

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

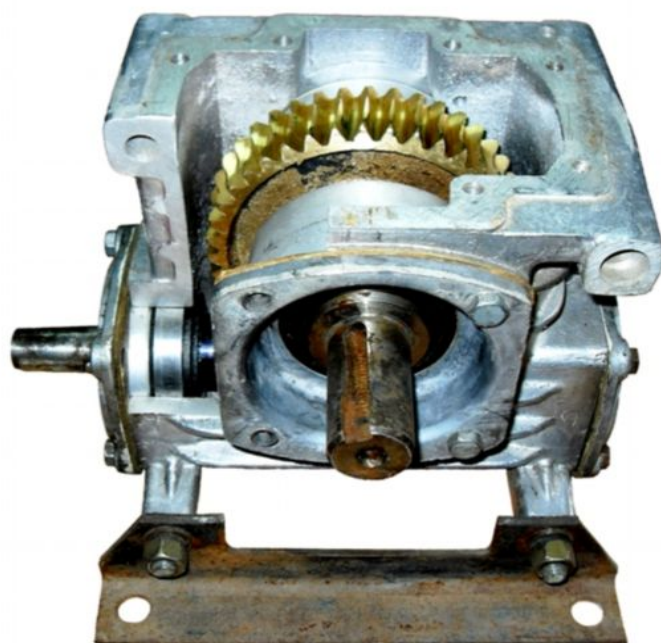
**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. И. Раззакова**

**Кафедра «Основы конструирования машин»**

**ИЗУЧЕНИЕ ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА**

**ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ И ДЕТАЛИ МАШИН,  
ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА**

Методические указания к выполнению лабораторной работы  
для студентов всех инженерных специальностей



**Бишкек – 2011**

«Рассмотрено»  
на заседании кафедры  
«ОКМ»  
Протокол № 6 от 02.02.2011 г.

«Одобрено»  
учебно-методической комиссией  
ФТиМ.  
Протокол № 9 от 15.05.2011 г.

УДК 621.8 (076.5)

Составители: к.т.н., доц. ТУРОВ В.А., ЦОЙ У.А.

Изучение червячного редуктора. Основы конструирования и детали машин, прикладная механика. Методические указания для выполнения лабораторной работы для студентов всех инженерных специальностей / КГТУ им. И.Раззакова; сост.: В.А.Туров, Е.П.Зыкова. – Б.: ИЦ «Текник», 2011. – 12 с.

Предназначено для выполнения лабораторной работы по курсу «Детали машин» студентами механических, энергетических и технологических направлений очной и дистантной форм обучения.

Табл.: 3. Ил.: 7. Библиогр.: 5 наим.

Рецензент к.т.н., доцент Садиева А.Э.

---

Изучение червячного редуктора  
Основы конструирования и детали машин, прикладная механика  
Методические указания для выполнения лабораторной работы  
для студентов всех инженерных специальностей  
Составители: **Туров В.А., Зыкова Е.П.**

Тех. редактор **Субанбердиева Н.Е.**

---

Подписано к печати 07.06.2011 г. Формат бумаги 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офс. Печать офс.  
Объем 0,75 п.л. Тираж 75 экз. Заказ 236. Цена 12 с.  
Бишкек, ул. Сухомлинова, 20. ИЦ «Текник» КГТУ им. И.Раззакова, т.: 54-29-43  
e-mail: beknur@mail.ru

## Изучение червячного редуктора

### Цель работы

В результате выполнения данной работы студент должен:

- знать устройство и назначение червячного редуктора;
- знать основные характеристики червячного редуктора;
- уметь определять основные геометрические и кинематические параметры червячного зацепления;
- знать систему смазки и охлаждения редуктора.

Для выполнения этой работы требуется червячный редуктор, штангенциркуль, линейка, угольник и набор слесарных ключей.

### Общие сведения

Согласование режима работы двигателя с режимом работы исполнительных органов машины осуществляется с помощью механической передачи. В ее состав может входить редуктор.

Редуктором называют механизм, состоящий из зубчатых или червячных передач (или тех и других вместе), выполненный в виде отдельного агрегата и служащий для передачи мощности от двигателя к рабочей машине с понижением угловой скорости и повышением вращающего момента.

Червячные редукторы применяют для передачи мощности между валами, оси которых перекрещиваются. Угол перекрещивания обычно равен  $90^0$ .

По относительному положению червяка 1 и червячного колеса 2 (рис.1,2,3) различают три основные схемы червячных редукторов: с нижним, с верхним и с боковым расположением червяка.

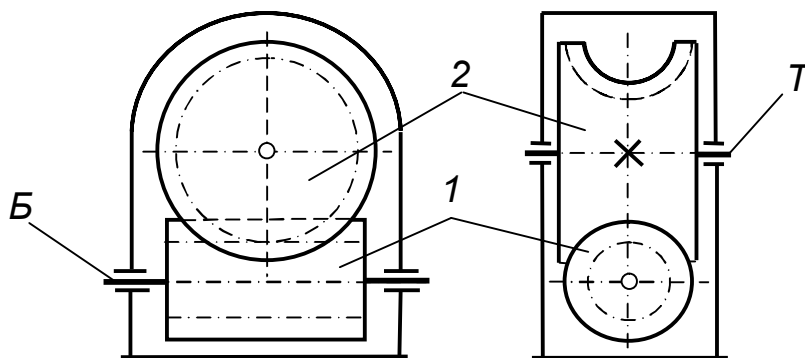


Рис. 1. С нижним расположением червяка

Выбор схемы редуктора диктуется удобством компоновки привода в целом. При нижнем расположении червяка улучшаются условия смазки зацепления, при верхнем – уменьшается вероятность попадания металлических частиц (продуктов износа) в зацепление. Поэтому при окружных скоростях вращения до  $V = 4...6$  м/с предпочтение отдают схеме с нижним расположением червяка.

При больших скоростях рекомендуют [1] располагать червяк над колесом, так как при этом уменьшаются потери мощности на размешивание масла.

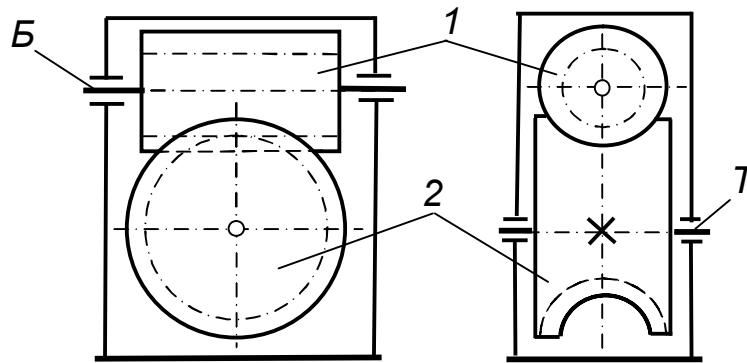


Рис. 2. С верхним расположением червяка

При верхнем расположении червяка движение начинается при недостаточной смазке, т.к. за время остановки масло успевает стечь с зубьев колеса.

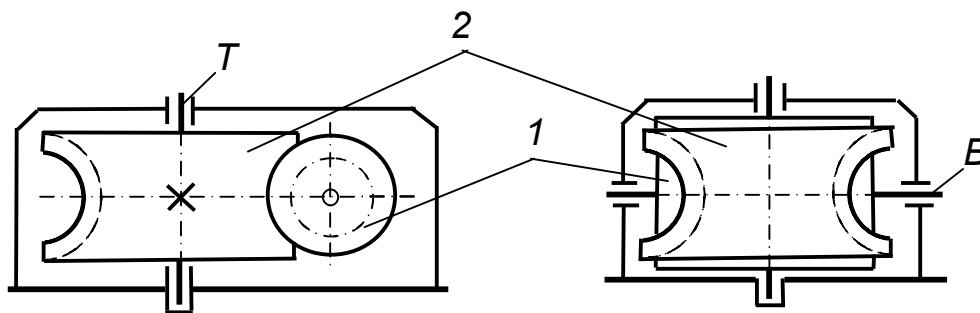


Рис. 3. С боковым расположением червяка

Передаточные числа одноступенчатых червячных редукторов обычно составляют 8...80. Существенным недостатком червячных передач является относительно невысокий КПД ( $\eta = 0,75...0,95$ ). Поэтому их применение для передачи больших мощностей нецелесообразно. Практически червячные передачи применяют для передачи мощностей, не превышающих 50...60 кВт.

### Основные геометрические параметры червячной передачи

В червячной передаче, так же, как и в зубчатой, различают (рис. 4,5) диаметры начальных и делительных цилиндров:

$d_{\omega 1}$  и  $d_{\omega 2}$  – начальные диаметры;  $d_1$  и  $d_2$  – делительные диаметры.

В передачах без смещения зубонарезного инструмента также  $d_{\omega 1} = d_1$  и  $d_{\omega 2} = d_2$ . Точка касания начальных цилиндров является полюсом зацепления.

### Геометрические параметры червяка

Обозначение основных размеров архимедового червяка, имеющего угол профиля  $\alpha = 20^\circ$  приведены на рис.4.

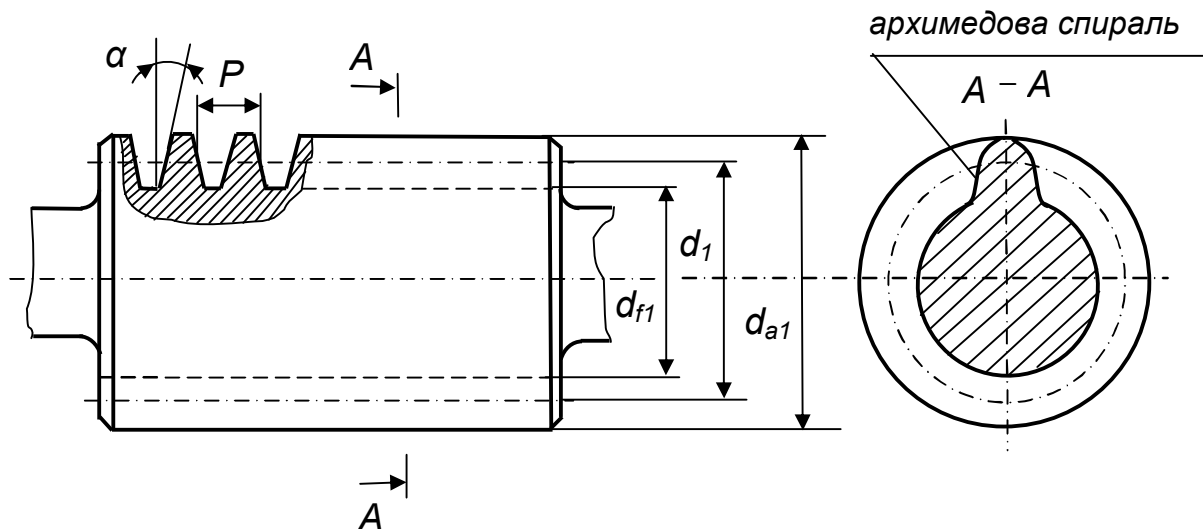


Рис. 4. Основные параметры архимедова червяка

Осевой модуль червяка

$$m = \frac{P}{\pi}, \quad (1)$$

где  $P$  – шаг червяка (расстояние между одноименными точками двух соседних профилей витка).

Резьба червяка может быть однозаходной или многозаходной. Число заходов обозначают  $Z_1$ . Стандартом 19650 – 74 предусмотрены червячные передачи с  $Z_1 = 1; 2$  или 4.

Делительный диаметр червяка

$$d_1 = q m, \quad (2)$$

здесь  $q$  – коэффициент диаметра червяка.

Чтобы сократить число размеров фрез для нарезания червячных колес и исключить изготовление слишком тонких червяков, значения  $q$  ограничены стандартом. Оптимальные сочетания осевого модуля  $m$  и коэффициента  $q$  предусмотрены ГОСТом 2144 – 76.

Диаметры вершин и впадин витков, соответственно, равны:

$$\begin{aligned} d_{a1} &= d_1 + 2m; \quad d_{f1} = d_1 - 2,4m \text{ или} \\ d_{a2} &= m(q + 2); \quad d_{f1} = m(q - 2,4). \end{aligned} \quad (3)$$

Длину нарезанной части червяка  $b_1$  принимают в зависимости от числа заходов  $Z_1$  при

$$\left. \begin{array}{l} Z_1 = 1, \\ Z_1 = 2 \end{array} \right\} b_1 \geq (11 + 0,06Z_2) m; \text{ при } Z_1 = 4 \quad b_1 \geq (12,5 + 0,09Z_2) m, \quad (4)$$

здесь  $Z_2$  – число зубьев червячного колеса.

Угол подъема винтовой линии

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{Z_1}{q}. \quad (5)$$

## Параметры червячного колеса

Сечение червяка и червячного колеса плоскостью, перпендикулярной оси червяка, представлено на рис.5.

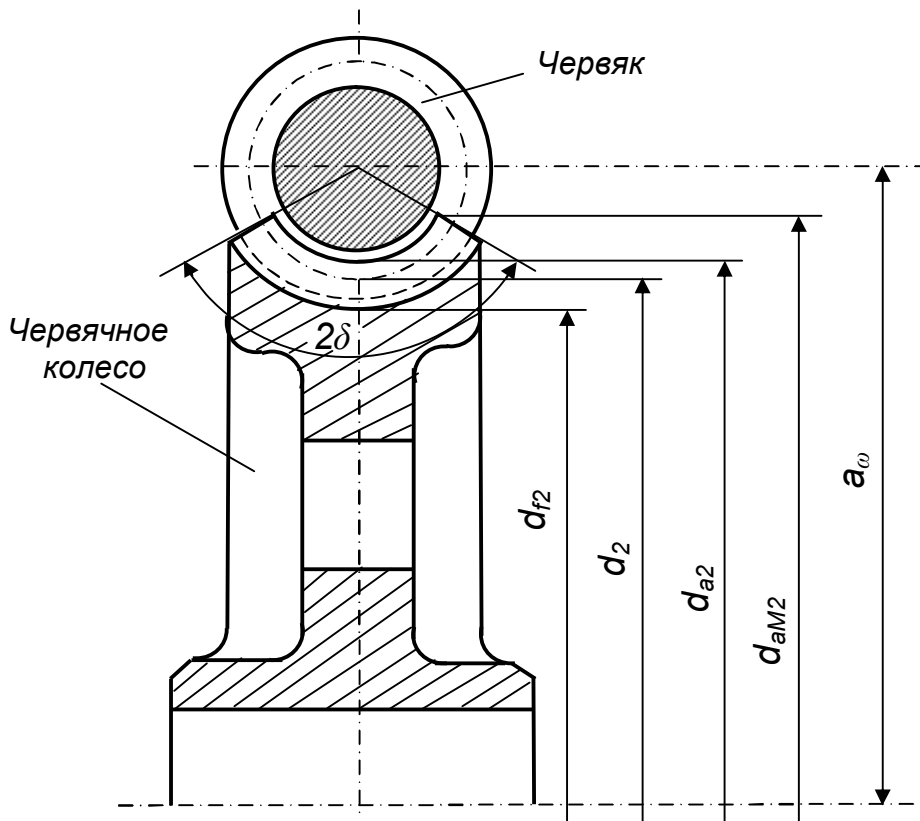


Рис. 5.

Делительный диаметр червячного колеса  $d_2 = mZ_2$ . (6)

Диаметры вершин и впадин червячного колеса, соответственно, равны:  
 $d_{a2} = d_2 + 2m$  ;  $d_{f2} = d_2 - 2,4m$ . (7)

Межосевое расстояние  $a_{\omega} = 0,5(d_1 + d_2) = 0,5m(q + Z_2)$ . (8)

Передаточное отношение (передаточное число) червячного зацепления

$$U = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}, \quad (9)$$

здесь  $n_1$ ,  $\omega_1$  и  $n_2$ ,  $\omega_2$  - частоты вращения и угловые скорости, соответственно, червяка и червячного колеса;  $Z_1$  – число заходов червяка.

Из-за того, что число заходов не может быть большим, в одной ступени червячного зацепления получают большие передаточные числа.

## Конструкция редуктора

В данной лабораторной работе студенты изучают одноступенчатый универсальный червячный редуктор (рис.6). Типоразмерный ряд таких редукторов обеспечивает крутящие моменты на тихоходном валу 85...2000 Нм в диапазоне передаточных чисел 8...80.

Червячная передача состоит из червяка 1 и червячного колеса 2 (рис.6).

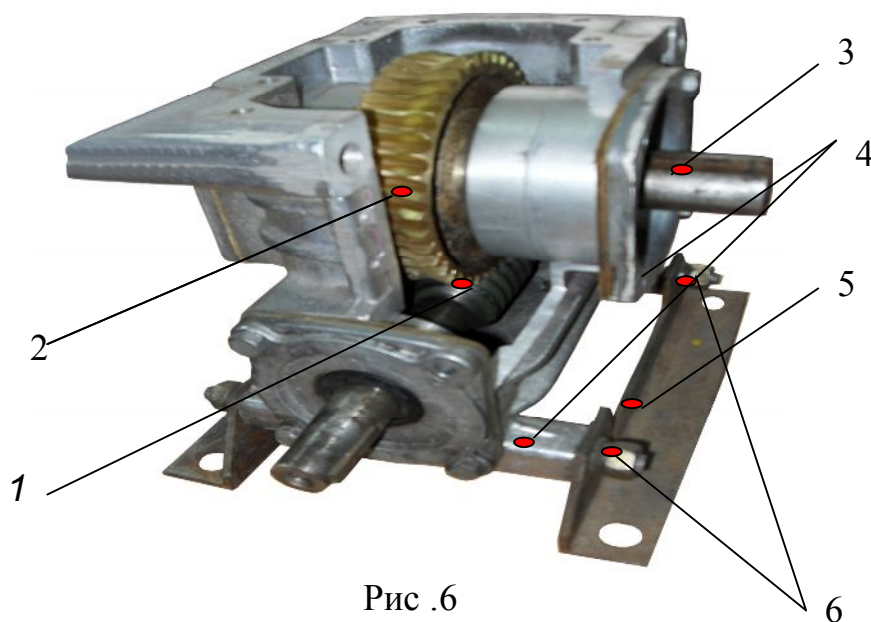


Рис .6

Червячное колесо закреплено при помощи шпонки на ведомом валу 3. Червяк 1 расположен под червячным колесом (нижнее расположение червяка). Червяк выполнен как одно целое с ведущим валом. В некоторых случаях он может быть насадным, т.е. обработан отдельно от вала и затем закреплен на нем.

Червяки изготавливают из углеродистых или легированных сталей. Наибольшей нагрузочной способностью обладают пары, у которых витки червяка подвергают термообработке до твердости HRC45...55 (закалка, цементация и др.) с последующей шлифовкой и полировкой. Такая обработка значительно уменьшает шероховатость и, следовательно, снижает скольжение в зацеплении. В результате скольжения может появиться «заедание», т.е. «намазывание» мягкого материала червячного колеса на более твердый червяк.

Червячные колеса изготавливают преимущественно из бронзы, реже – из латуни или чугуна. Оловянистые бронзы типа ОФ10-1,ОНФ и другие считаются лучшими материалами для червячных колес, однако они дороги и дефицитны. Их применяют при сравнительных больших скоростях скольжения ( $v_s = 5 \dots 25$  м/с). При меньших скоростях применяют безоловянистые бронзы, например алюминиево-железистые типа АЖ9-4 и другие. Чугун серый или модифицированный применяют при скоростях  $v_s \leq 2$  м/с, преимущественно в ручных приводах.

Ведущий 1 и ведомый 2 валы (см. рис. 7) опираются на радиально-упорные конические подшипники качения 3,4, предназначенные для восприятия радиальной и осевой нагрузок, возникающих в червячном зацеплении.

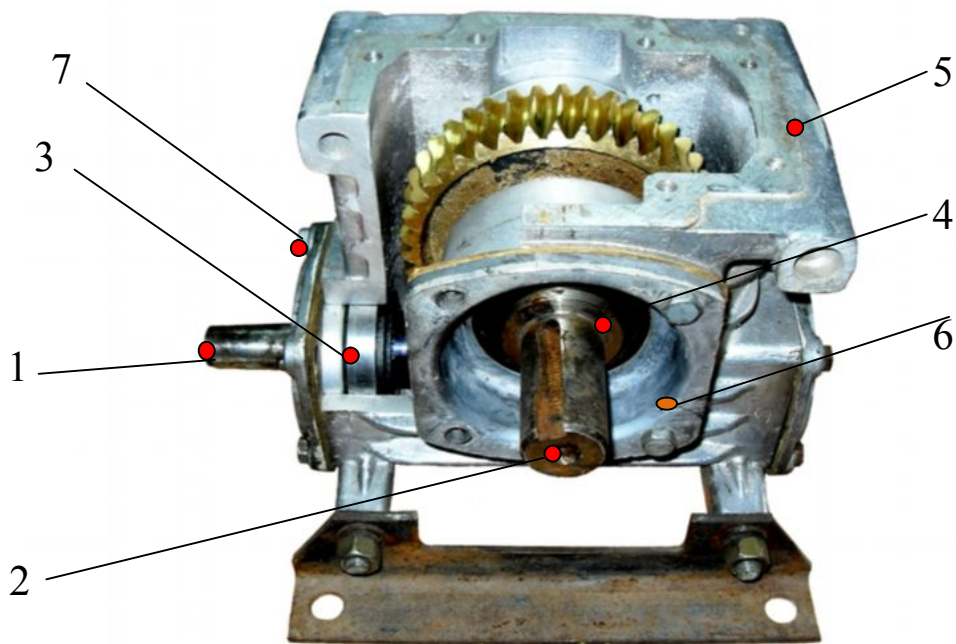


Рис. 7

Подшипники качения установлены в литом оребренном корпусе 5 (рис.7). К корпусу винтами прикреплены крышки подшипников ведущего вала 7, и крышки подшипников ведомого вала 6. Корпус закрыт оребренной крышкой (на рис. 6,7 крышка отсутствует).

Параллельно оси червячного колеса в корпусе имеются четыре прилива 4 со сквозными отверстиями (рис.6.) для крепления лап 5 шпильками 6. Одинаковое расстояние между осями сквозных отверстий в приливах позволяет, путем перестановки лап, менять пространственное положение редуктора.

Смазка в редукторе предназначена для: уменьшения потерь на трение в зацеплении; предохранения от коррозии; охлаждения поверхностей в процессе трения; уменьшения шума и износа.

### Порядок выполнения работы

1. Во внеурочное время изучить данное методическое руководство и составить предварительный отчет с указанием цели, основных положений, сведений и эскизов.

2. Внимательно изучить червячный редуктор и разобрать его.

3. Вычертить кинематическую схему редуктора по рис. 1.

4. Определить число заходов червяка  $Z_1$  и подсчитать число зубьев червячного колеса  $Z_2$ . Результаты занести в табл. 1.

5. Штангенциркулем измерить шаг  $P$  червяка, диаметр вершин витков  $d_{a1}$  червяка и диаметр вершин зубьев колеса  $d_{a2}$ , длину нарезанной части червяка  $b_1$  и ширину  $b_2$  червячного колеса, а также межосевое расстояние  $a_w$ . Результаты занести в табл. 1.

6. По формулам (1)...(9) рассчитать числовые значения осевого модуля  $m$ ,



коэффициента диаметра червяка  $q$ , делительных диаметров  $d_1$  и  $d_2$  диаметров вершин  $d_{a1}$  и  $d_{a2}$ , диаметров впадин  $d_{f1}$   $d_{f2}$ , длину нарезанной части червяка  $b_1$  и ширину зубчатого венца колеса  $b_2$ , передаточного числа  $U$ , угла подъема винтовой линии  $\gamma$  и значение межосевого расстояния  $a_\omega$ . Результаты занести в табл. 1.

Величины  $m$ ,  $q$  и  $a_\omega$  следует согласовать со стандартными значениями (см. Приложение).

7. Собрать редуктор, измерить габаритные и присоединительные размеры. Результаты занести в табл. 1.

8. Оформить отчет о работе.

Таблица 1.

**Результаты замеров и вычислений основных параметров червячного редуктора**

Наименование параметров	Обозначение	Ед. измер.	Результаты замеров	Результаты вычислений
<b>Габаритные размеры</b>				
длина	$L$	мм		
ширина	$B$	мм		
высота	$H$	мм		
<b>Присоединительные размеры</b>				
ведущий вал:				
диаметр	$d_{ВХ}$	мм		
длина	$l_1$	мм		
ведомый вал:				
диаметр	$d_{ВЫХ}$	мм		
длина	$l_2$	мм		
<b>Параметры червяка</b>				
число заходов	$Z_1$	-		
делительный диаметр	$d_1$	мм		
диаметр вершин	$d_{a1}$	мм		
диаметр впадин	$d_{f1}$	мм		
шаг витков	$P$	мм		
длина нарезанной части	$b_1$	мм		
<b>Параметры червячного колеса</b>				
число зубьев	$Z_2$	-		
делительный диаметр	$d_2$	мм		
диаметр вершин	$d_{a2}$	мм		
диаметр впадин	$d_{f2}$	мм		
наибольший диаметр	$d_{aM2}$	мм		
ширина	$b_2$	мм		
<b>Параметры червячной передачи</b>				
передаточное число	$U$	-		
межосевое расстояние	$a_\omega$	мм		

## Содержание отчета

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Кинематическая схема червячного редуктора.
3. Результаты замеров и вычислений, сведенные в таблицу 1.

### Контрольные вопросы

1. В чем заключается цель данной работы?
2. Что называют червячным редуктором?
3. Для чего предназначено оребрение корпуса редуктора?
4. Как различают редукторы по расположению червяка?
5. Какие параметры червячной передачи следует согласовывать со стандартом?
6. Что называют передаточным числом (передаточным отношением) червячного редуктора?
7. За счет чего в червячной передаче могут быть получены большие передаточные числа?
8. Как определить делительный диаметр червяка?
9. Назовите основные геометрические параметры червяка.
10. Назовите основные геометрические параметры червячного колеса.
11. Как определить осевой модуль червячного зацепления?
12. Для чего необходим коэффициент диаметра червяка?
13. Для чего предназначена смазка редуктора?

## Приложение

Основные параметры цилиндрических червячных передач,  
выполненных без смещения (по ГОСТ 2144 – 76)

$a_w$		$m$ , мм	$q$	$Z_2:Z_1$
1-й ряд	2-й ряд			
50		2,5	8	32:4; 32:2; 32:1
		2	10	40:4; 40:2; 40:1
63		3,15	8	32:4; 32:2; 32:1
80		4	8	32:4; 32:2; 32:1
100		5	8	32:4; 32:2; 32:1
		4	10	40:4; 40:2; 40:1
125		5	10	40:4; 40:2; 40:1
		4	12,5	50:4; 50:2; 50:1
	140	5	16	40:4; 40:2; 40:1
		5	10	46:4; 46:2; 46:1
160		8	8	32:4;32:2;32:1
200		10	8	32:4;32:2;32:1
		8	10	40:4; 40:2; 40:1
250		12,5	8	32:4;32:2;32:1
		10	10	40:4; 40:2; 40:1
		8	12,5	50:4; 50:2; 50:1
	280	10	16	40:4; 40:2; 40:1
		10	10	46:4; 46:2; 46:1
400		20	8	32:4;32:2;32:1
		16	10	40:4; 40:2; 40:1
500		20	10	40:4; 40:2; 40:1
		16	12,5	50:4; 50:2; 50:1

Сочетания модулей  $m$  и коэффициентов диаметра червяка  $q$   
(по ГОСТ 2144 – 76)

$m$	2,0					2,5					3,15				
$q$	8	10	12,5	16	20	8	10	12,5	16	20	8	10	12,5	16	20
$m$	4,0					5,0					6,3				
$q$	8	10	12,5	16	20	8	10	12,5	16	20	8	10	12,5	16	20
$m$	8,0					10,0					12,5				
$q$	8	10	12,5	16	20	8	10	12,5	16	20	8	10	12,5	16	20
$m$	16,0				20,0										
$q$	8	10	12,5	16	8	10									

## Литература

1. Курсовое проектирование деталей машин. С.А.Чернавский, Г.М. Ицкович и др. – М.: Машиностроение, 1979.
2. Иванов М.Н. Детали машин. – М.: Высшая школа, 1984.
3. Решетов Д.Н. Детали машин. – М.: Машиностроение, 1978.
4. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин. – М.: Высшая школа, 1985.
5. Прикладная механика. Проектирование привода исполнительного механизма. / КГТУ им. И.Раззакова; сост.: В.А.Туров, Е.П.Зыкова. – Б.: ИЦ «Текник», 2009.