

Учебное издание

**ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, РАБОТЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ
НАГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ ЧЕРВЯЧНЫХ
РЕДУКТОРОВ**

*Методические указания
к лабораторной работе*

Автор-составитель:
Кузнецов Николай Петрович

Редактор *В. Г. Павлов*
Компьютерная верстка *О. Г. Климантова*

Изд. лиц. ЛР № 020815 от 21.09.98.

Подписано в печать..... Бумага офсетная. Формат 60×84
1/16.

Гарнитура Times New Roman. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 1,5. Уч.-изд. л. 1,3. Тираж экз. Заказ №
Издательско-полиграфический центр Новгородского
государственного университета им. Ярослава Мудрого.
173003, Великий Новгород, ул. Б. Санкт-Петербургская, 41.
Отпечатано в ИПЦ НовГУ. 173003, Великий Новгород,
ул. Б. Санкт-Петербургская, 41.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НОВГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ЯРОСЛАВА МУДРОГО

Кузнецов Н.П.

**ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, РАБОТЫ И
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ
ЧЕРВЯЧНЫХ РЕДУКТОРОВ**

*Методические указания
к лабораторной работе*

ВЕЛИКИЙ НОВГОРОД
2012

Р е ц е н з е н т

кандидат технических наук, доцент **Е. И. Никитин**

Кузнецов Н.П.

К93 Изучение конструкции, работы и определение нагрузочной способности червячных редукторов: Метод. указ. к лабораторной работе по ДМ и ОК /Авт. – сост. Кузнецов Н.П.; НовГУ им. Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2012. – 24 с.

Рассмотрены устройство, конструктивные особенности, геометрические параметры, оценка несущей способности одноступенчатого червячного редуктора общего назначения.

Методические указания предназначены для студентов специальностей 151001.65 «Технология машиностроения», 190601.65 «Автомобили и автомобильное хозяйство», 110301.65 «Механизация сельского хозяйства», 150201.65 «Машины и технология обработки металлов давлением», 50502.65 «Технология и предпринимательство» всех форм обучения и студентов направлений 151900.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», 190600.62 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 110800.62 «Агроинженерия», 140100.62 «Теплоэнергетика и теплотехника», 540500.62 «Технологическое образование».

УДК 621.81
ББК 34.445.1

© Новгородский государственный
университет, 2012

© Н.П. Кузнецов, 2012

1. Цель работы

- Ознакомиться с конструкцией червячного одноступенчатого редуктора и назначением его деталей;
- определить геометрические параметры червячного зацепления путём их замера и расчёта;
- оценить нагрузочную способность редуктора;
- оценить КПД червячного редуктора.

Лабораторная работа выполняется в течение 2-х часов. Внеаудиторная подготовка к работе включает в себя ознакомление с методическими указаниями и изучение соответствующих разделов курса деталей машин по конспектам лекций и указанной литературе.

2. Описание конструкции червячного редуктора

Червячный редуктор - это механизм, предназначенный для уменьшения угловой скорости и увеличения вращающего момента. Он состоит из одной или нескольких червячных передач, смонтированных в закрытом корпусе. В диапазоне передаточных чисел $u = 8 - 80$, в основном, применяются одноступенчатые редукторы.

Червячная передача относится к зубчатовинтовым передачам, состоит из червяка 1 (рис.1), т.е. короткого винта с трапецеидальной или близкой к ней резьбой, и червячного колеса 2 с косыми зубьями дугообразной формы, охватывающими часть червяка. Она применяется для передачи вращательного движения между валами с перекрещивающимися осями от входного быстроходного вала червяка к выходному тихоходному валу червячного колеса.

Основным кинематическим параметром червячной передачи является передаточное отношение u_{12} :

$$u_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1},$$

где ω_1, ω_2 – угловые скорости; n_1, n_2 – частоты вращения соответственно червяка и колеса; z_2 – число зубьев червячного колеса, z_1 – число заходов червяка (число ниток резьбы винта червяка).

В машиностроении используются редукторы с различным расположением червяков: с нижним (при окружной скорости червяка до 4–5 м/с – рис.2.а; с верхним – рис. 2.б; с боковым – рис.2.в и вертикальным рис.2.г.

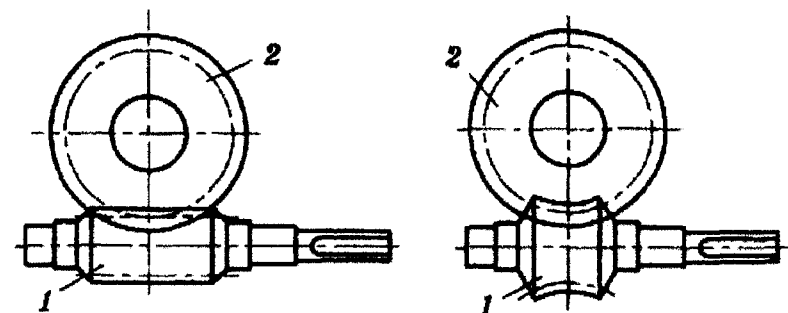
В зависимости от формы внешней поверхности червяка передачи бывают с цилиндрическими (рис.1,а), глобоидными (рис.1.б). Каждый из них имеет свою технологию нарезания [1, 2, 3]. Глобоидная передача характеризуется повышенным КПД и более высокой несущей способностью за счёт увеличения длины линии контакта, но одновременно сложностью в изготовлении, сборке и большой чувствительностью к осевому смещению червяка, вызываемому износом подшипников.

По форме боковой поверхности витка передачи бывают трёх типов: с архимедовым (ZA), конволютным (ZN) и эвольвентным (ZI) червяками. Выбор профиля червяка определяется технологическими соображениями. В машиностроении наиболее широко применяются архимедовы червяки. Они изготавливаются на токарных станках, но шлифование витков затруднено, т.к. требуются шлифовальные круги фасонного профиля. Архимедовы червяки используют при твёрдости материала $HВ \leq 350$ и не шлифуют.

Эвольвентные и конволютные червяки применяют при высокой твёрдости рабочих поверхностей (не менее 45HRC), т.к. шлифование их после термообработки не сопряжено с техническими трудностями.

Направление витков червяка может быть правое и левое. В основном используют червяки с правой нарезкой.

Основные геометрические параметры червячной передачи – угол профиля α , модуль зацепления m , число заходов червяка z_1 и зубьев колеса z_2 , коэффициент диаметра червяка q , h^* – коэффициент высоты ножки, c^* – коэффициент радиального зазора, номинальное значение передаточного числа $u_{ном}$ и межосевое расстояние a_w регламентированы ГОСТ 2144.



а)

б)

Рис.1.

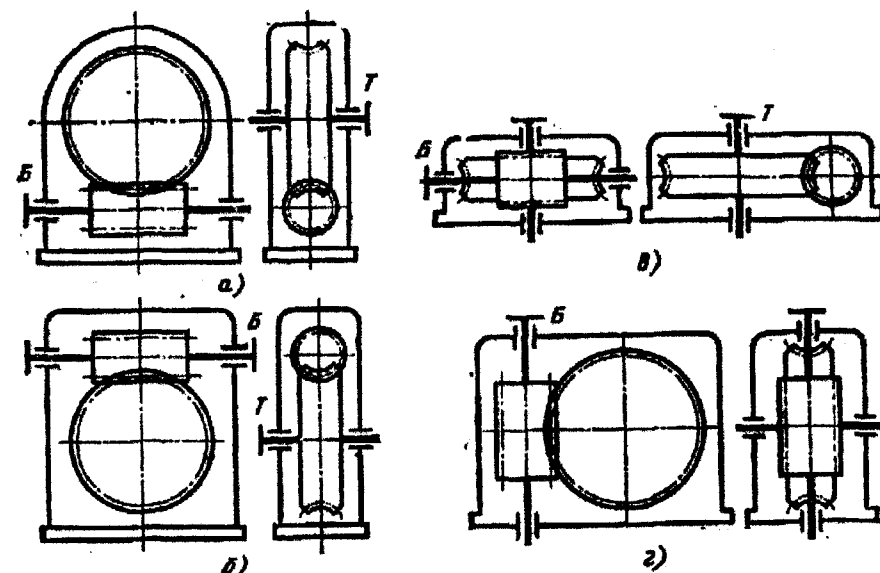


Рис.2. Варианты взаимного расположения червяка и колеса в червячном редукторе

Зубчатые венцы 1 червячного колеса (рис.4) изготавливают отдельно от чугунного или стального центра – ступицы 2. Выбор марки материала венца зависит от скорости скольжения и длительности работы. При $V_s = 6...25$ м/с и длительной работе применяются оловянистые бронзы марок БрОФ10-1 и Бр.ОНФ10-1-1, при $V_s = 2...6$ м/с применяют алюминиево-железистые бронзы Бр.АЖ9-4, при $V_s < 2$ м/с червячные колеса изготавливаются целыми из серых чугунов марок СЧ 15-32, СЧ 18-36 и др.

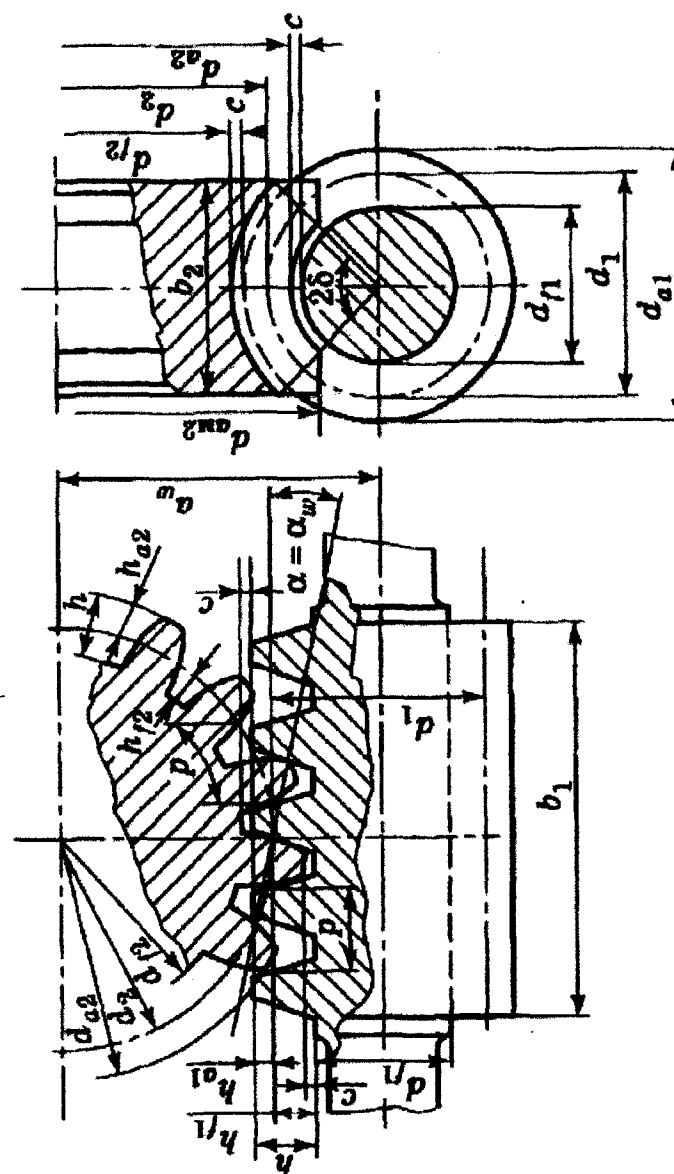


Рис.3. Основные размеры червяка и венца червячного колеса

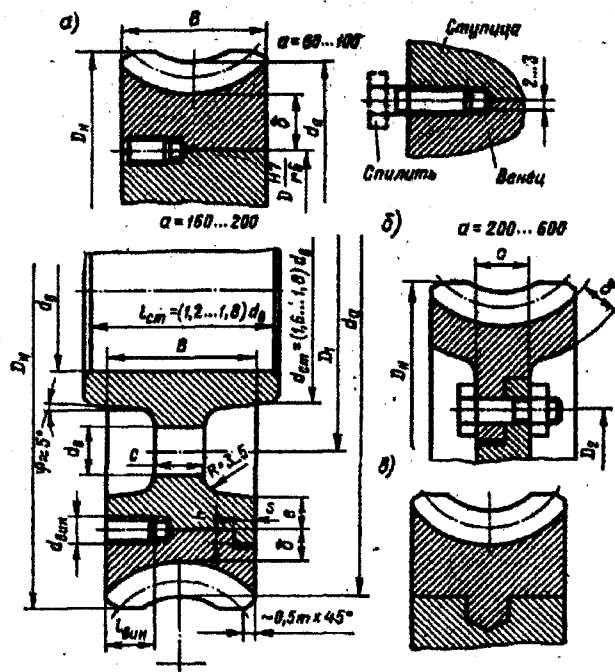


Рис.4. Способы соединения зубчатого венца со ступицей колеса

В машиностроении находят применение три типа конструкций червячных колес: бандажированная (рис.4,а), болтовая (рис.4,б) и биметаллическая (рис.4в). Последняя конструкция является наиболее рациональной, и ее используют в редукторах серийного производства.

Конструктивное оформление червячных редукторов с нижним и верхним расположением червяка показано на рис. 5 и 6. Корпус редуктора с нижним расположением червяка с целью облегчения сборки выполняется в виде разъемной коробки.

Он состоит из нижней части 1, которая и называется корпусом, и верхней части 2 – крышки. Корпус и крышка соединяются винтами 3. Взаимные положения крышки и корпуса фиксируются коническими штифтами 4 на рис.5.

Корпус 1 редуктора, показанного на рис. 6, выполнен цельным. Отверстия в корпусе позволяют свободную установку в нем вала 2 с насаженными деталями (червячным колесом 3, втулками, подшипниками 4). В верхней части корпуса имеется люк, через который заливается масло и производится наблюдение за состоянием зубьев колеса и витков червяка 5. Люк закрыт крышкой 6, имеющей отдушину 7, предназначенную для выравнивания давления внутри корпуса и снаружи, иначе нагретый воздух при эксплуатации редуктора выдавливался бы вместе с маслом вследствие избыточного давления через уплотнения, и на корпусе образовывались бы масляные подтеки. Опорами валов 2 и 5 редуктора являются подшипники качения 4 и 8. (роликовые радиально- упорные конические), удерживающие вращающиеся детали в нужном для правильной работы взаимном расположении.

При работе в червячном зацеплении возникает сила, которую можно представить тремя взаимно-перпендикулярными составляющими: окружной F_t , радиальной F_r и осевой F_a силами (рис.7). Причём, окружная сила на червяке равна осевой силе на червячном колесе $F_{t1} = F_{a2}$. Радиальные силы на червяке и колесе равны $F_{r1} = F_{r2}$. Окружная сила на колесе равна осевой силе на червяке $F_{t2} = F_{a1}$. Все эти силы передаются на корпус и крышку через подшипники качения.

Червяки с небольшим расстоянием между опорами в передачах, ненапряженных в тепловом отношении, допускается устанавливать на радиально-упорных подшипниках по одному в опоре (установка враспор), как показано на рис.5 и 6. Если червяк имеет большое расстояние между опорами (обычно при межосевых расстояниях $a_w \geq 160$ мм) и работа происходит в напряженном тепловом режиме, то в одной опоре ставится плавающий подшипник, а в другой - два радиально-упорных подшипника, воспринимающих осевые усилия в обоих направлениях (рис. 8).

Для вала червячного колеса, имеющего небольшую длину, используют по одному радиально-упорному подшипнику в опоре, которые устанавливаются "враспор". Снаружи подшипники закрыты крышками: глухой 9 и сквозными 10 и II с отверстиями для прохода валов.

Корпус служит также в качестве резервуара для масла, уровень которого контролируется щупом 12, а слив после отработки осуществляется через отверстие, обычно закрытое маслосливной пробкой 13. В редукторе применяется картерный способ смазки: смазка зацепления осуществляется окунанием колеса или червяка в масляную ванну, а подшипников - разбрызгиванием (для подшипников верхнего вала иногда используют индивидуальную смазку консистентными смазками). Для предотвращения вытекания масла через зазоры между валами и сквозными крышками, а также попадания механических частиц в подшипники и зацепление, применяются уплотнения (манжетные, фетровые и войлочные, лабиринтные, комбинированные). Между фланцами крышек и корпусом устанавливаются наборы прокладок 15 и 16, которые служат для герметизации корпуса, а также для регулирования подшипников и правильного зацепления червячного колеса и червяка. Крышка 17 закрывает смотровое окно 18, предназначенное для наблюдения пятна контакта витков червяка и зубьев колеса при регулировке правильности зацепления. Червячный редуктор должен иметь отдушину 7.

Так как червячное зацепление осуществляет передачу вращения между перекрещивающимися валами, опоры которых не могут быть идеально позиционированы в пространстве при простой сборке редуктора, необходимо регулирование этого зацепления по расположению пятна контакта для обеспечения совпадения средней плоскости венца червячного колеса с осью червяка. Для регулировки служат наборы тонких стальных прокладок под фланцами крышек подшипников вала червячного колеса (рис.9). Сначала при регулировке конических (или шариковых) радиальноупорных подшипников подбирается общая толщина набора $\delta_1 + \delta_2$. Затем, после предварительного определения положения пятна контакта в зацеплении производят перестановку прокладок с правой стороны на левую для случая по рис.9.б, и с левой стороны на правую для случая по рис.9.в, сохраняя общую толщину набора неизменной.

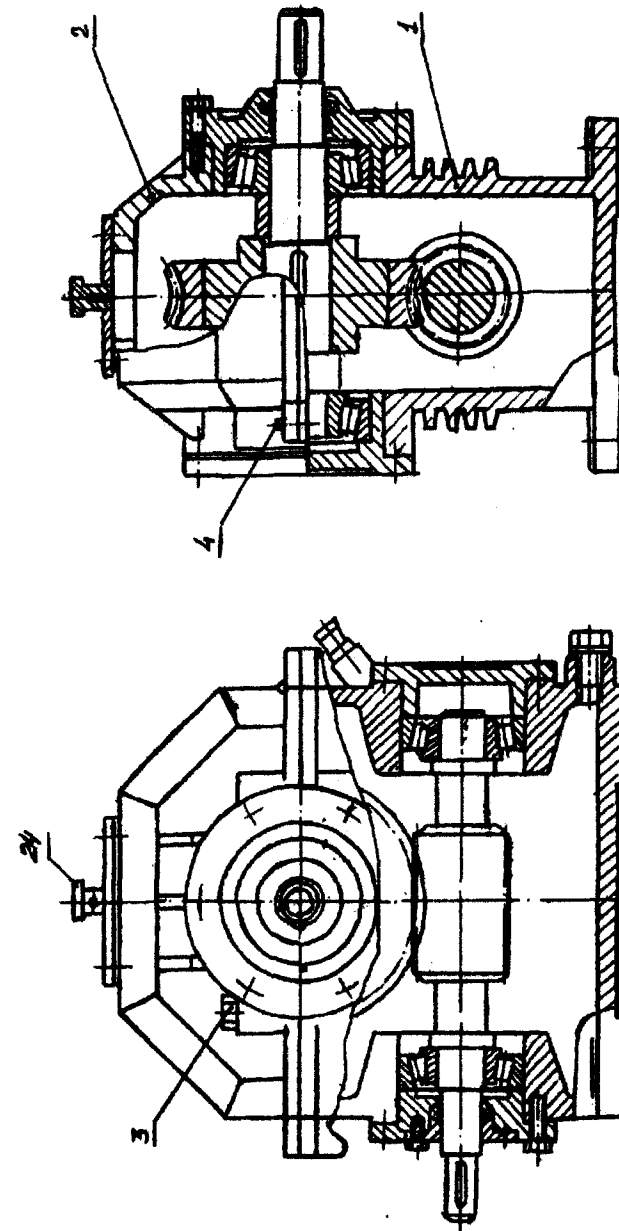


Рис.5. Червячный редуктор с нижним расположением червяка

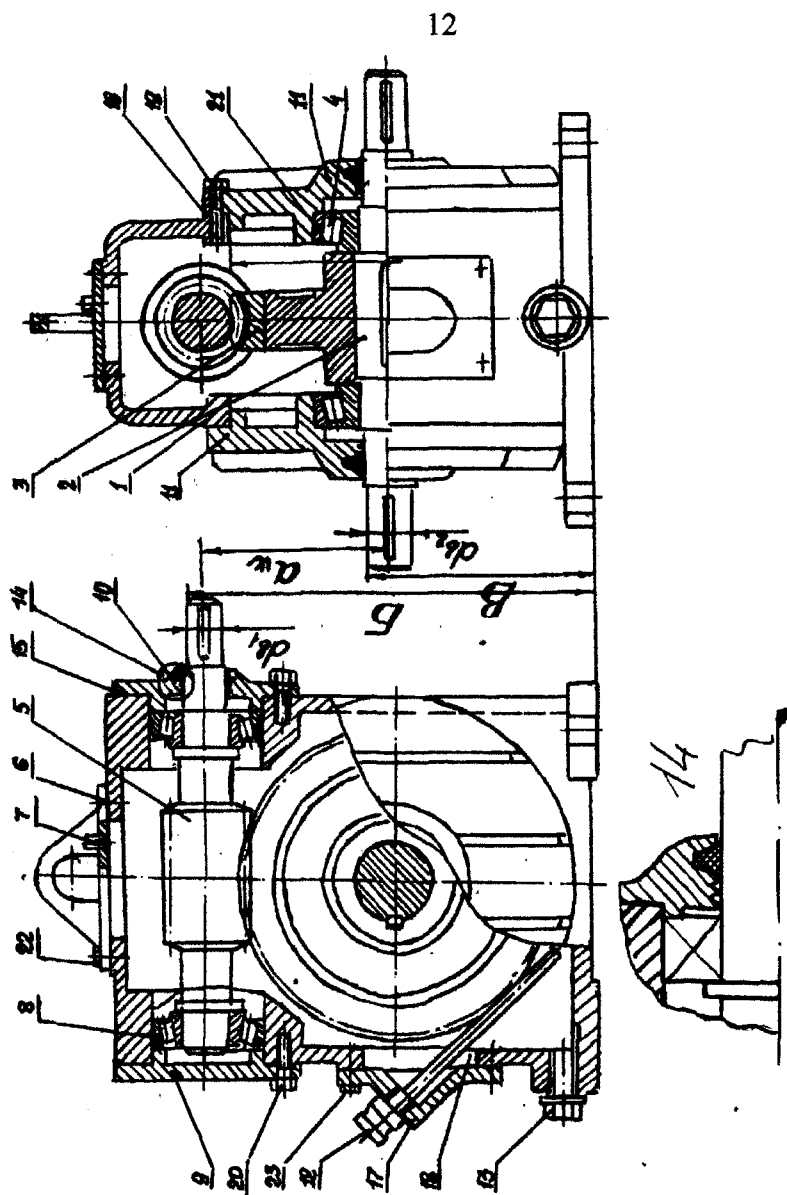


Рис. 6. Червячный редуктор с верхним расположением червяка и неразъёмным корпусом

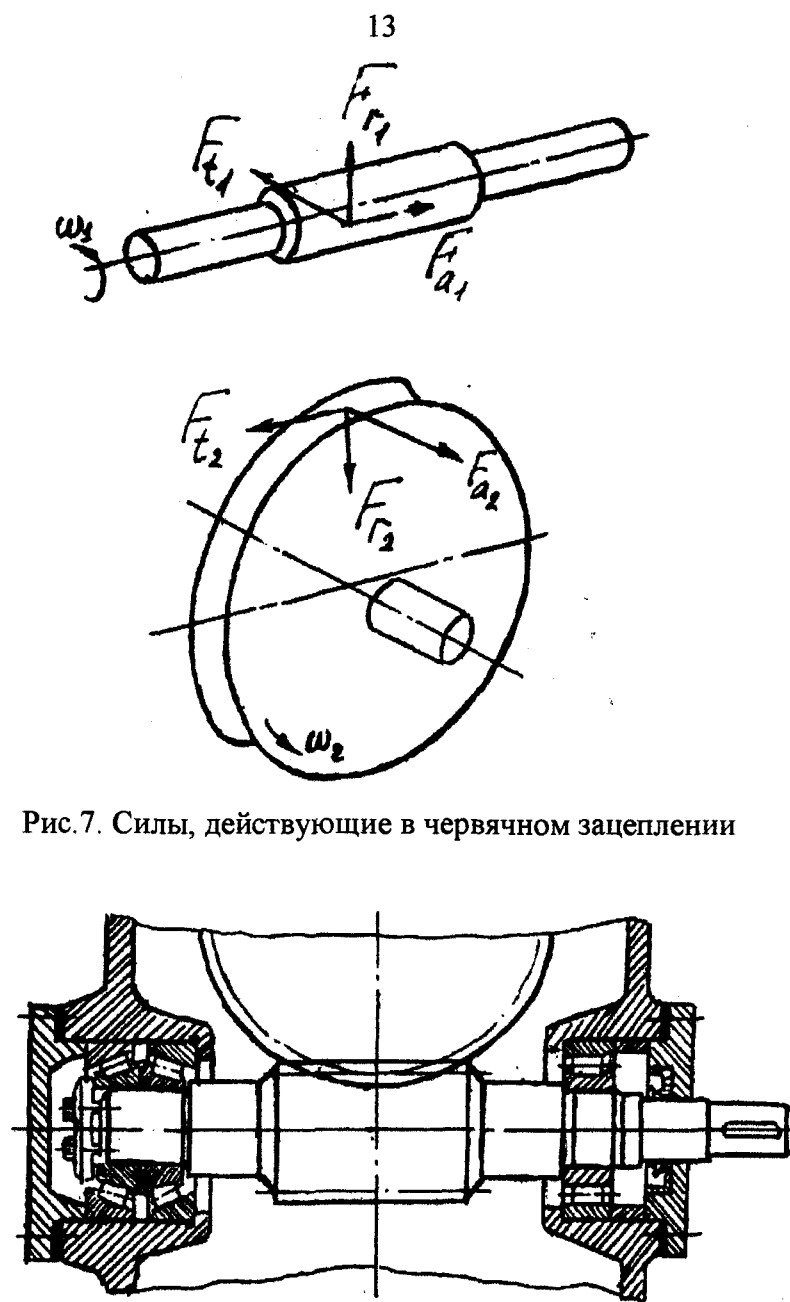


Рис. 7. Силы, действующие в червячном зацеплении

Рис. 8

3. Порядок выполнения работы

При разборке редуктора необходимо внимательно ознакомиться с его конструкцией. Перед разборкой следует замерить штангенциркулем диаметры входного и выходного концов валов d_{B1} и d_{B2} а также размеры B и B (удобно колумбусом) - (рис.6).

Разборка редуктора производится в следующей последовательности:

1. Отвернуть винты 19 боковых крышек 11, снять крышки и вынуть червячное колеса 3 с валом 2 и подшипниками 4.

2. Отвернуть винты крышек 9 и 10, снять крышки и вынуть червяк 5 с подшипниками 8.

Подшипники и червячные колеса с валов не спрессовывать, наружные кольца 21 подшипников из крышек 11 не выпрессовывать.

3. Отвернуть винты 22 и 23 и снять крышки 6 и 17.

4. Отвернуть пробку 13 и вынуть маслоуказатель 12.

Во время разборки, наряду с ознакомлением с конструкцией редуктора в целом, следует уяснить назначение каждой детали (в соответствии с приведенным выше описанием).

После разборки следует выполнить следующее:

а) составить кинематическую схему редуктора и проставить на ней межосевое расстояние;

б) выполнить эскизы с указанием размеров:

- червяка (нарезанной его части);

- червячного колеса;

- уплотнений и подшипниковых узлов червяка с указанием условного обозначения и размеров подшипника, ориентируясь на его маркировку, нанесенную на торцах колец и результаты замеров.

После проведения необходимых измерений (см. ниже) проводится сборка редуктора (в обратном порядке).

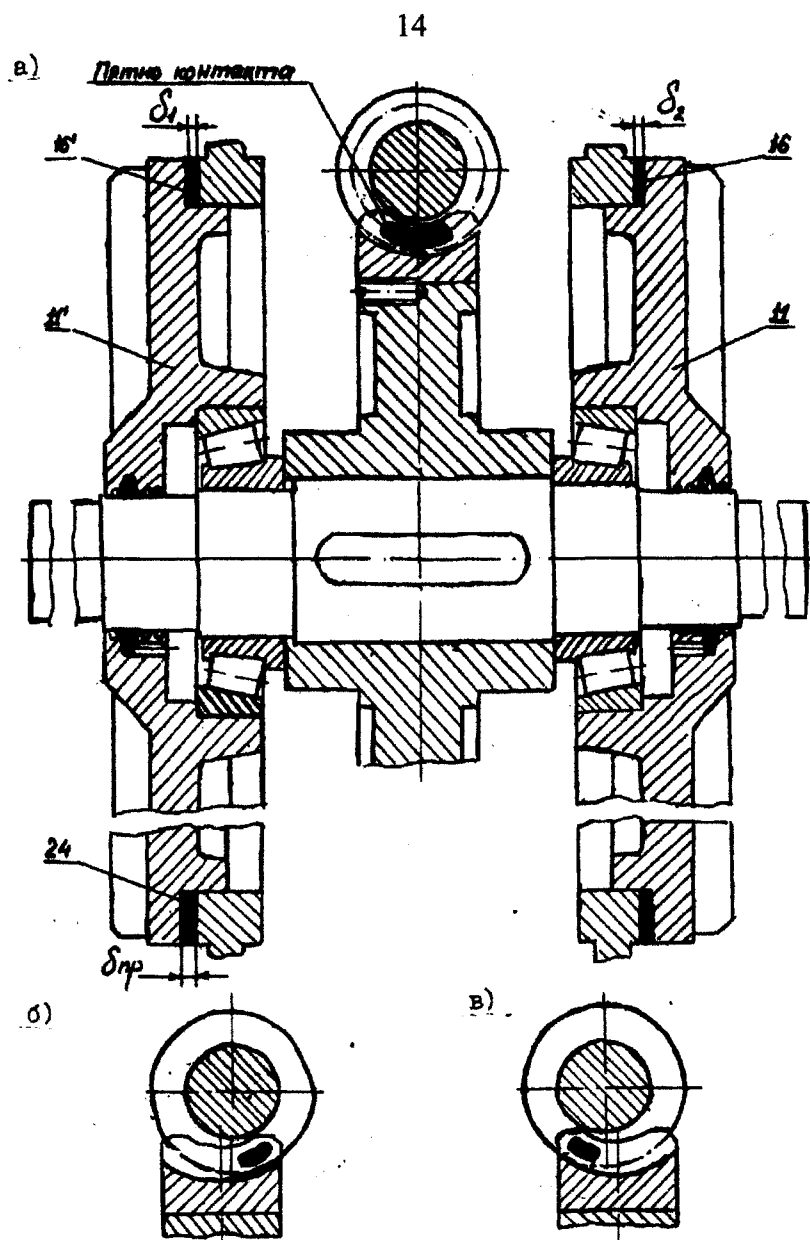


Рис.9. Регулирование зацепления червячной передачи

4. Определение параметров зацепления с архимедовым червяком

Параметры червячного зацепления с архимедовым червяком можно определить посредством замеров отдельных элементов червяка и колеса обычным штангенциркулем (каждое измерение производится несколько раз и находится среднее значение).

Определение параметров проводится в следующей последовательности:

1. Подсчитывается межосевое расстояние (см. рис. 6):

$$a_w = B - B - \left(\frac{d_{B1} - d_{B2}}{2} \right)$$

Полученное значение округляется до ближайшего стандартного (ГОСТ 2144-86). При большом расхождении со стандартом можно оставить найденное значение a_w . В табл.1 приведены выборки некоторых стандартных значений a_w по ГОСТ 2144-93.

2. Подсчитывается число заходов червяка (число витков) z_1 и число зубьев колеса z_2 и определяется передаточное число передачи:

$$u = \frac{z_2}{z_1}$$

Число заходов червяка стандартное ($z_1 = 1, 2, 4$). Фактические значения передаточных чисел не должны отличаться от номинальных (см. табл.2) более, чем на 4% при $u > 4,5$.

3. Измеряются осевой шаг p и диаметр вершин d_{a1} червяка и диаметр вершин колеса d_{a2} (см. рис.3).

4. Определяются осевой модуль m и коэффициент q и округляются до ближайших стандартных значений (табл.3,4):

$$m = \frac{p}{\pi} \quad q = \frac{d_1}{m} \quad d_1 = d_{a1} - 2m,$$

где d_1 – делительный диаметр червяка
 d_{a1} – диаметр вершин – внешний диаметр червяка

5. Проводится измерение остальных размеров (см. табл.5, в которую и заносятся результаты замеров и расчетов).

Таблица 1.

Значения межосевых расстояний a_w

Ряд	Межосевое расстояние a_w мм											
1	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
2	45	56	71	90	112	140	180	224	280	355	450	

Таблица 2.

Значения номинальных передаточных чисел u

u	Ряд 1	8,0	10,0	12,5	16,0	20,0	25,0	31,5	40,0	50,0
		63,0	80,0	100						
	Ряд 2	9,0	11,2	14,0	18,0	22,4	28,0	35,5	45,0	
		56,0	71,0	90,0						

Таблица 3.

Значения модулей m червяка в осевом сечении (1...10 мм)

Ряд	Модули m , мм										
1	1,0	1,25	1,6	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0	6,3	8,0	10
2		1,5			3,0	3,5		6,0	7,0		
3	1,125	1,375	1,75	2,25	2,75	4,5				9	

Таблица 4.

Значения коэффициентов диаметра червяка q

q	Ряд 1	6,3	8,0	10	12,5	16	20	25
	Ряд 2	7,1	9,0	11,2	14	18	22,4	

Первый ряд следует предпочитать второму

Таблица 5.

Параметры зацепления и редуктора

№ п/п	Определяемый параметр	Обозначение, размерность	Формула	Значение параметра
1	2	3	4	5
1	Межосевое расстояние	a_w , мм		
2	Число заходов червяка	z_1		
3	Число зубьев колеса	z_2		
4	Передаточное число	u	$u = z_2 / z_1$	
5	Осевой шаг	p , мм		
6	Осевой модуль зацепления	m , мм	$m = p / \pi$	
7	Диаметр вершин червяка	d_{a1} , мм		
8	Делительный диаметр червяка	d_1 , мм	$d_{a1} = d_1 - 2m$	
9	Коэффициент диаметра червяка	q	$q = d_1 / m$	
10	Делительный диаметр колеса	d_2 , мм	$d_2 = m z_2$	
11	Диаметр вершин колеса	d_{a2} , мм	$d_{a2} = d_2 + 2m$	
12	Наибольший диаметр колеса	d_{aM2} , мм		
13	Длина нарезанной части червяка	b_1 , мм		
14	Ширина колеса	b_2 , мм		
15	Угол подъема витков червяка	γ , град.	$\gamma = \arctg(z_1 / q)$	

16	Условный угол обхвата	2δ	$2\delta = 2 \arcsin \left(\frac{b_2}{d_{a1} - 0,5m} \right)$	
17	Вращающий момент на валу колеса	T_2 , Нм	ф-ла (5.1)	
18	Мощность на валу колеса	P_2 , кВт	ф-ла (5.4) (принять $n_1 = 1000 \text{ об/мин}$)	
19	КПД червячного зацепления	η	ф-ла (5.5)	
20	Обозначение редуктора			

Значения m и q , заносимые в таблицу, должны быть обязательно стандартными.

5. Оценка нагрузочной способности редуктора

В червячном зацеплении менее прочным элементом является зуб колеса, изготовленного из бронзы (чугуна). Для него причинами разрушения и критериями работоспособности является усталостное выкрашивание и контактная прочность; абразивный износ (износостойкость); заедание (износостойкость); поломка зубьев (изгибная прочность); перегрев передачи (теплостойкость). Основным расчетным критерием является контактная прочность, так как от величины контактных напряжений (величины давления на зуб колеса витка червяка) зависит и абразивный износ, и заедание (для их уменьшения предусматриваются также соответствующие выбор материалов и смазок).

Контактная прочность определяет размер передачи, поэтому по известному межосевому расстоянию a_w (следовательно известным диаметрам d_1 и d_2) можно определить величину передаваемого передач вращающего момента T_2 ; Нм):

$$T_2 = \frac{d_1 \cdot d_2^2 \cdot K_\delta \cdot \sigma_{HP}^2}{2Z_M^2 \cdot K_H \cdot 10^3} \quad (5.1)$$

где d_1 и d_2 – делительные диаметры червяка и колеса мм (см. табл.5)

K_δ – коэффициент, учитывающий условный угол обхвата червяка колесом и угол подъема витков червяка:

$$K_\delta = \frac{2 \cdot \delta}{85^\circ \cdot \cos \gamma} \quad (5.2)$$

σ_{HP} – допускаемые контактные напряжения; из условия соприкосновения заеданию при различных скоростях скольжения V_s при твердости червяка $HRC > 45$ значение σ_{HP} приведены в табл.6 (для червяка из алюминиево-железистой бронзы).

Таблица 6.

$V_s, \text{ м/с}$	0,5	1	2	3	4	6
$\sigma_{HP}, \text{ МПа}$	230	220	200	180	160	120

Скорость скольжения витков червяка по зубьям колеса

$$V_s = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 10^3 \cdot \cos \gamma} \quad (5.3)$$

n_1 – частота вращения червяка.

K_H – коэффициент нагрузки:

$$K_H = K_{H\beta} K_{HV},$$

где $K_{H\beta}$ – коэффициент неравномерности распределения нагрузки по ширине венца колеса (коэффициент концентрации нагрузки);

K_{HV} – коэффициент динамической нагрузки. В рассматриваемом случае можно приближенно принять $K_H = K_{H\beta} = K_{HV} = 1$

Z_M – коэффициент, зависящий от материалов колеса и червяка, для пары бронза - сталь $Z_M = 380 \text{ МПа}^{1/2}$, для пары чугун-сталь $Z_M = 410 \text{ МПа}^{1/2}$

Мощность на тихоходном валу

$$P_2 = T_2 \cdot \omega_2, \quad (5.4)$$

где ω_2 – угловая скорость вала червячного колеса

$$\omega_2 = \frac{2\pi \cdot n_2}{60}, \quad n_2 = \frac{n_1}{u}$$

6. Оценка коэффициента полезного действия

КПД в червячном зацеплении определяется по зависимости, выведенной для винтов:

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \rho)} \quad (5.5)$$

Где ρ – приведенный угол трения, зависящий от материалов червячной пары и скорости скольжения. Для сочетания сталь – алюминиево-железистая бронза данные приведены в табл.7

Таблица 7.

$V_s, \text{ м/с}$	0,5	1,0	1,5	2	2,5	4	6	8
ρ°	4°20'	3°50'	3°20'	3°00'	2°40'	2°00'	1°40'	1°20'

С увеличением скорости скольжения угол трения уменьшается, что связано с улучшением условий смазки (условий образования масляных клиньев в зацеплении).

Полученное значение КПД не учитывает потерь на разбрызгивание и перемешивание масла в редукторе.

7. Содержание бланка отчёта

Титульный лист

Цель работы.

Кинематическая схема изучаемого редуктора.

Эскизы (с размерами) червяка и венца червячного колеса (см. рис.10).

Характеристики зацепления (табл.5)

Оценка нагрузочной способности редуктора и определение КПД формулы 5.1, ... 5.5 с вычислениями)

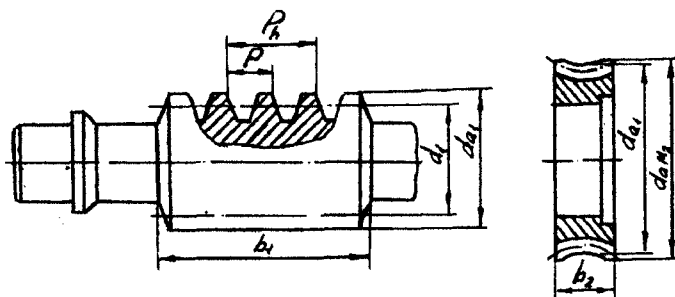


Рис.10

8. Вопросы для самопроверки и защиты лабораторной работы

1. Каково назначение редуктора? Как изменяются в редукторе передаваемая мощность, частота вращения валов, вращающий момент на валах?
2. Приведите классификацию червячных передач.
3. Назовите достоинства и недостатки червячных передач по сравнению с зубчатыми.
4. Опишите конструкции червяков и червячных колес.
5. Каковы основные геометрические параметры червячного зацепления?
6. Назовите назначение основных деталей и узлов червячного редуктора (корпуса, валов, передачи, шпонок, штифтов, отдушники, маслоуказателя, уплотнений и т.д.)
7. Как осуществляется смазка в червячном редукторе (передачи и подшипников)?
8. Почему в червячной передаче возникает скольжение, как оно направлено и как влияет на работу передачи?
9. Какие усилия, возникают в червячном зацеплении, как они направлены. Как вычисляются?
10. Из каких материалов изготавливают червячные пары? Назовите факторы, определяющие их выбор.
11. Приведите основные кинематические и силовые соотношения для червячной передачи.
12. Каковы причины выхода из строя червячных передач?
13. Назовите основной критерий работоспособности (обосновать).

14. Охарактеризуйте потери энергии (мощности) в червячном редукторе.
15. Как вычисляют КПД червячной передачи? Как влияют параметры червяка на КПД в червячном зацеплении?
16. Что учитывает в расчётных формулах коэффициент нагрузки, от чего он зависит?
17. С какой целью предусматривают регулирование червячного зацепления? Как его выполняют?

9. Литература

1. Иванов М.Н. Детали машин : Учеб.для студентов втузов. - 10-е изд.,испр. - М. : Высшая школа, 2006. - 407с.
2. Детали машин и основы конструирования : Учеб.пособие для вузов / Под ред.Г.И.Рощина и Е.А.Самойлова. - М. : Дрофа, 2006. - 415с.
3. Чернилевский Д.В. Детали машин. Проектирование приводов технологического оборудования : Учеб.пособие для вузов. - 3-е изд.,испр. - М. : Машиностроение, 2004. - 557,с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	СТР.
1. Цель лабораторной работы	3
2. Описание конструкции червячного редуктора	3
3. Порядок выполнения работы	15
4. Определение параметров зацепления с архимедовым червяком	16
5. Оценка нагрузочной способности редуктора	19
6. Оценка коэффициента полезного действия	21
7. Содержание бланка отчёта	21
8. Вопросы для самопроверки и защиты лабораторной работы	22
9. Литература	23