени  $u_2 = z_4/z_3$ ;

4.3.3. общее передаточное число  $u = u_1 \cdot u_2$

4.4. Измерить межосевое расстояние, как показано на рисунке 2

Стандартные значения межосевого расстояния даны в таблице 3 справочных материалов.

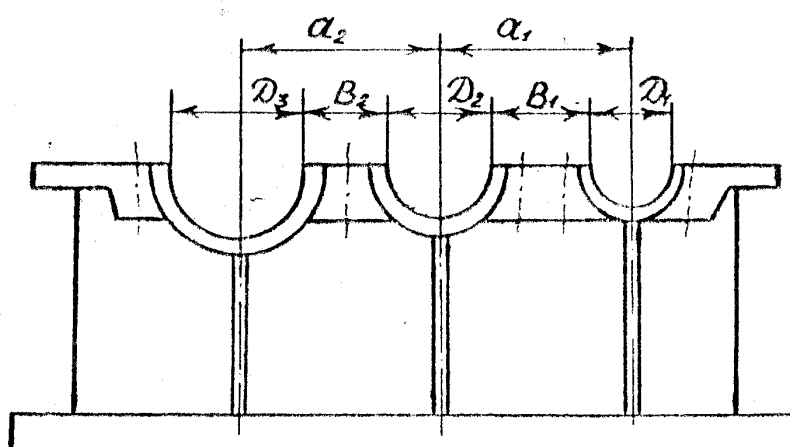


Рисунок 2 - Схема измерения межосевого расстояния

$$a_1 = ((D_1 + D_2) / 2) + B_1;$$

$$a_2 = ((D_2 + D_3) / 2) + B_2$$

где:  $D_1, D_2, D_3$  – диаметр наружного кольца подшипника качения быстроходного, промежуточного и тихоходного валов;

$B_1, B_2$  – расстояние между кромками отверстий под ведущий (ведомый) и промежуточный валы.

**4.5.** Определить типоразмеры подшипников качения. Для этого выполнить все необходимые замеры согласно таблице 2. Следует обратить внимание, что ширина наружного и внутреннего кольца шарикового радиального подшипника одинакова. Затем полученные результаты сравнить с данными таблиц 4, 5, 6 приложения.

**4.6.** Определить геометрические параметры зубчатой пары (таблица 3)

4.6.1. Определить направление наклона зубьев. Зубчатое колесо устанавливается так, чтобы ось отверстия была перпендикулярна горизонтальной плоскости. Если зуб колеса идет вверх направо, то направление правое, если зуб колеса идет вверх налево – то левое.

4.6.2. Измерить ширину зубчатого венца (рис. 3)

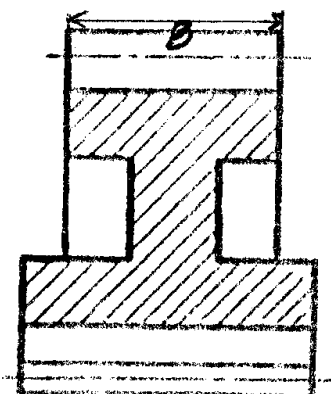


Рисунок 3 - Определение ширины зубчатого венца.

Ширина зубчатого венца шестерни на 5...10 мм больше, чем колеса  $b_1 = b_2 + (5...10)$  мм.

4.6.3. Измерить угол наклона зубьев по цилиндру головок (по диаметру окружности выступов). Для этого необходимо наметить несколько зубьев колеса простым карандашом и затем прокатать их вдоль прямой. К полученному следу восстановить перпендикуляр (рис. 4).

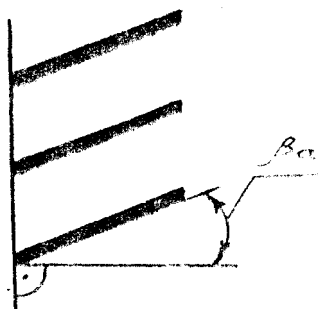


Рисунок 4 - Определение угла наклона зубьев по цилиндру головки

4.6.4. Измерить диаметр окружности вершин и впадин.

Если колесо имеет четное число зубьев и маленькие размеры, то измерения выполняются согласно рис. 5.

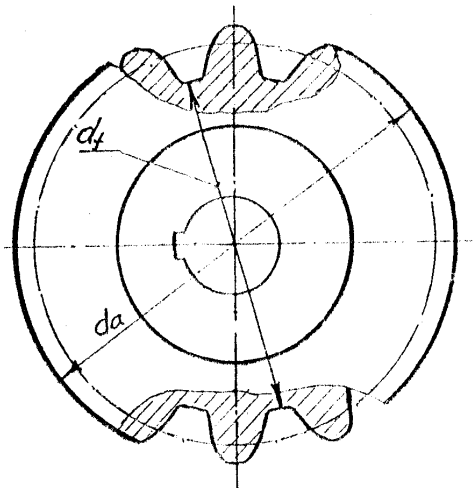


Рисунок 5 - Измерение диаметра зубчатого колеса при четном числе зубьев

Если колесо имеет нечетное число зубьев или зубчатое колесо имеет большие размеры, то измерения выполняются согласно рис. 6.

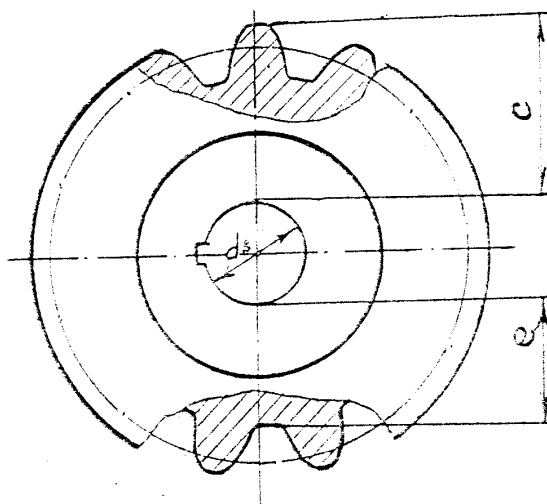


Рисунок 6 - Измерение диаметров зубчатого колеса при нечетном числе зубьев.

$$d_a = d_b + 2c; \quad d_f = d_b + 2l$$

где:  $c$  – расстояние от вала до вершины зуба;

$l$  – расстояние от вала до впадины зуба.

#### 4.7. Рассчитать основные величины зубчатого колеса (табл. 3)

4.7.1. Модуль зацепления нормальный (расчетное значение):

$$m_{n \text{ расч.}} = (2a \cdot \cos\beta) / (z_1 + z_2) = p/\pi$$

Полученные значения округлить до стандартного, приведенного в таблице 1 приложения.

4.7.2. Угол наклона зубьев по делительному цилиндру  $\beta = \arccos(m_{n \text{ пост.}} \cdot (z_1 + z_2) / 2a)$

4.7.3. Модуль зацепления окружной:  $m_t = m_n / \cos\beta$

4.7.4. Высота головки зуба (рис. 7)  $h_a = m_n$

4.7.5. Высота ножки зуба (рис. 7)  $h_f = 1,25m_n$

4.7.6. Высота зуба (рис. 7)

4.7.7. Делительный диаметр (рис. 7)

4.7.8. Коэффициент рабочей ширины зубчатого колеса  $\Psi_{ba} = b_f / a$

## Форма отчета по лабораторной работе № 1.

### I. Характеристика редуктора

Кинематическая схема редуктора	Число зубьев	Шестерни быстроходной, ступени $Z_1$	
		Колеса быстроходной ступени $Z_2$	
		Шестерни тихоходной ступени $Z_3$	
		Колеса быстроходной ступени $Z_4$	
	Межосевое расстояние	Быстроходной ступени, $a_1$	
		Тихоходной ступени, $a_2$	
Описание редуктора:	Передаточное отношение	Быстроходной ступени, $u_1$	
		Тихоходной ступени, $u_2$	
	Общее передаточное отношение $u = u_1 u_2$		

### II. Определение типоразмеров подшипников

Параметры	Быстроходный вал	Промежуточный вал	Тихоходный вал
Тип подшипника			
№ подшипника			

### III. Определение основных размеров зубчатой пары тихоходной ступени

Изменяемые величины		Расчетные величины	
Диаметр окружности вершин, мм	шестерни, $d_{a1}$	Модуль зацепления окружной, $m_t$ мм	
	колеса, $d_{a2}$	Модуль зацепления нормальный (по ГОСТ 9563-80), $m_n$ мм	
Диаметр окружности впадин, мм	шестерни, $d_{f1}$	Угол наклона зубьев по делительному цилиндру, $\beta$ град	
	колеса, $d_{f2}$		
Угол наклона зубьев по цилиндру головок, $\beta_a$ град		Высота зуба, $h$	
		Высота головки зуба, $h_a$	
Ширина зубчатого обода, мм	шестерни, $b_1$	Высота ножки зуба, $h_a$	
	колеса, $b_2$	Делительный диаметр, мм	
Направление наклона зубьев	шестерни	шестерни, $d_1$	
	колеса	колеса, $d_2$	
		Коэффициент рабочей ширины колеса, $\Psi$	

Работу выполнил \_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_

## Справочные материалы к лабораторной работе №1

Таблица 1 - Модуль зацепления в мм (ГОСТ 9563-80)

1 <sup>й</sup> ряд	1; 1,25; 1,5; 2,0; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 60; 80; 100
2 <sup>й</sup> ряд	1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7,0; 9,0; 11; 14; 18; 22; 28; 36; 45; 55; 70; 90

Примечание: при выборе модуля 1-й ряд следует предпочитать 2-му.

### II. Основные параметры эвольвентного зацепления

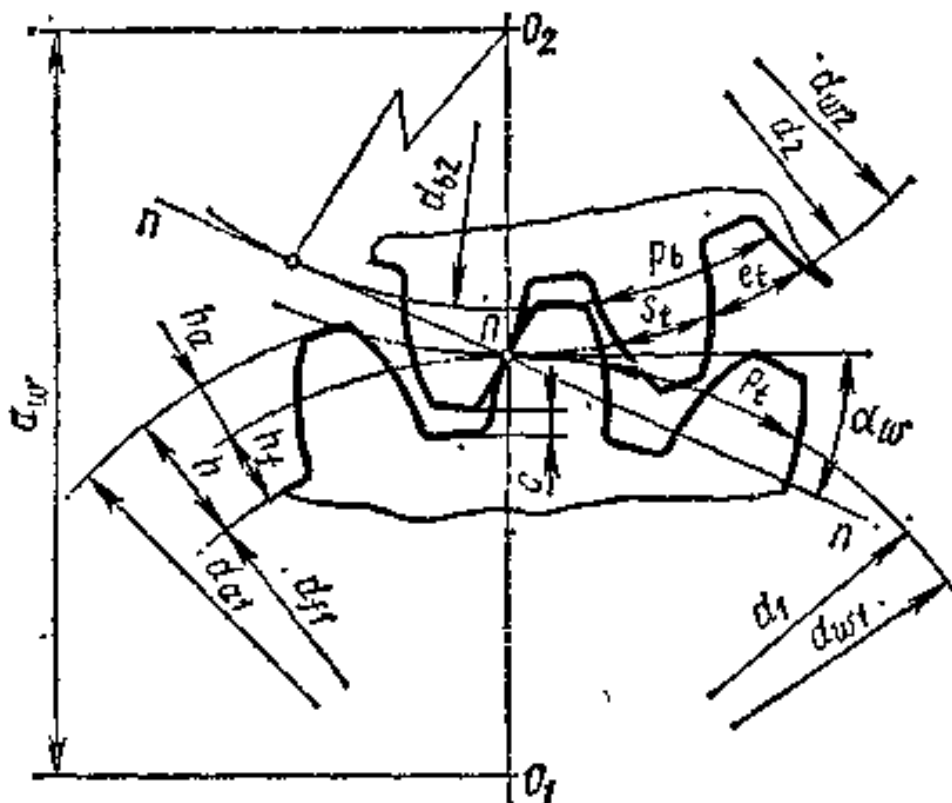


Рисунок 7 – Геометрические параметры зубчатого зацепления

Таблица 2 - Геометрические параметры зубчатого зацепления

		Прямозубое	Косозубое
m	модуль зубьев	$m_t = m_n = m$	$m_n = m_t \cdot \cos \beta$
c	радиальный зазор	$c = 0.25 m$	$c = 0.25 m_n$
h <sub>a</sub>	высота головки зуба	$h_a = m$	$h_a = m_n$
h <sub>f</sub>	высота ножки зуба	$h_f = m + c = 1.25 m$	$h_f = m_n + c = 1.25 m_n$
h	высота зуба	$h = h_a + h_f = 2.25 m$	$h = h_a + h_f = 2.25 m_n$
d	диаметр делительн. окружн.	$d = mz$	$d = m_n \cdot z / \cos \beta$
d <sub>a</sub>	диаметр окружности вершин	$d_a = d + 2h_a = m(z + 2)$	$d_a = d + 2h_a = m_n(z / \cos \beta + 2)$
d <sub>f</sub>	диаметр окружности впадин	$d_f = d + 2h_f = m(z - 2.5)$	$d_f = d + 2h_f = m_n(z / \cos \beta - 2.5)$
a <sub>ω</sub>	межосевое расстояние	$d_w = (d_1 + d_2) / 2 = m(z_1 + z_2) / 2$	$d_w = (d_1 + d_2) / 2 = m_n(z_1 + z_2) / 2 \cos \beta$
α	угол зацепления	$\alpha = 20^\circ$	$\alpha = 20^\circ$
p	шаг	$p_t = \pi m$	$p_n = p_t \cos \beta$

Таблица 3 - Модуль зацепления в мм (ГОСТ 9563-76)

1 <sup>й</sup> ряд	1; 1,25; 1,5; 2,0; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 60; 80; 100
2 <sup>й</sup> ряд	1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7,0; 9,0; 11; 14; 18; 22; 28; 36; 45; 55; 70; 90

Таблица 4 - Передаточные числа зубчатых передач

1 <sup>й</sup> ряд	1	1,25	1,6	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0	6,3	8,0
2 <sup>й</sup> ряд	1,12	1,4	1,8	2,24	2,8	3,55	4,5	5,6	7,1	9,0

Таблица 5 - Межосевое расстояние в мм.

1 <sup>й</sup> ряд	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000
--------------------	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

Таблица 6 - Шарикоподшипники радиальные однорядные (ГОСТ 8338-75)

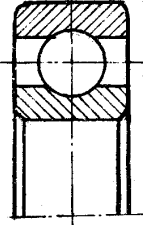
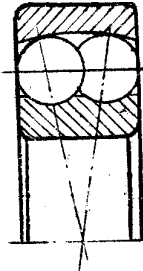
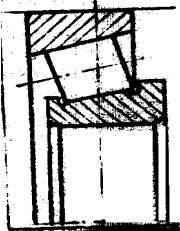
Номер подшипника	Размеры, мм				Грузоподъемность, кН	
	a	D	B	r	динамическая, C	статистическая, C <sub>0</sub>
						
Легкая серия						
207	35	72	17	2,0	20,1	13,9
208	40	80	18	2,0	25,6	18,1
Средняя серия						
307	35	80	21	2,5	26,2	17,9
308	40	90	23	2,5	31,9	22,7
Тяжелая серия						
406	30	90	23	2,5	37,2	27,2
407	35	100	25	2,5	43,6	31,9
408	40	110	27	3,0	50,3	38,0
412	50	150	35	3,5	85,6	71,4

Таблица 7 - Шарикоподшипники радиальные сферические двухрядные (ГОСТ 5720-81)

						
Легкая серия						

1204	20	47	14	1,5	7,7	3,2
1207	35	72	17	2,0	12,3	6,8
1208	40	80	18	2,0	15,1	8,7
Средняя серия						
1307	35	80	21	2,5	20,0	10,0
1308	40	90	23	2,5	23,3	12,4
Средняя широкая серия						
1606	30	72	27	2,0	24,4	10,2

Таблица 8 - Роликоподшипники конические радиально-упорные (ГОСТ 333-71)

номер подшипника	d	D	Tнаиб	B	C	r	r1	C1kH	C01kH
7207	35	72	18,5	17	15	2,0	0,8	35,2	26,3
7208	40	80	20	20	16	2,0	0,8	42,4	32,7
									
Легкая серия									
7210	50	90	22	21	17	2,0	0,8	52,9	40,6
7211	55	100	23	21	18	2,0	0,8	57,9	46,1
Средняя серия									
7304	35	80	23	21	18	2,5	0,8	48,1	35
7307									
7308	40	90	25,5	23	20	2,5	0,8	61,0	46
Легкая широкая серия									
7506	30	62	21,5	20,5	17	1,5	0,5	34,9	27
7509	45	85	25	23,5	20	2,0	0,8	51,6	42
7510	50	90	25	23,5	20	2,0	0,8	59,8	54
Средняя широкая серия									
7606	30	72	29	29	23	2,0	0,8	80,0	67,2
7608	40	90	35,5	33	28,5	2,5	0,8	80,0	67,2

## Контрольные вопросы:

- Критерии работоспособности:
  - открытых зубчатых передач;
  - закрытых зубчатых передач.
- Материалы и термообработка, применяемые при изготовлении закрытых и открытых зубчатых колес?
- Что такое модуль? Какая математическая зависимость между  $m_n$  и  $m_t$ ?
- Как определяется длительный диаметр косозубого зубчатого колеса?
- Как определяется диаметр окружности вершины (выступов) косозубого зубчатого колеса?
- Чему равна высота ножки зуба?
- Как определяется межосевое расстояние?
- Как определяется общее передаточное число редуктора (приводной станции)?
- Как вал устанавливается в редукторе?
- Как на валу крепятся зубчатые колеса?
- Какой участок вала передает крутящий момент? Где вал изгибается?
- Как выполняется условие равнопрочности вала?
- Каково назначение подшипников в редукторе? К какому типу они относятся и по каким параметрам?
- Объясните назначение крышек подшипников, какие они бывают?
- Каково назначение и функции, которые выполняют корпусные детали редуктора?
- Почему корпуса редукторов делают разъемными? Как добиться точного совмещения разъемных частей корпуса редуктора?
- Как корпус редуктора крепится к раме?
- Как в редукторе осуществляется смазка зубчатых колес и подшипников? Куда заливается смазка?
- Как определить уровень смазки в редукторе? Каков должен быть уровень смазки в конкретном редукторе? Как слить отработанную смазку?
- Как определить состояние передач без разборки редуктора?
- Какие размеры важны для сборки редуктора?
- Какие размеры нужно иметь для соединения редуктора с другими узлами (с двигателем, муфтами, рамой)?
- Какие приспособления имеет редуктор для его перемещения при монтажных работах?

## Литература

- ЭБС «Znanium»: Куклин Н. Г. Детали машин: Учебник / Н.Г. Куклин, Г.С. Куклина, В.К. Житков. - 9-е изд., перераб. и доп. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 512 с.: ил.
- Детали машин и основы конструирования : учебник для студентов вузов по агроинж. специальностям / под ред. М. Н. Ерохина ; Ассоц. "Агрообразование". - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : КолосС, 2011. - 512 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов вузов. Гр. МСХ РФ).
- Гулия, Н. В. Детали машин : учебник / Н. В. Гулия, В. Г. Клоков, С. А. Юрков ; Н. В. Гулия, В. Г. Клоков, С. А. Юрков ; под общ. ред. Н. В. Гулия. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2013. - 416 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература. Гр.)
- ЭБС «Znanium»: Олофинская В. П. Детали машин. Основы теории, расчета и конструирования: Учебное пособие / В.П. Олофинская. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 72 с.
- ЭБ «Труды ученых СтГАУ»: Самостоятельная внеаудиторная работа студентов бакалавриата по прикладной механике [электронный полный текст] : электр. учеб. пособие / В. Е. Кулаев [и др.] ; В. Е. Кулаев, В. А. Лиханос, А. В. Орлянский, А. А. Кожухов, А. В. Бобрышов, А. Н. Петенев, Б. П. Фокин, Л. И. Яковлева, В. Ю. Гальков, И. А. Орлянская, Д. С. Калугин ; СтГАУ. - Ставрополь, 2015. - 51,2 МБ

## Лабораторная работа № 2

### РАЗБОРКА, СБОРКА ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО ПАРАМЕТРОВ

**Цель работы:** 1. Изучение конструкции и регулировок червячного редуктора.

1. Овладение методами расшифровки параметров реальной червячной пары.

Лабораторная работа № 2 выполняется по методике аналогичной работе № 1. Используя данные замеров элементов редуктора и справочную

#### I. Характеристика червячного редуктора

Кинематическая схема редуктора	Число заходов червяка, $Z_1$		
	Число зубьев червячного колеса, $Z_2$		
	Межосевое расстояние, $a_w$ мм		
	Передаточное число редуктора, $u$		
Габаритные размеры, мм	длина, $L$		
	ширина, $B$		
	высота, $H$		
Присоединительные размеры, мм	Диаметр вала	Быстроходного $d_B$	
		Тихоходного $d_T$	
	длина вала	Быстроходного $l_B$	
		Тихоходного $l_T$	
высота вала	Быстроходного $h_B$		
	Тихоходного $h_T$		
Описание редуктора	расстояние между осями отверстий под фундаментные		$C_1$
			$C_2$

#### II. Определение типоразмеров подшипников

Параметры	Вал червяка		Вал червячного колеса
	Подшипник №1	Подшипник №2	
Тип подшипника			
№ подшипника			

#### III. Определение параметров зацепления червячной пары

Измеряемые величины			Расчетные величины	
Диаметр окружности вершин, мм	червяка, $d_{a1}$		Модуль зацепления осевой, $m$ мм	
	черв. колеса, $d_{a2}$		Коэффициент диаметра червяка, $q$	
Диаметр окружности впадин, мм	червяка, $d_{f1}$		Делительный диаметр, мм	червяка, $d_1$
	черв. колеса, $d_{f2}$			черв. колеса, $d_2$
Осевой шаг червяка, $P$ мм			Угол подъема витков червяка, $\gamma$	
Длина нарезанной части червяка			Высота головки витков, $h_{a1}$ мм	
Ширина червячного колеса, $b_2$ мм			Высота ножки витков, $h_{f1}$ мм	

Работу выполнил \_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_

## Справочные материалы к лабораторной работе № 2

I. Таблица 1 - Модули и коэффициент диаметра червяка (по ГОСТ 19650-97)

м в мм	1.5		2 и 2.5				3 и 3,5			4				4,5			5						
q	14	16	10	12	14	16	10	12	14	9	10	12	14	16	10	12	16	9	10	12	16		
м в мм	6				7			8				9			10			11			12		
q	9	10	12	14	9	10	12	8	9	10	12	8	10	12	8	10	12	8	10	12	8	10	12

Таблица 2 - Делительные углы подъема линии витка червяка.

Z	Значения $\gamma$ при q						
	16	14	12	10	9	8	7.5
1	3° 34' 35"	4° 05' 09"	4° 45' 49"	5° 42' 38"	6° 42' 25"	7° 07' 30"	7° 35' 41"
2	7° 07' 30"	8° 07' 48"	9° 27' 44"	11° 18' 36"	12° 31' 44"	14° 02' 10"	14° 55' 53"
3	10° 37' 15"	12° 05' 40"	14° 02' 10"	16° 41' 56"	18° 26' 06"	20° 33' 22"	21° 48' 00"
4	14° 02' 10"	15° 56' 43"	18° 25' 06"	21° 48' 05"	23° 57' 45"	26° 33' 54"	28° 04' 21"

### II. Основные параметры червячного зацепления.

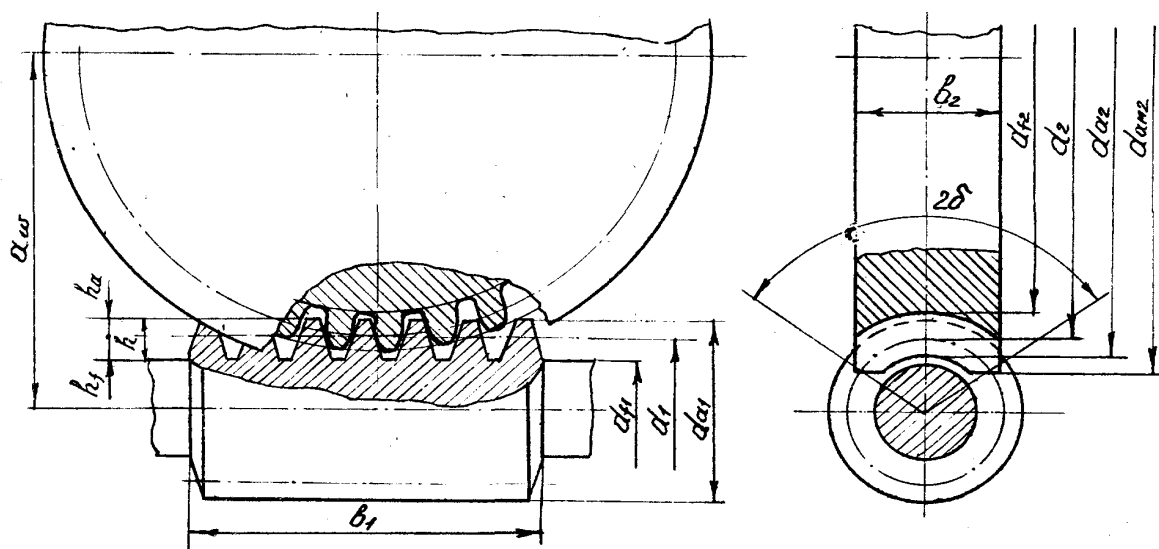


Рисунок 1 – Схема червячного зацепления

Таблица 3 – Соотношение геометрических параметров червячной передачи

m	осевой модуль зацепления по ГОСТ 19650-97		
q	коэффициент диаметра червяка		
$z_1$	число заходов червяка; $z_1 = 1; 2; 4$ ; $z_1 = 3$ - величина нестандартная		
$z_2$	число зубьев червячного колеса; для силовых передач $z_2 = 32 \dots 63$		
$h_a$	высота головки витка $h_a = m$		
$h_f$	высота ножки витка; $h_f = 1.2 m$		
$h$	высота витка; $h = h_a + h_f = 2.2 m$		
		Червяк	Червячное колесо
d	делительный диаметр	$d_1 = m q$	$d_2 = m z_2$
$d_f$	диаметр впадин	$d_{a1} = d_1 - 2h_f = m(q - 2.4)$	$d_{f1} = d_2 - 2h_f = m(Z_2 - 2.4)$
$d_a$	диаметр вершин	$d_{a1} = d_1 + 2h_a = m(q + 2)$	$d_{a2} = d_2 + 2h_a = m(Z_2 + 2)$
$a_w$	межосевое расстояние	$a_w = (d_1 + d_2) / 2 = m(q + Z_2) / 2$	$a_w = (d_1 + d_2) / 2 = m(q + Z_2) / 2$

## Контрольные вопросы:

1. Какие различают виды червяков и червячных передач?
2. Каковы преимущества и недостатки червячной передачи по сравнению с зубчатой и где ее применяют?
3. Как определяется передаточное число и КПД червячной передачи?
4. Чем характеризуется самоторможение червячной передачи?
5. Из каких материалов изготавливают червяки и червячные колеса?
6. Чему равно минимальное число зубьев червячного колеса?
7. Как определяется длительный диаметр червяка? Что такое  $q$ ?
8. Как определяется длительный диаметр червячного колеса?
9. Как определяется диаметр окружности вершины (выступов) червячного колеса?
10. Как определяется диаметр впадин червяка?
11. Как определяют число заходов резьбы червяка и делительный диаметр цилиндра?
12. Как производится расчет зубьев червячных колес на контактную прочность и на изгиб?
13. Как производится тепловой расчет червячных редукторов?
14. Как увеличить теплоотдачу червячного редуктора?
15. Покажите на червяке и червячном колесе основные геометрические параметры, которые Вы определяли.
16. Как на валу крепится червячное колесо?
17. Как вал крепится в редукторе?
18. Какой участок вала передает крутящий момент? Где вал изгибается?
19. Каково назначение подшипников в редукторе? К какому типу они относятся и по каким параметрам?
20. Объясните назначение крышек подшипников, какие они бывают?
21. Каково назначение и функции, которые выполняют корпусные детали редуктора?
22. Как корпус редуктора крепится к раме?
23. Как в редукторе осуществляется смазка червячной передачи и подшипников? Куда заливается смазка?
24. Как определить уровень смазки в редукторе? Каков должен быть уровень смазки в конкретном редукторе? Как слить отработанную смазку?
25. Какие размеры важны для сборки редуктора?
26. Какие размеры нужно иметь для соединения редуктора с другими узлами (с двигателем, муфтами, рамой)?
27. Какие приспособления имеет редуктор для его перемещения при монтажных работах

## Литература

1. ЭБС «Znanium»: Куклин Н. Г. Детали машин: Учебник / Н.Г. Куклин, Г.С. Куклина, В.К. Житков. - 9-е изд., перераб. и доп. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 512 с.: ил..
2. Детали машин и основы конструирования : учебник для студентов вузов по агроинж. специальностям / под ред. М. Н. Ерохина ; Ассоц. "Агрообразование". - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : КолосС, 2011. - 512 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов вузов. Гр. МСХ РФ).
3. Гулиа, Н. В. Детали машин : учебник / Н. В. Гулиа, В. Г. Клоков, С. А. Юрков ; Н. В. Гулиа, В. Г. Клоков, С. А. Юрков ; под общ. ред. Н. В. Гулиа. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2013. - 416 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература. Гр.)
4. ЭБС «Znanium»: Олофинская В. П. Детали машин. Основы теории, расчета и конструирования: Учебное пособие / В.П. Олофинская. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 72 с.
5. ЭБ «Труды ученых СтГАУ»: Самостоятельная внеаудиторная работа студентов бакалавриата по прикладной механике [электронный полный текст] : электр. учеб. пособие / В. Е. Кулаев [и др.] ; В. Е. Кулаев, В. А. Лиханос, А. В. Орлянский, А. А. Кожухов, А. В. Бобрышов, А. Н. Петенев, Б. П. Фокин, Л. И. Яковлева, В. Ю. Гальков, И. А. Орлянская, Д. С. Калугин ; СтГАУ. - Ставрополь, 2015. - 51,2 МБ

## Лабораторная работа № 3

### ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ.

**Цель работы:** Ознакомиться с видами, общим устройством и принципом работы грузоподъемных машин.

#### **Оборудование на рабочем месте.**

Модели грузоподъемных машин:

1. Кран козловый двухконсольный.
2. Кран консольный с поворотной колонной.
3. Кран консольный, поворотный на неподвижной колонне.
4. Кран на подвижной тележке.
5. Таль червячная ручная.
6. Таль электрическая.

#### **Последовательность выполнения:**

1. Ознакомиться с конструкциями грузоподъемных машин
2. Начертить технические рисунки грузоподъемных машин (6 схем) с нанесением позиций основных элементов.

#### **Контрольные вопросы к сдаче лабораторной работы:**

- 1. Возможные направления движения груза в грузоподъемных машинах и грузоподъемных механизмах.
- 2. Технологические преимущества грузоподъемных машин перед грузоподъемными механизмами.
- 3. Какие грузозахватные устройства вы знаете?
- 4. Что применяется в качестве тягового органа?
- 5. Что в конструкции кранов предусмотрено для изменения направления движения тягового органа?
- 6. Назовите и покажите на модели основные узлы крана.
- 7. Основные составные части механизма подъема груза.
- 8. Как выбрать место установки тормоза на механизме подъема груза тали?
- 9. Устройство механизма привода барабана электротали.
- 10. Укажите модели поворотных кранов. Как устроены их опоры?

#### **Литература**

1. Детали машин и основы конструирования : учебник для студентов вузов по агроинж. специальностям / под ред. М. Н. Ерохина ; Ассоц. "Агрообразование". - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : КолосС, 2011. - 512 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов вузов. Гр. МСХ РФ).
2. Гулиа, Н. В. Детали машин : учебник / Н. В. Гулиа, В. Г. Клоков, С. А. Юрков ; Н. В. Гулиа, В. Г. Клоков, С. А. Юрков ; под общ. ред. Н. В. Гулиа. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2013. - 416 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература. Гр.)
3. ЭБ «Труды ученых СтГАУ»: Самостоятельная внеаудиторная работа студентов бакалавриата по прикладной механике [электронный полный текст] : электр. учеб. пособие / В. Е. Кулаев [и др.] ; В. Е. Кулаев, В. А. Лиханос, А. В. Орлянский, А. А. Кожухов, А. В. Бобрышов, А. Н. Петенев, Б. П. Фокин, Л. И. Яковлева, В. Ю. Гальков, И. А. Орлянская, Д. С. Калугин ; СтГАУ. - Ставрополь, 2015. - 51,2 МБ

## Лабораторная работа № 4

### ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ МАШИНЫ

**Цель работы:** Ознакомиться с типами, общим устройством и принципом работы транспортирующих машин

Оборудование на рабочем месте:

Модели транспортирующих машин;

1. Транспортер ленточный.
2. Транспортер скребковый.
3. Элеватор (нория).
4. Транспортер винтовой (шнековый).
5. Транспортер пневматический.
6. V-образный транспортер.

**Последовательность выполнения:**

1. Ознакомиться с конструкциями транспортирующих машин.
2. Начертить технические рисунки транспортирующих машин (6 схем) с нанесением позиций основных элементов.

**Контрольные вопросы:**

1. Конструкции каких транспортеров с тяговым органом вы изучили?
2. Конструкции каких транспортеров без тягового органа вы изучили?
3. Что применяется в качестве тягового органа транспортера?
4. Как выбирается место установки приводной станции транспортера тяговым органом?
5. Какое устройство должны иметь транспортеры с тяговым органом? Выбрать место его установки.
6. Как устанавливаются поддерживающие ролики на рабочей и холостой ветви ленточного конвейера?
7. От чего зависит тип винта шнекового транспортера?
8. Сравнение технологических особенностей винтового и ленточного транспортеров.
9. Сравнение технологических особенностей скребкового и ленточного транспортеров.
10. Назначение и технологические особенности норрии.

**Литература**

1. Детали машин и основы конструирования : учебник для студентов вузов по агроинж. специальностям / под ред. М. Н. Ерохина ; Ассоц. "Агрообразование". - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : КолосС, 2011. - 512 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов вузов. Гр. МСХ РФ).
2. Гулиа, Н. В. Детали машин : учебник / Н. В. Гулиа, В. Г. Клоков, С. А. Юрков ; Н. В. Гулиа, В. Г. Клоков, С. А. Юрков ; под общ. ред. Н. В. Гулиа. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2013. - 416 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература. Гр.)
3. ЭБ «Труды ученых СтГАУ»: Самостоятельная внеаудиторная работа студентов бакалавриата по прикладной механике [электронный полный текст] : электр. учеб. пособие / В. Е. Кулаев [и др.] ; В. Е. Кулаев, В. А. Лиханос, А. В. Орлянский, А. А. Кожухов, А. В. Бобрышов, А. Н. Петенев, Б. П. Фокин, Л. И. Яковлева, В. Ю. Гальков, И. А. Орлянская, Д. С. Калугин ; СтГАУ. - Ставрополь, 2015. - 51,2 МБ

**РУЧНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ТАЛИ И ЭЛЕКТРОТЕЛЬФЕРЫ**

**Цель работы:** Изучить принципиальные схемы и особенности конструкций ручных талей (червячной и зубчатой или шестеренчатой) и электротельферов различной грузоподъемности.

**1. Теоретические предпосылки** (ручная червячная таль).

В ручных подъемных механизмах широко распространены замкнутые грузоупорные тормоза. Конструктивно тормоза могут выполняться коническими или дисковыми. У грузоупорного тормоза с неразмыкаемыми поверхностями трения, в отличие от размыкаемых, трущиеся поверхности постоянно сжаты под действием осевого усилия, вызываемого грузом. Рассмотрим схему работы механизма с грузоупорным коническим тормозом (рис. 1). При подъеме груза червяк 1, червячное колесо 2 и барабан 3 вращаются по направлению стрелок I. Грузовой момент, имея постоянное направление, через червяк прижимает конус 4 тормоза к храповику 5 с внутренней конической поверхностью; при этом происходит стормаживание частей тормоза. Замкнутый тормоз, вращаясь (стрелка I) вместе с валом червяка, не встречает препятствий со стороны собачки 6, так как она скользит по скошенным поверхностям зубьев.

Как только прекращается вращение рукоятки, грузовой момент продолжает удерживать тормоз в замкнутом виде (стрелка II), а червячное колесо стремится повернуть червяк в обратном направлении (стрелка II), но этому препятствует храповое устройство — собачка упирается в зуб, и груз с помощью тормоза стопорится.

Разомкнуть этот тормоз нельзя, поэтому для опускания груза необходимо затрачивать энергию на преодоление запаса тормозного момента.

При спуске груза вал червяка вращается в направлении, обратном подъему (стрелка III), тогда червячное колесо и барабан будут, разматывая трос или цепь, опускать груз. Храповое колесо остается в застопоренном состоянии, а конус с червяком проворачивается усилием рабочего.

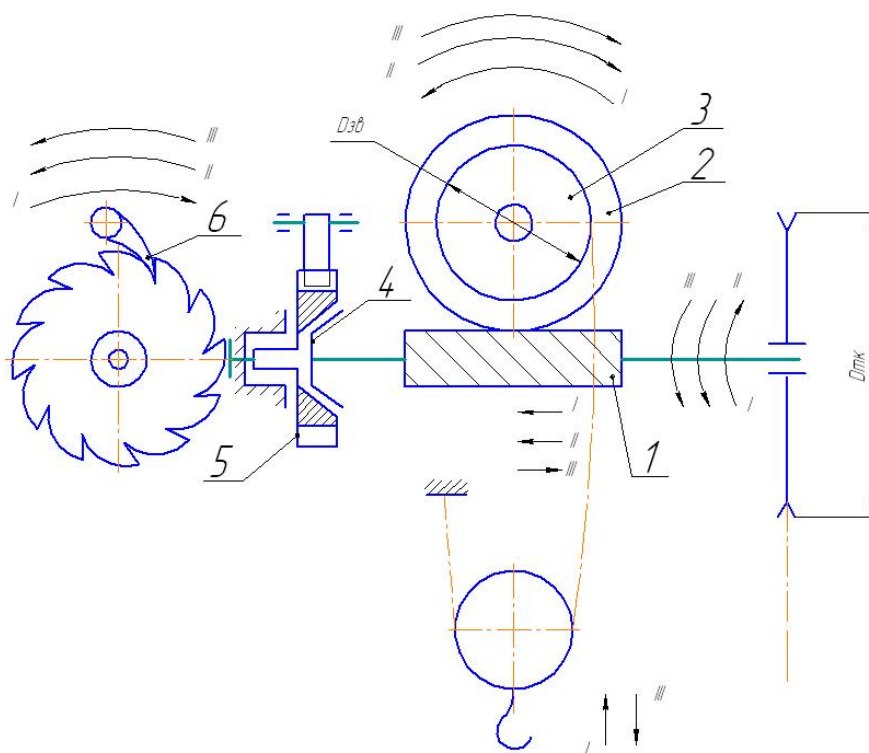


Рисунок 1- Схема ручной червячной тали.

Момент сопротивления на звездочке ( $T_{зв.}$ )

$$T_{зв.} = \frac{G}{i_n} \cdot \frac{D_{зв.}}{2 \cdot \eta_n}, \text{ Нм}$$

$$D_{зв.} = \frac{t}{\sin \frac{180}{Z_{зв}}}, \text{ мм}$$

где  $G$  – вес груза, Н;  
 $D_{зв.}$  – диаметр звездочки,  
 $\eta_n$  – к.п.д. полиспаста;  $\eta_n = 0,94$   
 $i_n$  – кратность полиспаста;  
 $t$  – шаг грузовой цепи, мм;  
 $Z_{зв.}$  – число зубьев звездочки.

Момент сопротивления, приведенный к валу тягового колеса ( $T_{тк}$ )

$$T_{тк} = \frac{T_{зв}}{u_{чп} \cdot \eta_{чер} \cdot \eta_{зв}}, \text{ Нм}$$

$u_{чп}$  – передаточное число червячной пары;

$\eta_{чер}$  – КПД червячной пары;  $\eta_{чер} = 0,8$ ;

$\eta_{зв}$  – КПД грузовой звездочки.  $\eta_{зв} = 0,9$ .

$$u_{чп} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

где  $Z_2$ ;  $Z_1$  – число зубьев колеса и число заходов червяка;

тогда:

$$T_{тк} = \frac{G}{2i_n} \cdot \frac{D_{зв} \cdot Z_1}{Z_2 \cdot \eta_n \cdot \eta_{чер} \cdot \eta_{зв}}, \text{ Нм}$$

Момент рабочего на тяговом колесе

$$T_{тк} = F_{раб} \frac{D_{тк}}{2} \cdot m \cdot \varphi$$

где  $F_{раб}$  – усилие рабочего на цепь тягового колеса, Н;

$D_{тк}$  – диаметр тягового колеса;

$m$  – число рабочих;

$\varphi$  – коэффициент, учитывающий неодновременность приложения усилия при работе нескольких рабочих: для одного рабочего –  $\varphi = 1$ ; для двух рабочих –  $\varphi = 0,8$ ; для трех рабочих –  $\varphi = 0,75$ ; для четырех рабочих –  $\varphi = 0,7$ ;

## 2. Оборудование на рабочем месте.

Для выполнения лабораторной работы оборудован пост, на котором размещаются:

*ручная червячная таль грузоподъемностью 2 т;*

*электротельфер грузоподъемностью 0,5 т, с канатным тяговым органом.*

А также:

*инструкции по эксплуатации талей и электротельферов;*

*памятка по технике безопасности;*

*плакаты по изучаемой теме;*

*научно-техническая литература.*

## 3. Последовательность выполнения лабораторной работы.

а) составить структурные схемы тали и тельфера;

б) составить кинематические схемы тали и тельфера;

в) записать технические характеристики тали и тельфера;

г) опробовать подъемные и передвижные механизмы в действии;

д) определить усилие рабочих на цепь тягового колеса ручной червячной тали, необходимое для подъема груза весом  $G$  (задается преподавателем) и сравнить с допустимым усилием для одного рабочего – 250 Н.

е) составить отчет о лабораторной работе.

**Отчет о лабораторной работе должен содержать:**

1. Структурную и кинематическую схемы каждого изученного устройства.
2. Подробную техническую характеристику механизмов.
3. Правила безопасной эксплуатации изученных подъемных машин.
4. Расчет определения усилия рабочих на цепь тягового колеса при подъеме груза  $G_i$ .

**Вопросы к лабораторной работе:**

1. Работа червячной тали с грузоупорным тормозом.
2. Работа безопасной рукоятки.
3. Как определить момент на валу червячного колеса (на валу барабана)?
4. Как определить приведенный момент на валу тягового колеса?
5. Как определить момент, создаваемый рабочим на валу тягового колеса.
6. Как определить количество рабочих, необходимое для подъема груза заданной массы?
7. Условие работоспособности ручной червячной тали.

**Литература**

1. Детали машин и основы конструирования : учебник для студентов вузов по агроинж. специальностям / под ред. М. Н. Ерохина ; Ассоц. "Агрообразование". - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : КолосС, 2011. - 512 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов вузов. Гр. МСХ РФ).
2. Гулиа, Н. В. Детали машин : учебник / Н. В. Гулиа, В. Г. Клоков, С. А. Юрков ; Н. В. Гулиа, В. Г. Клоков, С. А. Юрков ; под общ. ред. Н. В. Гулиа. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2013. - 416 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература. Гр.)
3. ЭБ «Труды ученых СтГАУ»: Самостоятельная внеаудиторная работа студентов бакалавриата по прикладной механике [электронный полный текст] : электр. учеб. пособие / В. Е. Кулаев [и др.] ; В. Е. Кулаев, В. А. Лиханос, А. В. Орлянский, А. А. Кожухов, А. В. Бобрышов, А. Н. Петенев, Б. П. Фокин, Л. И. Яковлева, В. Ю. Гальков, И. А. Орлянская, Д. С. Калугин ; СтГАУ. - Ставрополь, 2015. - 51,2 МБ

## Лабораторная работа № 7

### СОСТАВЛЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИСПАСТОВ РАЗЛИЧНОЙ КРАТНОСТИ

**Цель работы:** Освоить технику составления полиспастов различной сложности и кратности, выявить влияние кратности полиспаста на усилия в канате и на к.п.д. механизма.

#### 1. Теоретические предпосылки

Система подвижных и неподвижных блоков, соединенных гибкой связью (канат, цепь) называется полиспастом. Полиспасты бывают силовые (для выигрыша в силе) и скоростные для выигрыша в скорости.

Полиспасты, встроенные в грузоподъемные машины, бывают одинарные и сдвоенные, в зависимости от числа канатов наматываемых на барабан.

Подвешивание груза на нескольких ветвях позволяет снизить нагрузку на канат, уменьшить его сечение, размеры блоков и барабанов, массу и размеры механизма в целом.

Основной характеристикой полиспаста является кратность  $K_n$ . Кратность определяется как отношение числа ветвей, на которых висит груз, к числу тяговых ветвей. Схемы одинарных полиспастов кратностью 2, 3 показаны на (рис. 1) Схема одинарного шестикратного полиспаста показана на (рис. 2). Схема сдвоенного двухкратного полиспаста показана на (рис. 3).

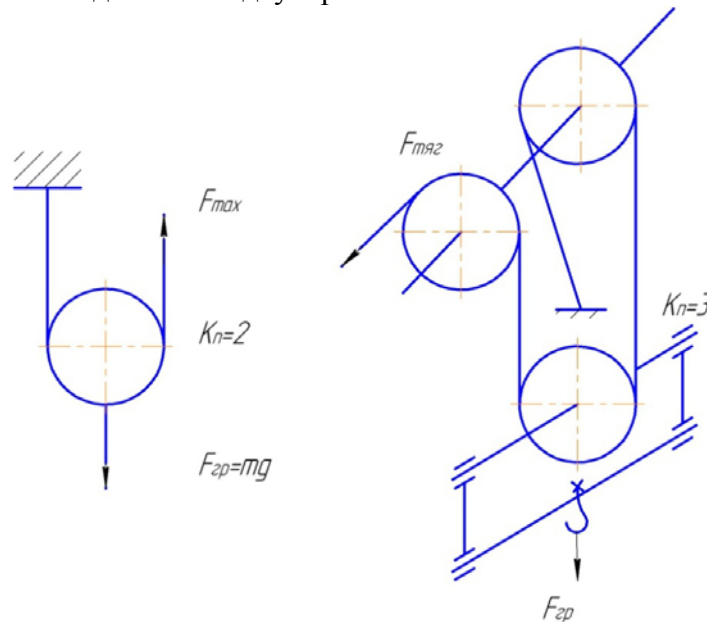


Рисунок 1-Схемы двукратного и трехкратного полиспастов

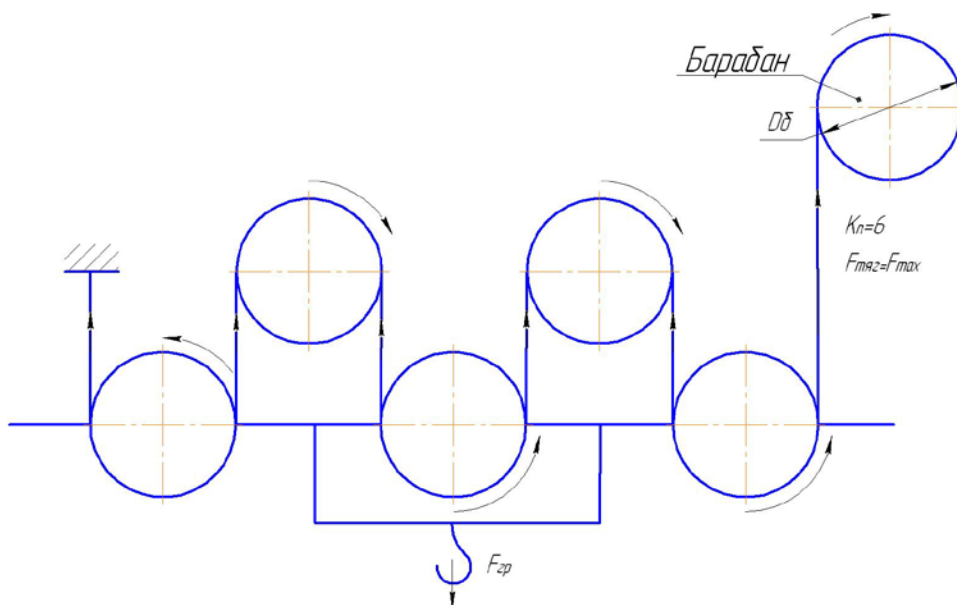


Рисунок 2- Схема одинарного шестикратного полиспаста.

$$F_{\text{мяз}} = \frac{F_{\text{зр}}}{K_n \cdot \eta}$$

$$F_{\text{max}} = \frac{F_{\text{зр}}}{K_n \cdot \eta \cdot 2}$$

где  $F_{\text{зр}} = mg$  - вес груза,  
 $K_n$  - кратность полиспаста

$$K_n = \frac{4}{2} = 2$$

2 в знаменателе -показывает  
 , что полиспаст сдвоенный.

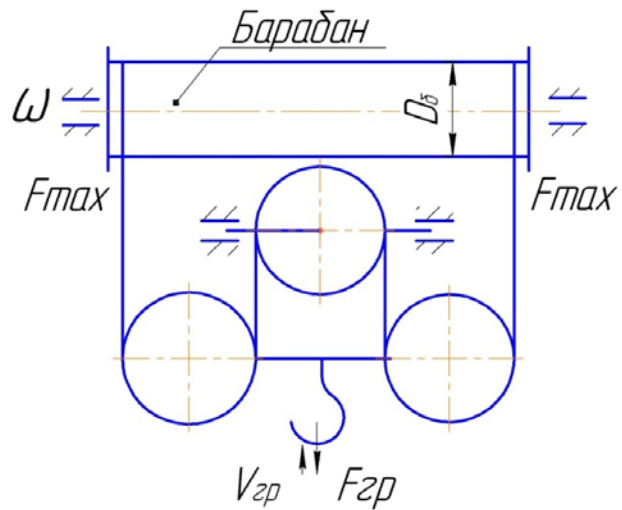


Рисунок 3- Схема сдвоенного двукратного полиспаста.

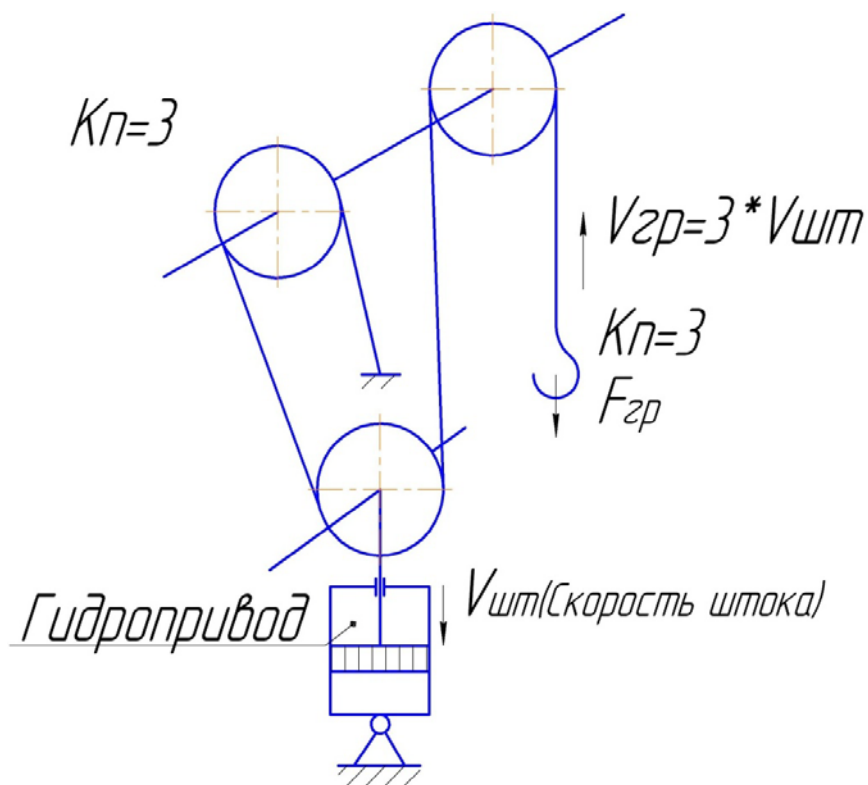


Рисунок 4 - Схема скоростного полиспаста.

Максимальное натяжение в системе полиспаста при подъеме груза.

$$F_{\text{max}} = \frac{F_{\text{зр}}}{K_n \cdot \eta_n}$$

где  $F_{\text{зр}}$  - вес груза;  $H$ ;

$K_n$  - кратность полиспаста;

тогда коэффициент полезного действия определяется:

$$\eta_n = \frac{F_{\text{зр}}}{K_n \cdot F_{\text{max}}}$$

где  $F_{\text{max}} = F_{\text{ст}} + \Delta S$ ;

$F_{\text{н0}}$  - нагрузка в покое

$\Delta S$  - дополнительная нагрузка на канате при подъеме груза.

## 2. Оборудование на рабочем месте

Для выполнения лабораторной работы на рабочем месте имеются:

- установка для составления полиспаств различной кратности (рис. 5);
- модель сдвоенного двукратного полиспаства;
- набор крюковых обойм;
- набор подвесных грузов весом 0,5; 1; 2; 3; 4 и 5 Н;
- индикатор часового типа;
- набор инструментов;
- плакаты по изучаемой теме.

## 3. Последовательность выполнения лабораторной работы

- изучить устройство установки для составления полиспаств;
- освоить технику составления одинарных, двух – трех – четырех – пяти – шести и семикратных полиспаств;
- измерить максимальное усилие в канате в системе с полиспастами различной кратности в покое и в движении, имея ввиду, что жесткость пружин измерительного узла  $C = 0,013 \text{ Н/дел.}$ ;
- вычислить к.п.д. полиспаства  $i$  – ой кратности, нагруженного различным весом поднимаемого груза и выявить зависимость к.п.д. от кратности и веса груза;
- составить отчет о лабораторной работе.

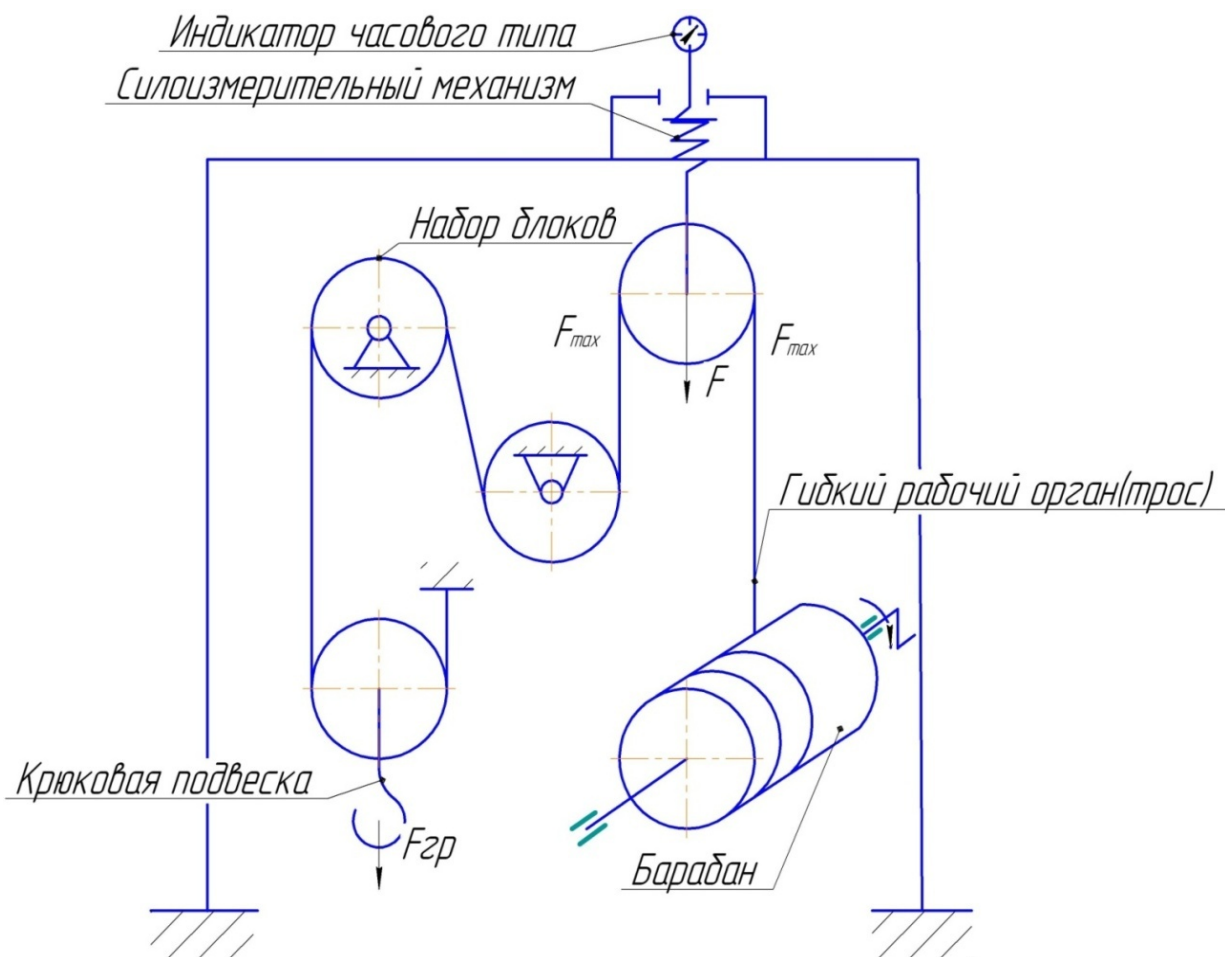


Рисунок 5-Схема лабораторной установки.

Таблица 1- Форма журнала наблюдений

Кратность полиспаста		$K_n=2$				$K_n=3$			
Вес поднимаемого груза, $F_{гр.}(Н)$		1	2	3	4	1	2	3	4
Показания индикатора «п»(делений), если груз	в покое								
	в движении								
Сила действующая на блок измерения при подъеме груза $F=2F_{max}=0,013 n (Н)$									
Усилие в одной ветви каната $F_{max}=0,5F (Н)$									
КПД полиспаста									

Для каждой кратности полиспаста строят графическую зависимость, имеющую вид:

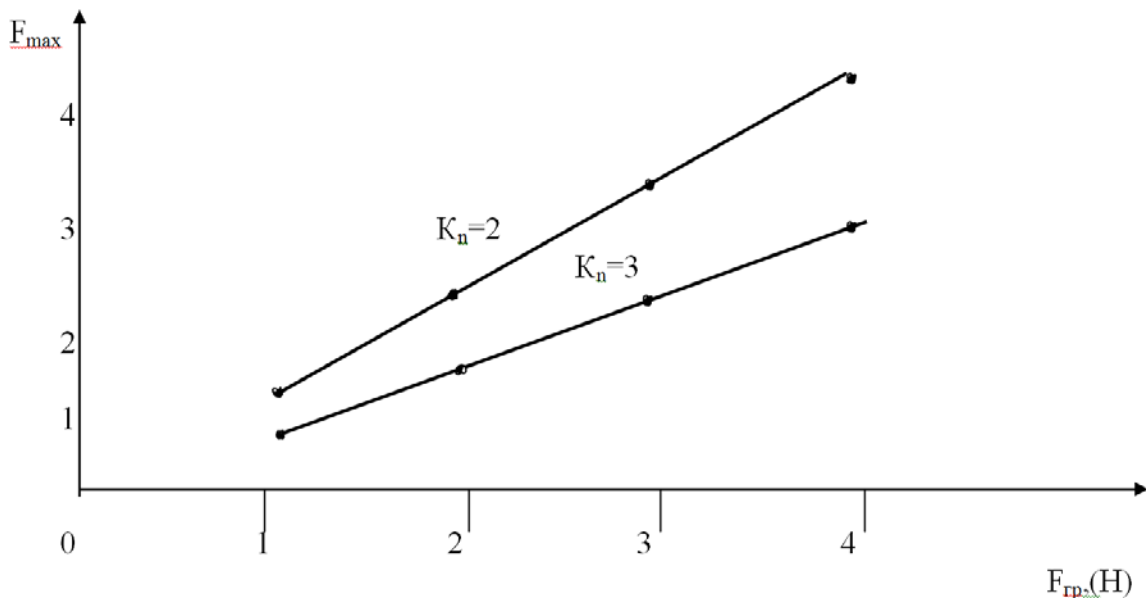


Рисунок 6-Сила натяжения каната в зависимости от веса и кратности полиспаста

КПД полиспаста вычисляют, выполнив измерения, по формуле:

$$\eta_n = \frac{F_{gp}}{K_n \cdot F_{max}}$$

Сравнивая полученные расчетно-экспериментальным путем значения  $\eta_1, \eta_2, \eta_3$  делают вывод о характере зависимости КПД полиспаста от его кратности и веса поднимаемого груза.

#### 4. Отчет лабораторной работы должен содержать:

1. Схему лабораторной установки.
2. Схемы одинарного полиспаста с кратностью  $K_n=2; K_n=3; K_n=6; K_n=7$ .
3. Схему двукратного сдвоенного полиспаста.
4. Схему скоростного полиспаста (кратность по указанию преподавателя).
5. Журнал наблюдений, графические зависимости и схемы.
6. Необходимые расчеты и выводы.

## Вопросы к защите лабораторной работы № 5

1. Что такое полиспаст?
2. Как определяется кратность полиспаста?
3. Типы полиспастов.
4. Назначение грузового и скоростного полиспаста.
5. Вычертить схему скоростного полиспаста по заданию преподавателя.
6. Вычертить схему грузового полиспаста по указанию преподавателя.
7. Определить усилие в канате, зная вес груза и наоборот.
8. Пояснить зависимость КПД полиспаста от его кратности

## Литература

1. Детали машин и основы конструирования : учебник для студентов вузов по агроинж. специальностям / под ред. М. Н. Ерохина ; Ассоц. "Агрообразование". - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : КолосС, 2011. - 512 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов вузов. Гр. МСХ РФ).
2. Гулиа, Н. В. Детали машин : учебник / Н. В. Гулиа, В. Г. Клоков, С. А. Юрков ; Н. В. Гулиа, В. Г. Клоков, С. А. Юрков ; под общ. ред. Н. В. Гулиа. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2013. - 416 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература. Гр.)
3. ЭБ «Труды ученых СтГАУ»: Самостоятельная внеаудиторная работа студентов бакалавриата по прикладной механике [электронный полный текст] : электр. учеб. пособие / В. Е. Кулаев [и др.] ; В. Е. Кулаев, В. А. Лиханос, А. В. Орлянский, А. А. Кожухов, А. В. Бобрышов, А. Н. Петенев, Б. П. Фокин, Л. И. Яковлева, В. Ю. Гальков, И. А. Орлянская, Д. С. Калугин ; СтГАУ. - Ставрополь, 2015. - 51,2 МБ