

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет
Кафедра теоретической и прикладной механики

ПЕРЕДАЧИ И ПОДШИПНИКИ

*Методические указания к лабораторным работам по курсам
«Детали машин», «Детали машин и основы конструирования»,
«Прикладная механика»*

Составители:
Е.А. НОВОСЕЛОВ
О.В. ФЕДОТОВ

Владимир 2009

УДК 531.3
ББК 34.445
П27

Рецензент
Доктор технических наук, профессор
Владимирского государственного университета
Л.М. Самсонов

Печатается по решению редакционного совета
Владимирского государственного университета

Передачи и подшипники : метод. указания к лабораторным
П27 работам по курсам «Детали машин», «Детали машин и основы кон-
струирования», «Прикладная механика» / Владим. гос. ун-т ; сост.:
Е.А. Новоселов, О.В. Федотов. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-
та, 2009. – 28 с.

Содержат описание работ, необходимые расчетные зависимости и контрольные вопросы. Рассмотрены цилиндрические передачи, червячные передачи и подшипники качения.

Предназначены для студентов третьего курса очной и заочной форм обучения специальностей 140500 – энергомашиностроение; 140501 – двигатели внутреннего сгорания; 150104 – литейное производство черных и цветных металлов; 150204 – машины и технология литейного производства; 150206 – машины и технология высокоэффективных процессов обработки материалов; 150900 – технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств; 151001 – технология машиностроения; 190601 – автомобили и автомобильное хозяйство; 190603 – сервис транспортных и технологических машин и оборудования; 200401 – биотехнические и медицинские аппараты и системы; 200402 – инженерное дело в медико-биологической практике; 220401 – мехатроника при подготовке к лабораторным работам, их выполнении, а также при оформлении отчетов и подготовке к защите этих работ.

Табл. 10. Ил. 4. Библиогр.: 4 назв.

УДК 531.3
ББК 34.445

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данная работа содержит методические указания для выполнения лабораторных работ студентами очной и заочной форм обучения по курсам «Детали машин», «Детали машин и основы конструирования», «Прикладная механика».

Её цель – познакомить студентов с конструкцией, основными характеристиками и методикой расчета наиболее часто встречающихся узлов машин, а также типовой последовательностью проведения экспериментальных исследований. В методических указаниях рассмотрены основные лабораторные работы. Объем выполняемых лабораторных работ зависит от объема часов, выделяемых в государственном образовательном стандарте на изучение дисциплины и, в частности, на выполнение лабораторных работ.

Очень коротко и ясно представлена теория, которую можно использовать и при подготовке к экзамену.

В конце каждой лабораторной работы даны контрольные вопросы.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Цели данной работы:

- обеспечить студентов обновленными методическими указаниями для выполнения лабораторных работ по курсам «Детали машин», «Детали машин и основы конструирования», «Прикладная механика»;

- познакомить студентов с конструкцией, основными характеристиками и методикой расчета наиболее часто встречающихся узлов машин, а также типовой последовательностью проведения экспериментальных исследований.

При выполнении рассмотренных лабораторных работ студент знакомится с действующими моделями узлов машин, изучает физическую сущность их работы и конструкцию, приобретает навыки проведения экспериментальных исследований и определения основных характеристик узлов машин, обрабатывает результаты с использованием существующих методов.

Лабораторные работы выполняются на типовом учебно-лабораторном оборудовании. Подготовка к их выполнению состоит из двух этапов:

1. Проработка теоретического материала по конспекту лекций, учебнику и методическим указаниям.

2. Подготовка формы протокола для записи экспериментальных данных, расчетов и результатов работы.

После выполнения работы и составления отчета по ней студент сдает зачет.

При чтении методических указаний и выполнении требуемых расчетов необходимо особое внимание обратить на единицы измерения всех встречающихся величин, учитывая, что расчеты имеют смысл, если они выполнены в одних единицах измерения.

Основной документ, определяющий содержание курса и, следовательно, объем лабораторных работ, – рабочая программа курса.

Оформление отчетов по лабораторным работам

Отчет включает в себя изложение цели работы, описание применяемых приборов и схемы установки (краткое, если имеется), основные расчетные зависимости, а также требуемые таблицы и графики экспериментальной части. Содержание экспериментальной части лабораторных работ может быть изменено и уточнено преподавателем.

Отчет по лабораторной работе оформляется на одной стороне листа бумаги стандартного размера А4 (297х210), включая титульный лист. По каждой выполняемой лабораторной работе должен быть отдельный отчет.

Все листы каждого из отчетов должны иметь рамки: слева – 20 мм, сверху, справа и снизу – 5 мм. Образец оформления титульного листа приведен на с. 5. Надписи на титульном листе оформляют чертежным шрифтом или на компьютере. На титульном листе преподавателем проставляется отметка о защите.

Следующий за титульным листом лист отчета должен иметь основную надпись по форме 2 (высота 40 мм), остальные листы отчета должны иметь основную надпись по форме 4 (высота 15 мм) со сквозной нумерацией страниц отчета. Все листы отчета скрепляются.

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет
Кафедра теоретической и прикладной механики

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № _____
по курсу «Детали машин»

ТЕМА РАБОТЫ: « _____ »

Выполнил (а): ст-нт (ка) гр. _____

Факультет _____

Принял: _____

Владимир 20____

Образец оформления титульного листа отчета

Оформление каждого из отчетов должно соответствовать ГОСТ 2.105-95 «Единая система конструкторской документации. Основные требования к текстовым документам».

Арифметические вычисления ведутся с точностью, рекомендованной на занятиях (консультациях), – достаточной, но не излишней (как правило, не выше трех значащих цифр).

Лабораторная работа № 1
РАЗБОРКА И СБОРКА ДВУХСТУПЕНЧАТОГО
ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА ТИПА РЦ

Цель работы: изучение конструкции редуктора и приобретение навыков необходимых замеров, усвоение понятий – передаточное число, межосевое расстояние, модуль зацепления и т.п.

Оборудование и инструменты: 1. Редуктор двухступенчатый цилиндрический типа РЦ. 2. Штангенциркуль до 500 мм. 3. Масштабная линейка до 500 мм. 4. Зубомер, угломер или транспортир. 5. Кронциркуль до 300 мм. 6. Набор слесарного инструмента: ключи гаечные простые и разводные, молоток, отвертка.

Теоретическая часть

Редуктор – механизм, служащий для уменьшения частоты вращения и увеличения вращающего момента при передаче движения от двигателя к рабочему органу машины.

Классификация редукторов

Редукторы классифицируют по **типам, типоразмерам и исполнениям.**

Тип редуктора определяется составом передач, порядком их размещения в направлении от быстроходного вала к тихоходному и положением осей зубчатых колес в пространстве. Для обозначения передач используют большие буквы русского алфавита: Ц – цилиндрическая, П – планетарная, К – коническая, Ч – червячная, Г – глобоидная, В – волновая. Если одинаковых передач две или более, то после буквы ставится соответствующая цифра. Если все валы расположены в одной вертикальной плоскости, к обозначению типа добавляется индекс В. Если ось тихоходного вала вертикальна, то добавляется индекс Т, если ось быстроходного вала верти-

кальна – индекс Б*. Например, КЦ2_{ВБ} – трехступенчатый коническо-цилиндрический редуктор с одной конической и двумя цилиндрическими ступенями (передачами), все валы которого расположены в вертикальной плоскости, причем ось быстроходного вала вертикальна, оси остальных валов горизонтальны.

Обозначение **типоразмера** редуктора складывается из его типа и главного параметра его тихоходной ступени. Для передач цилиндрической, червячной и глобоидной главным параметром является межосевое расстояние; планетарной – радиус водила, конической – диаметр основания делительного конуса колеса, волновой – внутренний посадочный диаметр гибкого колеса в недеформируемом состоянии, совпадающий с наружным посадочным диаметром гибкого подшипника, если он применяется.

Под **исполнениями** понимают передаточное отношение, вариант сборки и формы концов валов. Если исполнение единственное, т.е. редуктор специальный, то оно в обозначение сборки не вводится.

Типоразмер редуктора с межосевым расстоянием тихоходной ступени 200 мм и передаточным отношением $i = 63$ будет обозначаться КЦ2_{ВБ}-200-63.

Конструкция исследуемого редуктора

Исследуемый редуктор является двухступенчатым цилиндрическим, все валы которого расположены в горизонтальной плоскости: тип Ц2. Он имеет три вала: быстроходный, промежуточный и тихоходный. Быстроходный вал – вал, на который передается крутящий момент от электродвигателя. Тихоходный вал – вал, с которого крутящий момент передается на рабочую машину.

Из двух зубчатых колес, образующих передачу, шестерней называется наименьшее из них по диаметру. В обозначении параметров, характеризующих шестерню, ставится индекс 1, а характеризующих колесо – индекс 2.

Основные характеристики эвольвентного зацепления

1. **Начальные окружности** – окружности, проходящие через полюс зацепления и перекатывающиеся одна по другой без скольжения в относительном движении. В обозначении параметров, характеризующих эти ок-

* В названии редуктора указывается количество ступеней, потоков и вид передач в направлении от быстроходного вала к тихоходному. Количество ступеней редуктора равно количеству переходов (передач) по изменению передаточного отношения. Количество потоков равно количеству пар зубчатых колес в одной ступени.

ружности, используется индекс w . Начальная окружность не принадлежит отдельно взятому зубчатому элементу.

2. **Делительная окружность** – окружность, на которой шаг и угол зацепления равны соответственно шагу и углу профиля стандартной инструментальной рейки. В обозначении параметров, характеризующих эти окружности, индексы отсутствуют. Делительная окружность принадлежит отдельно взятому зубчатому элементу.

Для передач без смещения ($x = 0$) делительная окружность совпадает с начальной.

3. **Основная окружность** – окружность качения, по которой образующая прямая образует профили зубьев, иначе – окружность, от которой строится эвольвента. В обозначении параметров, характеризующих эти окружности, используется индекс b .

4. **Окружность вершин зубьев** – окружность, ограничивающая вершины головок зубьев. В обозначении параметров, характеризующих эти окружности, используется индекс a .

5. **Окружность впадин зубьев** – окружность, ограничивающая глубину впадин зубьев со стороны тела колеса. В обозначении параметров, характеризующих эти окружности, используется индекс f .

6. **Шаг зацепления (t)** – величина дуги по делительной окружности между одноименными профилями (т.е. обращенными в одну сторону) двух смежных зубьев колеса.

7. **Модуль зуба (m)** – часть делительной окружности, приходящаяся на один зуб. Модуль равен шагу, деленному на π ,

$$m = \frac{t}{\pi}, \text{ или } m = \frac{d}{z}.$$

8. **Угол наклона зубьев (β)** – угол между касательной к зубу на делительной окружности и осью колеса или шестерни.

Формулы для расчета основных геометрических характеристик зубчатой эвольвентной цилиндрической передачи без смещения ($x = 0$) представлены в табл. 1.1.

9. **Передаточное отношение и передаточное число** – основная кинематическая характеристика

$$i = u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1},$$

где ω, n, z, d – угловая скорость, число оборотов, число зубьев, диаметр делительной окружности соответственно.

Таблица 1.1

Параметр		Шестерня	Колесо
Диаметр	делительный	$d_1 = m \cdot z_1 / \cos \beta$	$d_2 = m \cdot z_2 / \cos \beta$
	вершин зубьев	$d_{a1} = d_{w1} + 2 \cdot m$ $d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m$	$d_{a2} = d_{w2} + 2 \cdot m$ $d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m$
	впадин зубьев	$d_{f1} = d_{w1} - 2,4 \cdot m$ $d_{f1} = d_1 - 2,4 \cdot m$	$d_{f2} = d_{w2} - 2,4 \cdot m$ $d_{f2} = d_2 - 2,4 \cdot m$
Ширина венца		$b_1 = b_2 + (2...4)\text{мм}$	$b_2 = \psi_a \cdot a_w$
Межосевое расстояние		$a_w = 0,5(d_1 + d_2)$	
Модуль зацепления		$m_n = \frac{2a_w \cdot \cos \beta}{z_1 + z_2}$	

В таблице обозначены a_w, β, z_1, z_2 – межосевое расстояние, угол наклона зубьев, число зубьев шестерни и число зубьев колеса соответственно.

Порядок выполнения работы

1. Отвинчиваем гайки болтов, соединяющих крышку с корпусом редуктора, и снимаем крышку. Изучаем устройство корпусных деталей. Определяем элементы корпуса: стенки, фланцы, отверстия для расположения болтов, элементы, обеспечивающие смазку.

2. Замеряем боковой зазор между зубьями. Для этого вставляем между зубьями колес тонкую свинцовую пластину и проворачиваем колеса, затем замеряем минимальную толщину деформированной пластины и сравниваем с нормами бокового зазора по ГОСТ 1643-72 (табл. 1.2). Определяем процент отклонения.

3. Вынимаем из корпуса редуктора быстроходный, промежуточный и тихоходный валы в сборе с подшипниковыми узлами. Изучаем устройство валов и их элементов. Знакомимся с подшипниками: типы, назначение, устройство. Изучаем устройство зубчатых колес: элементы колеса, соединение с валом.

Таблица 1.2

Условное обозначение гарантированного бокового зазора	Вид сопряжения при $m_n \geq 1$	Межосевое расстояние, мм			
		св. 50 до 80	св. 80 до 125	св. 125 до 180	св. 180 до 250
$\gamma_{n_{\min}}$	<i>E</i>	30	35	40	46
	<i>D</i>	46	54	63	72
	<i>G</i>	74	87	100	115
	<i>B</i>	120	140	160	185
	<i>A</i>	130	220	250	290

4. Определяем характеристику зацепления. Для этого:

- измеряем диаметры и ширину зубчатых колес, подсчитываем числа зубьев, определяем направление (правое, левое) зубьев, измеряем межосевое расстояние каждой ступени a_w^B и a_w^T ;

- определяем передаточное число быстроходной U_B и тихоходной ступеней U_T , действительное передаточное число редуктора U_P , процент отклонения U_P от его паспортного значения из ГОСТ 2185-66 (СТ СЭВ 229-75) (табл. 1.3);

Таблица 1.3

1-й ряд	8,0	10,0	12,5	16,0	20,0	25	31,5
2-й ряд	9,0	11,2	14,0	18,0	22,4	28	

- определяем коэффициенты ширины зубьев зубчатых колес быстроходной и тихоходной ступеней по формулам

$$\psi_B = \frac{b_2^B}{a_w^B},$$

$$\psi_T = \frac{b_2^T}{a_w^T};$$

- определяем процент отклонения действительных значений ψ от значений, предусмотренных ГОСТ 2185-66 (СТ СЭВ 229-75).

Выписка из ГОСТ 2185-66:

$\Psi_{\text{ГОСТ}} = 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0.$

$$\Delta\Psi = \frac{\Psi_{\text{ГОСТ}} - \Psi_{\text{РАСЧ}}}{\Psi_{\text{ГОСТ}}} \cdot 100\%;$$

- определяем $\cos\beta^{\text{Б}}$ и $\sin\beta^{\text{Т}}$, для чего зубчатые колеса прокатываем по листу бумаги и транспортиром измеряем углы наклона зубьев на отпечатке;

- определяем модули зацеплений быстроходной и тихоходной ступеней, мм,

$$m^{\text{Б}} = \frac{2a_w^{\text{Б}} \cos\beta^{\text{Б}}}{Z_1^{\text{Б}} + Z_2^{\text{Б}}},$$

$$m^{\text{Т}} = \frac{2a_w^{\text{Т}} \cos\beta^{\text{Т}}}{Z_1^{\text{Т}} + Z_2^{\text{Т}}};$$

- округляем полученные значения модуля до ближайших значений по ГОСТ 9563-60 (табл. 1.4);

Таблица 1.4

1-й ряд	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	6,0	8,0	10,0
2-й ряд	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,75	4,5	7,0	9,0	-

- уточняем значения углов наклона зубьев

$$\cos\beta^{\text{Б}} = \frac{(Z_1^{\text{Б}} + Z_2^{\text{Б}}) \cdot m^{\text{Б}}}{2a_w^{\text{Б}}},$$

$$\cos\beta^{\text{Т}} = \frac{(Z_1^{\text{Т}} + Z_2^{\text{Т}}) \cdot m^{\text{Т}}}{2a_w^{\text{Т}}}$$

(угол β определяется с точностью до минут);

- подсчитываем диаметры окружности выступов и сравниваем их с измеренными значениями

$$d_{a1}^{\text{Б}} = m^{\text{Б}} \left(\frac{Z_1^{\text{Б}}}{\cos\beta^{\text{Б}}} + 2 \right),$$

$$d_{a2}^{\text{Б}} = m^{\text{Б}} \left(\frac{Z_2^{\text{Б}}}{\cos\beta^{\text{Б}}} + 2 \right),$$

$$d_{a1}^T = m^T \left(\frac{Z_1^T}{\cos \beta^T} + 2 \right),$$

$$d_{a2}^T = m^T \left(\frac{Z_2^T}{\cos \beta^T} + 2 \right).$$

5. Результаты замеров и вычислений заносим в отчет по лабораторной работе.

Содержание отчета о выполнении работы

1. Начертить кинематическую схему редуктора, указав входной, промежуточный и выходной валы, а также количество зубьев на всех шестернях и колесах.

2. Заполнить табл. 1.5 с измеренными параметрами редуктора.

3. Сделать выводы.

Таблица 1.5

Параметр редуктора	Обозначение	Ступень	
		быстроходная	тихоходная
Тип передачи (прямозубая, косозубая)			
Межосевое расстояние, мм	a_w		
Число зубьев шестерни	$Z_1^B \quad Z_1^T$		
Число зубьев колеса	$Z_2^B \quad Z_2^T$		
Ширина колес, мм	b		
Коэффициент сдвига	x		
Угол наклона зубьев, град.	β		
Направление зубьев			
Модуль зацепления, мм	m		
Передаточное число	U		
Коэффициент ширины колес	ψ		
Величина бокового зазора	c_n		
Диаметры окружностей выступов зубьев, мм	d_{a2}^B, d_{a2}^T		
Делительные диаметры, мм	d_2^B, d_2^T		

Контрольные вопросы

1. Определение понятия «редуктор». Основное назначение редуктора.
2. Чем определяется тип и типоразмер редуктора?
3. Основной геометрический параметр цилиндрической передачи. Дайте определение этому параметру.
4. Классификация редукторов по типу передачи, зубчатых колес и кинематических схем.
5. Достоинства и недостатки зубчатых передач.
6. Перечислите валы, входящие в состав двухступенчатого цилиндрического редуктора, и определите их функциональное назначение.
7. Классификация зубчатых передач в зависимости от взаимного расположения осей валов и от расположения зубьев на ободке колес.
8. Классификация зубчатых передач в зависимости от формы профиля зубьев, от взаимного расположения колес и от конструктивного исполнения.
9. Перечислите основные характеристики передач.
10. Окружности эвольвентного зацепления.
11. Основные характеристики эвольвентного зацепления.
12. Основные параметры редуктора.
13. Назовите и укажите элементы корпуса редуктора.
14. Изобразите на эскизе зубчатое колесо. Укажите элементы колеса.
15. Назначение подшипников. Виды подшипников.

Лабораторная работа № 2

УСТРОЙСТВО И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА

Цель работы: изучение конструкции редуктора и приобретение навыков необходимых замеров, усвоение понятий – передаточное число, межосевое расстояние, модуль зацепления, число заходов червяка и других, характерных для червячных передач.

Оборудование и инструменты: 1. Редуктор червячный. 2. Штангенциркуль. 3. Масштабная линейка до 500 мм. 4. Зубомер. 5. Набор слесарного инструмента: ключи гаечные простые и разводные, молоток, отвертка.

Теоретическая часть

Червячная передача – это механизм для передачи вращения зацеплением между скрещивающимися валами (рис. 2.1).

Устройство червячной передачи: червяк 1 – это винт с трапецеидальной или близкой к ней по форме резьбой; червячное колесо 2 – зубчатое колесо с зубьями пространственной формы, охватывающими червяк. Такая форма зубьев увеличивает площадь контакта, плавность работы, прочностные и нагрузочные характеристики передачи.

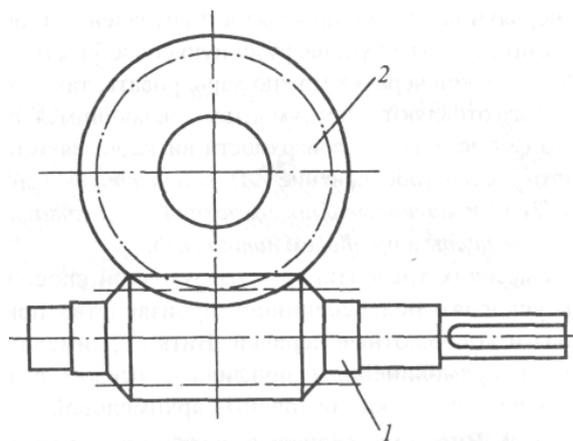


Рис. 2.1. Схема червячного зацепления

При вращении червяка его витки плавно входят в зацепление с зубьями колеса и приводят его во вращение. Червячные передачи используют в станках, автомобилях, подъемно-транспортных и других машинах и приборах.

Достоинства червячных передач: постоянство передаточного числа; компактность за счет большого передаточного числа в одной ступени;

плавность и малозумность работы; повышенная кинематическая точность за счет многопарности зацепления.

Недостатки червячных передач: низкий КПД; высокая цена антифрикционного материала зубчатого венца колеса; повышенные требования к точности сборки, необходимость регулировки; необходимость специальных мер по интенсификации теплоотвода.

Для червяка характерны относительно малый диаметр и значительное расстояние между опорами. Жесткость и прочность червяка обеспечиваются применением конструкционной термообрабатываемой стали. Поскольку при приработке червяк служит в качестве формообразующего элемента, прочность и твердость его поверхности должны быть выше соответствующих свойств колеса.

При больших размерах силовых передач червячное колесо выполняют составным. Для повышения технических характеристик (КПД, износостойкость и др.) зубчатый венец колеса изготавливают из антифрикционного материала достаточно прочного и хорошо сопротивляющегося износу – чаще всего из бронзы. Для снижения стоимости ступицу колеса изготавливают из чугуна.

Геометрические параметры червяка и червячного колеса представлены на рис. 2.2.

Параметры, не представленные на рисунке: z_1 – число заходов червяка; z_2 – число зубьев колеса; $p = t \times z_1$ – ход червяка – перемещение вдоль оси по резьбе за один оборот червяка.

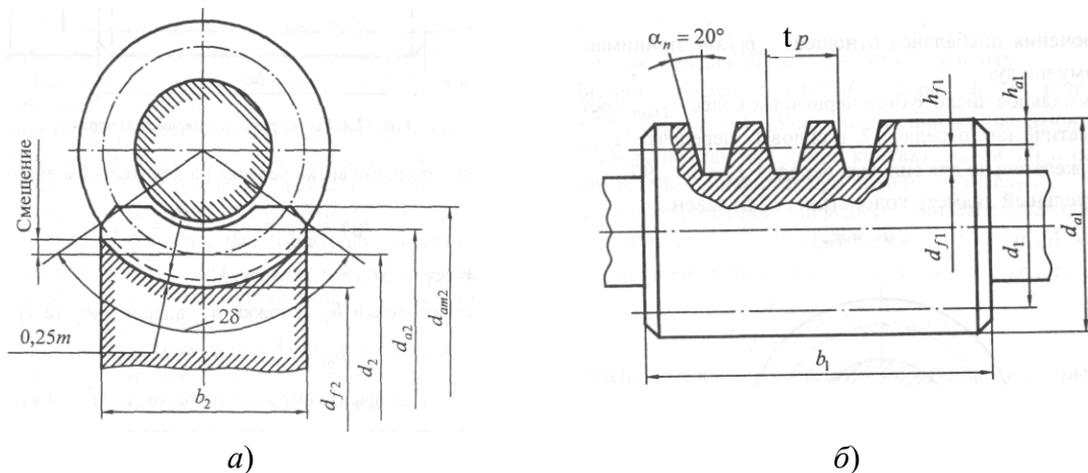


Рис. 2.2. Геометрические параметры червячного колеса (а) и червяка (б):

2δ – угол охвата колесом червяка; d_{f2} – диаметр окружности впадин зубьев; d_2 – делительный диаметр; d_{a2} – диаметр окружности выступов зубьев; d_{am2} – наружный диаметр; b_2 – ширина зубчатого венца; d_{f1} – диаметр окружности впадин; d_1 – делительный диаметр; d_{a1} – диаметр окружности выступов; t – осевой шаг червяка; b_1 – длина нарезанной части; h_{a1} – высота головки резьбы; h_{f1} – высота ножки резьбы

Порядок выполнения работы

1. Отвинчивают болты крепления подшипниковых крышек червяка, снимают крышки, прокладки. Вынимают червяк совместно с подшипниковыми узлами. Если червяк вынимается туго, то его следует вынуть с помощью легких постукиваний по торцу вала червяка.
2. Отвинчивают болты крепления подшипниковых крышек червячного колеса. Вынимают крышки, прокладки, колесо.
3. Изучают подшипники вала червячного колеса и вала червяка (размеры, тип, способы регулировки и креплений). Осматривают корпус и крышку редуктора, уясняют тип смазки и методы ее контроля.
4. Замеряют элементы червяка и червячного колеса. Результаты замеров заносят в отчет и сравнивают их с расчетными значениями.
5. Собирают редуктор в порядке, обратном разборке. Если червяк находится снизу в корпусе, то следует сначала вставить червяк совместно с подшипниковыми узлами на свое место, а потом поставить вал с червячным колесом.
6. По результатам замера и геометрических расчетов составляют характеристику зацепления.

При расчетах использовать данные из табл. 2.1.

Таблица 2.1.

Z_1	Углы подъема резьбы червяка на делительном цилиндре λ					
	$q^* = 13$	$q = 12$	$q = 11$	$q = 10$	$q = 9$	$q = 8$
1	4°23'55''	4°45'49''	5°11'40''	5°42'38''	6°20'25''	7°07'30''
2	8° 44' 45''	9° 27' 44''	10°18'17''	11°18'17''	12°31'44''	14°02'10''
3	12° 59'41''	14°02'10''	15°15'18''	16°41'56''	18°26'06''	20°33'22''
4	17°06'10''	18°26'06''	19°58'59''	21°48'05''	23°57'48''	26°33'54''

* q – коэффициент диаметра червяка.

Содержание отчета о выполнении работы

1. Начертить кинематическую схему редуктора, указав вал червяка, вал червячного колеса.
2. Заполнить табл. 2.2 с расчетными и измеренными параметрами редуктора.
3. Сделать выводы по работе.

Таблица 2.2

Параметр редуктора	Обозна- чение	Расчетная зависимость	Результаты	
			расчета	замера
1. Число заходов червяка	Z_1		–	
2. Число зубьев червячного колеса	Z_2		–	
3. Передаточное число	U	$U = \frac{Z_2}{Z_1}$		–
4. Шаг осевой червяка, мм	t	$t = \pi \cdot m_s$		
5. Модуль осевой, мм	m_s	$m_s = \frac{t}{\pi}$		–
6. Диаметр выступов червяка, мм	d_{a1}	$d_{a1} = d_1 + 2m_s =$ $= m_s(q + 2)$		
7. Делительный диаметр червяка, мм	d_1	$d_1 = d_{a1} - 2m_s$		–
8. Коэффициент диаметра червяка	q	$q = \frac{d_1}{m_s}$		–
9. Диаметр впадин червяка, мм	d_{f1}	$d_{f1} = d_1 - 2,4m_s =$ $= m_s(q - 2,4)$		–
10. Длина нарезной части червяка, мм	b_1	$b_1 \geq (11 + 0,06Z_2)m_s$ при $Z_1=1$ или 2		
11. Угол подъема витка червяка на делительном цилиндре, град.	λ_d	$\operatorname{tg} \lambda_d = \frac{Z_1}{q}$		
12. Делительный диаметр колеса, мм	d_2	$d_2 = m_s Z_2$		–
13. Диаметр выступов колеса, мм	d_{a2}	$d_{a2} = d_2 + 2m_s =$ $= m_s(Z_2 + 2)$		
14. Диаметр впадин колеса, мм	d_{f2}	$d_{f2} = d_2 - 2,4m_s =$ $= m_s(Z_2 - 2,4)$		–
15. Межосевое расстояние, мм	a_w	$a_w = 0,5m_s(q + Z_2)$		
16. Ширина венца колеса, мм	b_2	$b_2 \leq 0,85d_{a1}$		
17. Наружный диаметр червячного колеса, мм	d_{am2}	$d_{am2} \leq d_{a2} + \frac{6m_s}{Z_1 + 2}$		
18. Угол обхвата червяка венцом колеса, град.	2δ	$\sin \delta = \frac{b_2}{d_{a1} - 0,5m_s}$		–

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой червячная передача?
2. Какие детали входят в состав червячной передачи?
3. Преимущества и недостатки червячных передач по сравнению с цилиндрическими передачами. Чем они вызваны?
4. Какие конструкции червячных редукторов вы знаете по расположению червяка?
5. В какой последовательности производится разборка и сборка червячного редуктора в зависимости от расположения червяка?
6. Какие подшипники, как правило, устанавливаются в червячном редукторе? Почему?
7. Что представляет из себя червяк?
8. Какие виды червяков вы знаете? В чем состоит их различие?
9. Какие материалы используют в конструкции червяка и червячного колеса? Почему венец червячного колеса обычно изготавливают из другого материала?
10. Назовите основные параметры червяка.
11. Назовите основные параметры червячного колеса.
12. Как определяется межосевое расстояние червячного редуктора?
13. Как определить угол подъема витков червяка?
14. В чем состоит отличие между наружным диаметром и диаметром выступов зубьев червячного колеса?
15. Как осуществляется смазка червячных редукторов?
16. Какие составляющие усилия в зацеплении учитывают в червячной передаче? В чем состоит особенность направления действия указанных сил?

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОМЕНТА ТРЕНИЯ В ПОДШИПНИКАХ КАЧЕНИЯ

Цель работы: Определение зависимости изменения момента трения в подшипниках качения от величины усилий и количества масла.

Оборудование и инструменты: 1. Лабораторный стенд с блоком подшипников и нагрузочным устройством. 2. Индикаторная головка часового типа с ценой деления 0,01 мм. 3. Специальный ключ. 4. Мерный сосуд с маслом.

Теоретическая часть

Подшипники предназначены для уменьшения трения между подвижной и неподвижной деталями. Подшипники качения чаще всего служат опорами вращающихся деталей, заменяющими трение скольжения на трение качения. Подшипник качения состоит из следующих деталей: наружного и внутреннего колец с дорожками качения; тел качения (шариков или роликов), катящихся по дорожкам качения; сепараторов, разделяющих и направляющих тела качения.

В лабораторной работе требуется определить:

- потери на трение в подшипнике качения;
- условный, приведенный к валу коэффициент трения;
- зависимость этих величин от нагрузки и уровня масла в подшипнике.

Расчетные зависимости

Сопротивление в подшипниках качения обуславливается главным образом трением качения между кольцами и телами качения и трением последних о сепаратор. Основное преимущество подшипников качения – низкий коэффициент трения в периоды пуска и остановки машины.

В инженерной практике суммарный момент трения в подшипниках, учитывающий трение шариков о сепаратор и вязкое трение в смазке, определяют по формуле (3.1)

$$M_{\text{тр}} = R \cdot f_{\text{пр}} \cdot \frac{d}{2}, \quad (3.1)$$

где $R = \frac{Q}{2}$ – радиальная нагрузка на подшипник;

Q – нагрузка в блоке подшипников, воспринимаемая опорной частью и определяемая по индикатору нагрузочного устройства (рис. 3.1);

d – внутренний диаметр подшипника;

$f_{\text{пр}}$ – приведенный коэффициент трения.

Коэффициент трения в подшипнике сам зависит от нагрузки, количества смазки, размеров подшипника и других факторов. Поэтому, определив экспериментально величину момента трения в подшипнике, из выражения (3.1) найдем

$$f_{\text{пр}} = \frac{2 \cdot M_{\text{тр.э.}}}{Rd} = 1,2 \frac{2f_k}{d} \cdot \frac{d+D}{2d_{\text{ш}}}, \quad (3.2)$$

где f_k – коэффициент трения качения в подшипнике;

D – внешний диаметр подшипника;

$d_{\text{ш}}$ – диаметр тел качения в подшипнике;

$M_{\text{тр.э.}}$ – экспериментальный момент трения.

В формулу (3.2) подставляется среднее значение экспериментальных моментов трения, полученных в результате прямого и обратного хода при проведении эксперимента.

Коэффициент трения качения выражается из формулы (3.2)

$$f_k = \frac{f_{\text{пр}} \cdot d \cdot d_{\text{ш}}}{1,2(D+d)}.$$

Получив уточненное значение коэффициента трения в подшипнике, расчетное значение момента сопротивления для однорядных шариковых и роликовых подшипников рекомендуется вычислять по зависимости

$$M_{\text{тр.р.}} = 1,3 \cdot f_k \cdot R \frac{d+D}{2d_{\text{ш}}} \cdot 10^{-3}. \quad (3.3)$$

Значения параметров d , D и $d_{\text{ш}}$ берутся из табл. 3.1 в зависимости от типоразмера исследуемого подшипника качения, который указан на лабораторном стенде.

Таблица 3.1

Параметр	Название и тип подшипника			
	ДМ28 сб. 1	ДМ28 сб. 2	ДМ28 сб. 3	ДМ28 сб. 4
	Шариковый радиальный однорядный №308	Роликовый конический №7208	Шариковый радиальный	
однорядный №208			сферический №1208	
Внутренний диаметр d , мм	40	40	40	40
Наружный диаметр D , мм	90	80	80	80
Диаметр шариков $d_{ш}$, мм	15,08	-	12,7	8,73

Описание лабораторного стенда

Экспериментальная часть работы выполняется на стенде, общий вид которого показан на рис. 3.1.

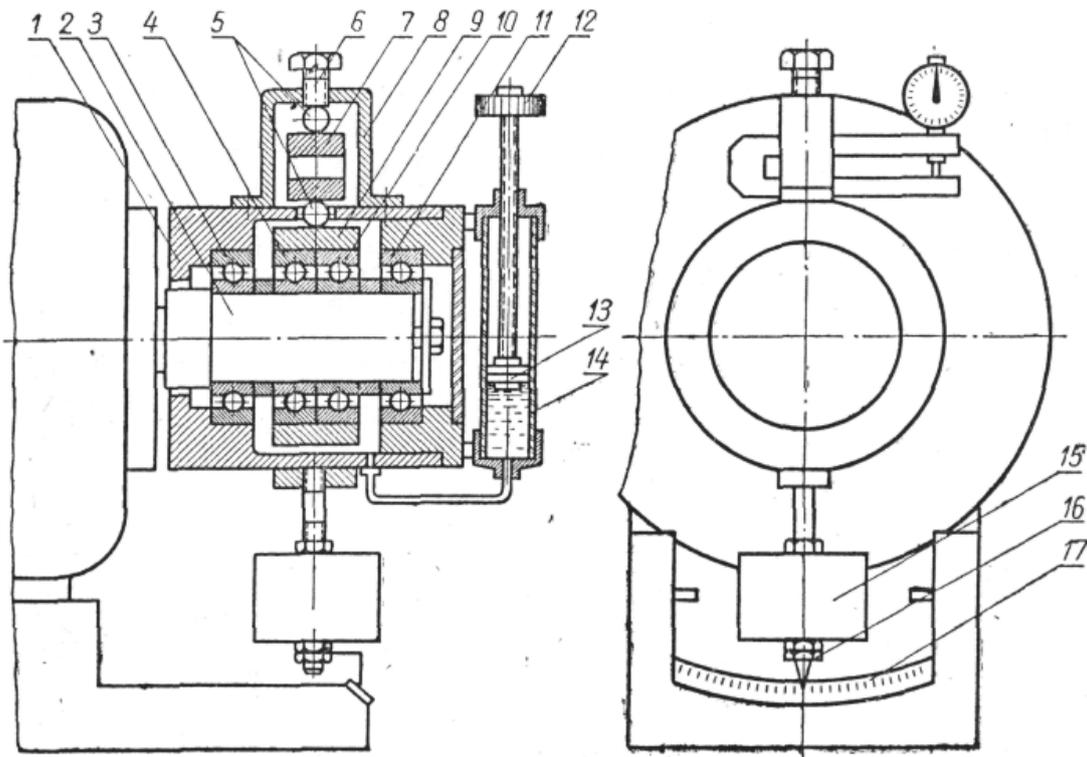


Рис. 3.1. Схема лабораторной установки

На втулке 2, укрепленной на валу электродвигателя, установлены четыре радиальных однорядных шариковых подшипника. Наружные кольца двух средних подшипников 4 и 10 расположены в общей оправе 9, а на-

ружные кольца двух крайних подшипников 3 и 11 в корпусе 1. Нагрузочное устройство состоит из скобы 8 и винта 6, установленных на наружной поверхности корпуса 1. При вращении винта 6 через мометрическую пружину 7 и шарики 5 средние подшипники 4 и 10 поджимаются к валу, а реактивное усилие одновременно нагружает два крайних подшипника. Очевидно, что усилие, действующее на один подшипник $R = \frac{Q}{2}$.

Возникающий в четырех подшипниках момент трения передается на корпус 1, который удерживается от вращения укрепленным внизу маятником (грузом) 15. В зависимости от изменения момента трения в подшипниках будет изменяться угол отклонения маятника, который указателем 16 отмечается на шкале 17, проградуированной в кг*см момента трения.

Устройство изменения объема масла в блоке подшипников состоит из поршня 13 и цилиндра 14, соединенного маслопроводом с корпусом 1. Резьбовой шток поршня ввинчивается в верхнюю крышку цилиндра. Передвижение поршня, осуществляемое вращением накатанной головки штока 12, изменяет уровень масла в блоке подшипников.

Для контроля величины прикладываемой к подшипнику качения нагрузки используется индикатор часового типа. В табл. 3.2 приведены тарифовочные данные нагрузочного устройства, т.е. показания индикатора в зависимости от прикладываемой нагрузки при прямом (увеличение нагрузки) и обратном (уменьшение нагрузки) ходе. Прямой ход последовательно сменяется обратным ходом по достижении максимального значения прикладываемой нагрузки, которое задается преподавателем.

Таблица 3.2

Усилие, кг	Показания индикатора, мм	
	Прямой ход	Обратный ход
0	0,00	0,00
250	0,37	0,37
500	0,71	0,73
750	1,07	1,12
1000	1,44	1,47
1250	1,73	-

Примечание. Стенд с блоками подшипников, нагрузочным устройством и шкалой отсчета момента трения протарифованы в размерности: кгс; см; кг*см. Это необходимо учитывать при выполнении работы.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством и принципом работы установки.
2. Включить установку и дать возможность до снятия отсчета проработать $1 \div 2$ мин для разогрева подшипника без масла.

Внимание! Последовательная смена нагрузок проводится **при выключенном электродвигателе** приложением соответствующих усилий к винту 6 с помощью специального ключа.

3. Не заливая масла в головку, завинчиванием винта 6 дают последовательно ряд нагрузок $Q = 0, 250, 500, 750, 1000$ кг, контролируя их величину по индикатору. Показания индикатора $\Delta = f(Q)$, соответствующие нагрузке, определяются из табл. 3.2. До нагружения показания индикатора устанавливают в нулевое положение.

4. Когда приложена соответствующая нагрузка, включают установку и по шкале 17 определяют в каждом случае величину экспериментального момента трения в подшипнике, которую заносят в табл. 3.3.

5. При достижении максимального значения прикладываемой нагрузки (прямой ход), отвинчиванием винта 6 снижают прикладываемую нагрузку в обратной последовательности (обратный ход). Полученную величину экспериментального момента трения, определенную по шкале 17, заносят в табл. 3.3.

6. Заливая в подшипник очередную порцию масла, последовательно повторяют действия пп. 3, 4 и 5. Показания объема масла V , см³ в табл. 3.3 даны ориентировочно. В корпусе блока и в подшипниках всегда остается масло, поэтому объем $V = 0$ считается условным. Оптимальным считается уровень масла до центра нижнего шарика (проверить соответствующую величину момента трения).

7. Окончательно заполнить таблицу результатов (табл. 3.3) и составить отчет о выполнении работы.

Содержание отчета о выполнении работы

1. Изобразить упрощенную схему установки и записать ее устройство.
2. Записать основные теоретические зависимости.
3. Начертить и заполнить табл. 3.3 результатов работы.
4. Построить графики изменения приведенного коэффициента трения в зависимости от нагрузки при различных уровнях масла.
5. Построить графики расчетного момента трения при различной нагрузке и уровне масла.
6. Сделать выводы по работе.

Таблица 3.3

$V, \text{см}^3$	$Q, \text{кг}$	$R, \text{кг}$	$\Delta, \text{мм}$		$M_{\text{тр.э.}}, \text{кг*см}$		$f_{\text{пр}}$	$M_{\text{тр.р.}}, \text{кг*см}$
			пр.	об.	пр.	об.		
0								
35								
70								
105								

Для наглядности и удобства анализа каждую группу графиков построить в одних координатных осях (рис. 3.2).

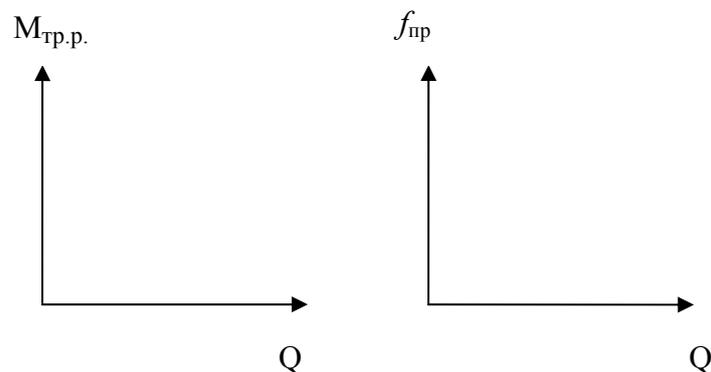


Рис. 3.2. Графики зависимостей, которые необходимо построить

Контрольные вопросы

1. Какие виды подшипников вы знаете? В чем их принципиальное отличие?
2. Из каких деталей состоят подшипники качения?
3. Какие подшипники качения применяются для компенсации осевых сил и для компенсации радиальных сил? Какие конструктивные особенности существуют в подшипниках для восприятия этих сил?
4. Что подразумевает деление подшипников на серии? Что общего у подшипников качения разных серий?
5. Из каких основных модулей состоит лабораторный стенд и какие функции они выполняют?
6. Назовите форму тел качения подшипников. Как она отражается на нагрузочной способности?
7. Для чего применяется смазка в подшипниках качения?
8. Каким образом осуществляется смазка в подшипниках качения?
9. Что представляет из себя нагрузочное устройство, входящее в состав лабораторного стенда? Как оно используется?
10. Из каких составляющих складывается трение в подшипниках качения?
11. Как определяется расчетный и экспериментальный моменты трения в подшипниках качения?
12. Перечислите основные параметры подшипников качения.
13. Критерии работоспособности подшипников качения.

14. Как определить нагрузку, прикладываемую к подшипнику (на стенде)?
15. Как вы думаете, почему различаются расчетные и экспериментальные значения момента трения?
16. Объясните физический смысл различия графиков зависимости момента трения от количества масла и прикладываемой нагрузки.
17. Какие виды трения вы знаете (в зависимости от количества смазки)?
18. Чем характеризуется режим сухого и полусухого трений?
19. Чем характеризуется режим жидкостного и полужидкостного трений?
20. Достоинства и недостатки подшипников качения.

Рекомендательный библиографический список*

1. *Андриенко, Л. А.* Детали машин : учеб. для вузов / Л. А. Андриенко [и др.]; под ред. О.А. Ряховского. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 544 с.

2. *Якушев, А. И.* Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения : учебник / А. И. Якушев, Л. Н. Воронцов, Н. М. Федотов. – М.: Машиностроение, 1986. – 350 с.

3. *Куклин, Н. Г.* Детали машин : учеб. для заочных техникумов / Н. Г. Куклин, Г. С. Куклина; при участии О.Н. Росковой. – М.: Высш. шк., 1979. – 311 с.

4. *Анурьев, В. И.* Справочник конструктора-машиностроителя / В. И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 1999.

*Для подготовки и выполнения лабораторных работ может быть использована любая дополнительная литература по деталям машин и основам конструирования.

Оглавление

Предисловие.....	3
Общие указания	3
Лабораторная работа № 1. РАЗБОРКА И СБОРКА ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА ТИПА РЦ.....	6
Лабораторная работа № 2. УСТРОЙСТВО И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА.....	14
Лабораторная работа № 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОМЕНТА ТРЕНИЯ В ПОДШИПНИКАХ КАЧЕНИЯ.....	19
Рекомендательный библиографический список	27

ПЕРЕДАЧИ И ПОДШИПНИКИ

Методические указания к лабораторным работам по курсам
«Детали машин», «Детали машин и основы конструирования»,
«Прикладная механика»

Составители:

НОВОСЕЛОВ Евгений Анатольевич

ФЕДОТОВ Олег Владимирович

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой профессор В.В. Козырев

Подписано в печать 27.01.09.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 1,63. Тираж 300 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета.

600000, Владимир, ул. Горького, 87