



Лабораторная работа № 5
ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА

Прикладная механика

Раздел «Детали машин»

Лабораторный практикум

УДК 657.22
ББК 65.052

Рассмотрено и рекомендовано к изданию на заседании кафедры прикладной механики
Протокол № 5 от 24.11. 2011г.

Составители:

кандидат технических наук, доцент

Киркор М.А.

кандидат технических наук, доцент

Игнатов Б.И.

кандидат технических наук, доцент

Пахадня В.П.

кандидат технических наук, доцент

Харкевич В.Г.

Рецензент

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой МАПП УО «МГУП»

Кирик И.М.

Лабораторный практикум подготовлен в соответствии с программой курсов «Прикладная механика» для студентов технологических специальностей и «Детали машин» для специальностей 1 – 36 09 01 Машины и аппараты пищевых производств и 1 – 36 20 01 – Низкотемпературная техника

УДК 657.22
ББК 65.052

© Учреждение образования
«Могилевский государственный
университет продовольствия», 2012

Лабораторная работа № 5

Изучение устройства червячного редуктора

Целью выполнения лабораторной работы является изучение конструкции червячного редуктора, особенности его эксплуатации (смазку, регулировку и т.д.), а также определить основные геометрические и кинематические параметры зубчатого зацепления.

Общие сведения

Червячная передача (рисунок 5.1) так же, как цилиндрическая и коническая зубчатые передачи, служит для уменьшения угловой скорости и увеличения передаваемого крутящего момента. Ведущим, как правило, является червяк, ему присвоен индекс 1, червячному колесу – 2.

Червячная передача относится к числу зубчато-винтовых. Движение осуществляется по принципу винтовой пары: винтом является червяк, а колесо – как бы узкий сектор длинной гайки, изогнутой по окружности резьбой наружу.

При движении виток червяка скользит по поверхности зуба червячного колеса, при этом возникают силы трения скольжения, в обычных зубчатых передачах возникают силы трения качения, т.к. поверхность зуба шестерни обкатывается по поверхности зуба зубчатого колеса).

Достоинства и недостатки

Достоинствами червячной передачи являются:

- возможность получения больших передаточных чисел в одной ступени (для силовых передач передаточное отношение от 7 до 80, для приборов до 500);
- плавность зацепления и бесшумность работы;
- возможность самоторможения;
- надежность и простота ухода.

Недостатки этой передачи следующие:

- относительно низкий КПД;
- повышенный износ и склонность к заеданию;
- необходимость применения для червячных колес дорогостоящих антифрикционных материалов (бронза);
- червячные передачи дороже и сложнее в изготовлении по сравнению с зубчатыми.

Пониженный КПД и склонность к заеданию ограничивают область их применения низкими и средними мощностями (до 60 кВт).

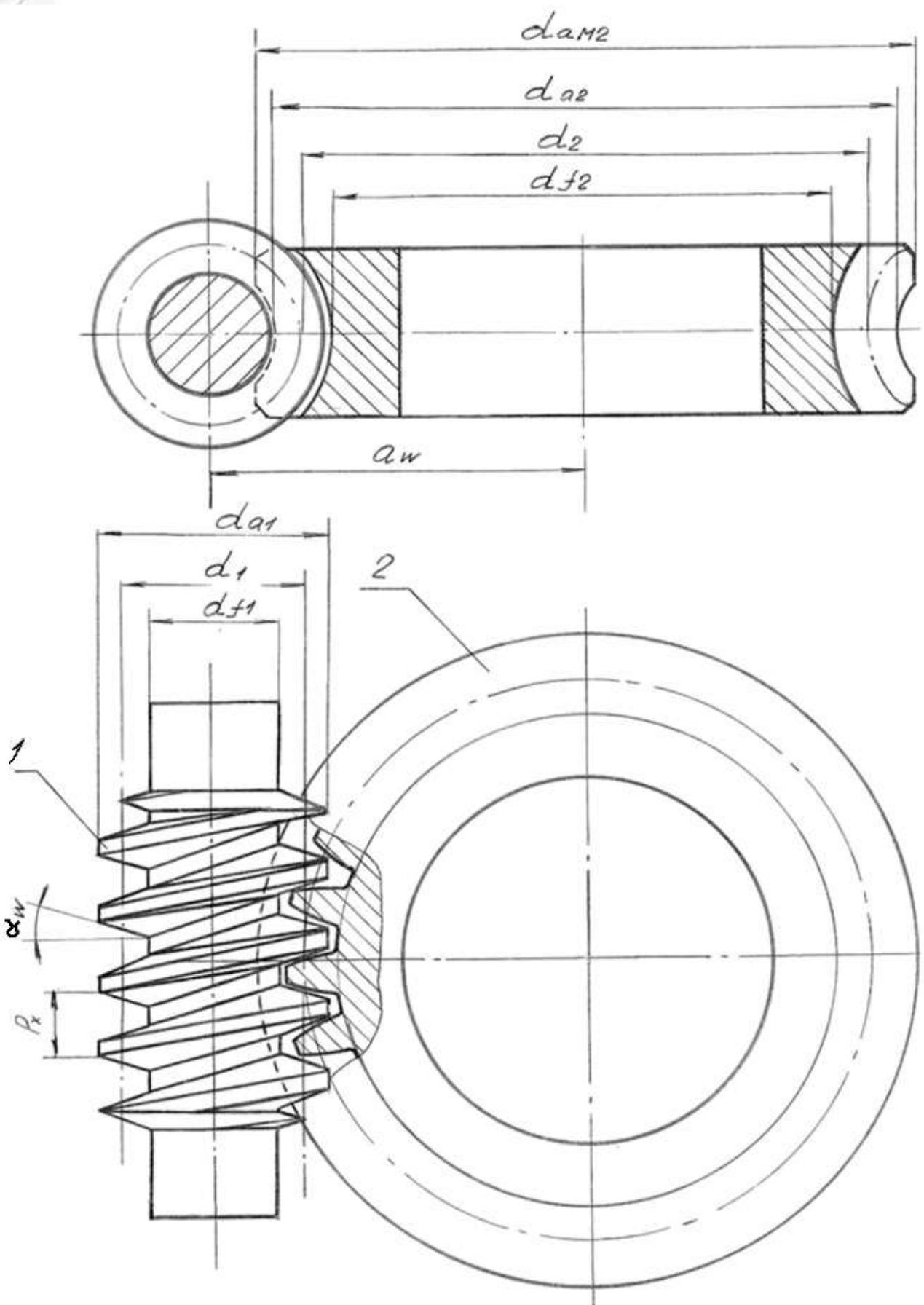


Рисунок 5.1 – Червячная передача

Основные кинематические схемы червячных редукторов показаны на рисунке 5.2.

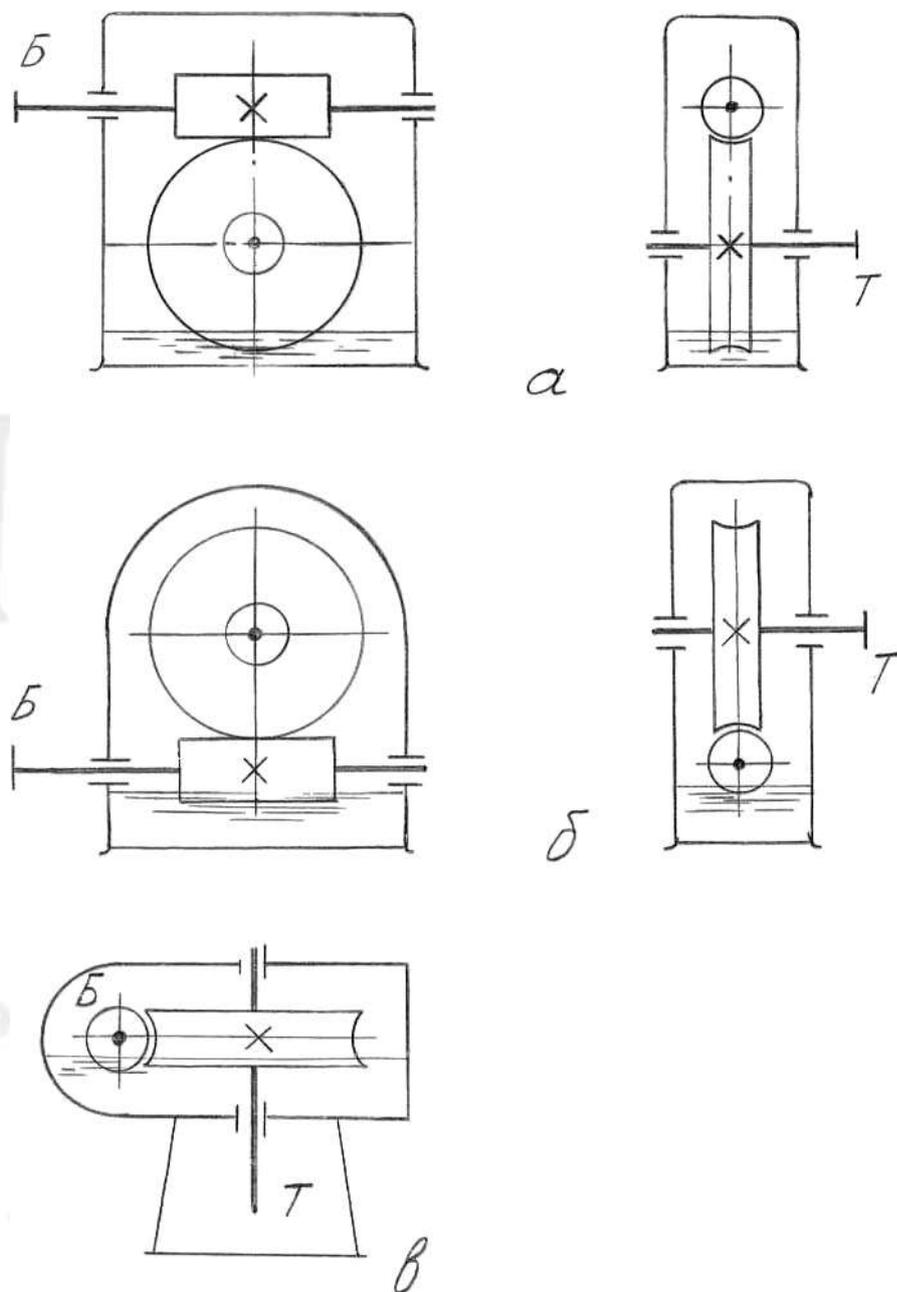


Рисунок 5.2 – Основные кинематические схемы червячных редукторов

При окружных скоростях до 4...5 м/с следует отдавать предпочтение редукторам с нижним расположением червяка (рисунок 5.2б), при котором обеспечиваются лучшие условия смазки. При больших скоростях сильно возрастают потери на размешивание смазки, поэтому червяк следует располагать над колесом (рисунок 5.2а). В таких передачах хуже условия теплоотдачи в смазку, требуются специальные устройства для смазки подшипников червяка.

Передачи с вертикальным расположением вала червяка или вала колеса (рисунок 5.2в) принимают сравнительно редко, когда это требуется по условиям компоновки машины. Такая конструкция отличается более сложным уплотнением валов.

Классификация

Червячные передачи различаются по следующим признакам:

- по форме поверхности, на которой образуется резьба, – цилиндрические (рисунок 5.1) и глобоидные (рисунок 5.3);
- по форме профиля резьбы – архимедовы, конволютные и эвольвентные.

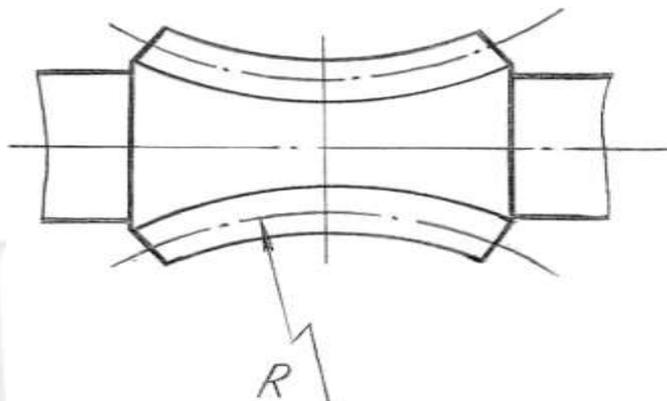


Рисунок 5.3 – Глобоидный червяк

Наиболее распространенные цилиндрические архимедовы червяки (рисунок 5.1). Они имеют прямолинейную форму в осевом сечении и подобны винтам с трапециидальной резьбой.

Конволютные червяки в осевом сечении имеют криволинейную форму, а в нормальном сечении – прямолинейную.

Эвольвентные червяки имеют эвольвентный профиль витков в нормальном сечении.

Червяк изготавливают из стали с последующей термообработкой, шлифовкой, иногда с полировкой.

Червячные колеса изготавливают из антифрикционных материалов. В целях экономии этих дорогостоящих сплавов (оловянистые бронзы, латуни и др.) червячные колеса изготавливаются составными: обод (зубчатый венец) из антифрикционных сплавов напрессовывается на центр из дешевого чугуна (соединение с гарантированным натягом).

Конструкция червячных редукторов определяется следующими особенностями их работы и условиями сборки:

- опоры червяка воспринимают весьма значительные осевые нагрузки;
- вследствие большого скольжения в зацеплении и компактности корпуса работа редуктора сопровождается значительным нагревом. Для лучшего охлаждения корпуса часто приходится изготавливать с ребрами, а иногда применять принудительный обдув или водяные радиаторы;
- сборку червяка с колесом практически осуществляют только путем сближения в радиальном направлении;
- в процессе сборки необходимо регулировать вначале подшипники, а затем осевое положение червячного колеса (средняя плоскость колеса должна проходить через ось червяка). Правильность регулировки проверяют «по

краске». Зацепление считается правильно отрегулированным, если пятно контакта располагается симметрично относительно средней плоскости;

– осевое положение колеса должно сохраняться в процессе работы под нагрузкой, поэтому вал колеса устанавливают на достаточно жестких радиально-упорных конических подшипниках, хотя осевые нагрузки на них относительно малы и по расчету на ресурс можно было бы применить радиальные однорядные шарикоподшипники.

Потери, КПД, смазка

Потери в червячной передаче обусловлены скольжением витков червяка относительно зубьев червячного колеса. Существенное влияние на потери в червячном зацеплении оказывают материалы пары червяк – червячное колесо.

КПД червячной передачи η определяется формулой

$$\eta = \operatorname{tg} \lambda / \operatorname{tg}(\lambda + \rho), \quad (1)$$

где λ – угол подъема винтовой линии червяка;

ρ – угол трения, зависящий от материалов сопряженной пары червяка и червячного колеса, качества поверхности, смазки и скорости скольжения.

Угол трения ρ для передач с бронзовым червячным колесом и стальным закаленным червяком определен из экспериментов (приложение В, таблица В1).

Смазка червячного зацепления предназначена для повышения работоспособности, уменьшения потерь на трение, отвода тепла, образующегося в зацеплении, предохранения от истирания и коррозии. Для уменьшения потерь на трение между витком и зубом червячного колеса необходимо создать масляный клин, способный выдержать давление между червяком и колесом. Способ смазки (окунанием, струйная под давлением) определяется условиями работы червячной передачи, скоростью скольжения и вязкостью масла при рабочих температурах.

Материалы

Для обеспечения работоспособности червячной передачи червяк и червячное колесо должны образовывать антифрикционную пару. Этому условию отвечает сочетание разнородных материалов: стальной червяк и червячное колесо из бронзы или чугуна.

Основным материалом для червяков являются углеродистые и легированные стали. Червяки, изготовленные из сталей 15Х, 20Х, 12ХН3, 20Х, цементируют и закаливают до твердости поверхности витков HRC 56-62. Червяки, изготовленные из сталей 40, 45, 40ХН, закаливают до твердости HRC 45-55.

Для изготовления червячных колес применяют высокооловянистые бронзы БрОФ10-1, Бр10-0,5, БрОНФ, обладающие наиболее высокими антифрикционными качествами, и бронзы БрАЖ 9-4, БрАЖН 10-4-4. При скоростях скольжения $v_{ск}$ меньше 2 м/с червячные колеса изготавливают из серого чугуна СЧ 15-32, СЧ 18-36, СЧ 21-40 или антифрикционных чугунов АЧС, АЧВ, АЧК.

Геометрия и кинематика червячных передач

Геометрия и кинематика червячного зацепления имеют следующие особенности: передаточное отношение не может быть выражено отношением

делительных диаметров червяка и колеса d_2/d_1 , в относительном движении начальные цилиндры не обкатываются, а скользят. При одном обороте червяка колесо повернется на угол, охватывающий число зубьев колеса, равное числу заходов червяка. Для полного оборота колеса необходимо Z_2/Z_1 оборотов червяка, т.е.

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}, \quad (2)$$

где Z_1 – число заходов червяка;

Z_2 – число зубьев колеса.

Геометрические параметры червяка (рисунок 5.1):

– $\alpha_w = 20^\circ$ – профильный угол в осевом сечении;

– P_x – осевой шаг червяка, мм;

– m – осевой модуль, мм, который определяется по выражению

$$m = \frac{P_x}{\pi}. \quad (3)$$

Диаметр делительной окружности (делительного цилиндра) червяка d_1 , мм

$$d_1 = m \cdot q, \quad (4)$$

где q – коэффициент диаметра червяка.

Модули и коэффициенты диаметра червяка стандартизированы (таблица В2)

Диаметр окружности вершин витков червяка d_{a1} , мм

$$d_{a1} = m(q+2). \quad (5)$$

Диаметр окружности впадин червяка d_{f1} , мм

$$d_{f1} = m(q-2,4). \quad (6)$$

Угол подъема винтовой линии червяка γ .

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{P_x z_1}{\pi d_1} = \frac{m z_1}{d_1} = \frac{z_1}{q}. \quad (7)$$

Геометрические параметры колеса (рисунок 5.1)

Диаметр делительной окружности колеса d_2 , мм

$$d_2 = m \cdot Z_2. \quad (8)$$

Диаметр окружности вершин зубьев d_{a2} , мм

$$d_{a2} = m(Z_2 + 2 + 2X), \quad (9)$$

где X – коэффициент смещения, $X = -1 \dots 1$

Диаметр окружности впадин d_{f2} , мм

$$d_{f2} = m(Z_2 - 2,4 + 2X). \quad (10)$$

Межосевое расстояние a_w , мм

$$a_w = \frac{m}{2}(q + z_2 + 2X). \quad (11)$$

Для колес без смещения $X = 0$.

Описание конструкции редуктора

Изучаемый редуктор относится к редукторам с верхним расположением червяка. Опорами валов служат конические роликоподшипники. Настоящий редуктор не имеет плоскости разъема. При сборке червяк вводится в корпус через отверстия для подшипников. Червячное колесо монтируется вместе со съемной боковой крышкой. Из условия сборки диаметр отверстия под съемную боковую крышку несколько превышает наружный диаметр колеса, а общие размеры внутренней полости допускают раздвижение валов червяка и колеса при монтаже и демонтаже. Зубчатое зацепление смазывается картерным способом (окунанием), подшипники смазываются пластичной смазкой. Заливка масла осуществляется сверху через смотровое окно, а слив через отверстие, закрываемое пробкой. Для контроля уровня масла в картере предусмотрен маслоуказатель. Для регулировки зацепления предусмотрены специальные регулировочные прокладки, устанавливаемые под крышки подшипников. Установка таких прокладок позволяет смещать колесо вместе с валом и подшипниками в осевом направлении и достигать тем самым симметричного расположения колеса относительно червяка.

Порядок выполнения работы

- 1 Не разбирая редуктора, найти его основные узлы и детали (червяк, червячное колесо, подшипники).
- 2 Вращая вал червяка, уяснить работу передачи и обратить внимание на различие угловых скоростей вращения червяка и колеса; сделать попытку передачи движения от колеса к червяку, убедившись в самоторможении передачи.
- 3 Определить межосевое расстояние, измерив штангельрейсмусом расстояния от любой горизонтальной плоскости до осей червяка и червячного колеса и вычислив межосевое расстояние как разность этих расстояний и согласовать с таблицей В3.
- 4 Разобрать редуктор на узлы.
- 5 Измерить штангельциркулем осевой шаг червяка P_x , диаметр вершин витков червяка d_{a1} , диаметр вершин колеса d_{a2} , ширину колеса.
- 6 Вычислить осевой модуль m , коэффициент диаметра червяка q , и согласовать с таблицей В2.
- 7 Установить число заходов червяка Z_1 и число зубьев колеса Z_2 . Вычислить передаточное отношение u .
- 8 Вычислить параметры зацепления соответственно таблицам В4 – В6.
- 9 Установить материал червяка, червячного колеса, тип и номера подшипников, способ смазки зацепления и подшипников, способ заливки и слива масла.
- 10 Собрать редуктор, при необходимости произвести проверку и настройку зацепления.
- 11 Оформить отчет (таблицы В4 – В6).

Контрольные вопросы

- 1 Достоинства и недостатки червячной передачи.
- 2 Материалы червяка и червячного колеса?
- 3 Почему с увеличением числа заходов червяка КПД передачи увеличивается?
- 4 Основные кинематические схемы червячных редукторов и условия их применимости.
- 5 Классификация червяков.
- 6 Особенности работы червячных редукторов.
- 7 Особенности сборки и регулировки червячного зацепления?
- 8 Почему червячные передачи реализуют большие передаточные числа?
- 9 Что такое самоторможение и где оно используется?
- 10 Почему в червячных редукторах используются конические роликоподшипники?

Прикладная механика

Раздел «Детали машин»

Лабораторный практикум

Приложение В

Таблица В1 – Значение углов трения ρ

$v_{ск}, м/с$	ρ	$v_{ск}, м/с$	ρ	$v_{ск}, м/с$	ρ
0,1	4 ⁰ 30'-5 ⁰ 10'	1,5	2 ⁰ 20'-2 ⁰ 50'	4,0	1 ⁰ 20'-1 ⁰ 40'
0,25	3 ⁰ 45'-4 ⁰ 20'	2,0	2 ⁰ 00'-2 ⁰ 30'	7,0	1 ⁰ 00'-1 ⁰ 30'
0,5	3 ⁰ 10'-3 ⁰ 40'	2,5	1 ⁰ 40'-2 ⁰ 20'	10,0	0 ⁰ 55'-1 ⁰ 20'
1,0	2 ⁰ 30'-3 ⁰ 10'	3,0	1 ⁰ 30'-2 ⁰ 00'	15,0	0 ⁰ 48'-1 ⁰ 10'

Таблица В2 – Модули m и коэффициенты диаметров червяков

$m, мм$	1,6				2,0	2,5	3,15	4,0	5,0	6,3	8	10	12,5
q	10	12,5	16	20	8	10	12,5	16	20	8,1	12,5	14	16

Таблица В3 – Межцентровое расстояние

$A, мм$	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
---------	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Таблица В4 – Геометрические параметры червяка

Параметр	Обозначение	Формула	Значение	Примечание
Число витков червяка	n			замеряется
Длина винтовой части	L			замеряется
Осевой шаг	t			замеряется
Осевой модуль	m			
Число заходов	z_1			дано
Диаметр делительной окружности	d_1			
Диаметр окружности вершин	D_{a1}			замеряется
Диаметр окружности впадин	D_{f1}			замеряется
Относительный диаметр червяка	q			
Угол подъема винтовой линии	λ			
Угол трения	ρ			
Материал червяка				

Таблица В5–Геометрические параметры червячного колеса

Параметр	Обозначение	Формула	Численная величина	Примечание
Число зубьев колеса	z_2			замеряется
Диаметр делительной окружности	d_2			
Наружный диаметр колеса	D_{H2}			
Средний диаметр окружности выступов	D_{a2}			
Диаметр окружности впадин	D_{f2}			
Ширина колеса	B			
Угол обхвата	γ			
Материал колеса				

Таблица В6–Параметры червячного зацепления

Параметр	Обозначение	Формула	Численная величина	Примечание
Межцентровое расстояние	A			Измеренное и рассчитанное
Передаточное отношение передачи	i			
Скорость скольжения витков червяка	$v_{ск}$			Число оборотов червяка задает преподаватель
Угол подъема винтовой линии	λ			
КПД.	η			