

Министерство образования и науки Российской Федерации

**Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»**

ДЕТАЛИ МАШИН

Лабораторные работы
для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки
151900, 151000, 280700, 241000, 110800, 190600
и специальности 151700



Тамбов
Издательство ТГТУ
2011

УДК 621.8
ББК К445.3я73-5
Д38

Рекомендовано Редакционно-издательским советом университета

Рецензент
Доктор технических наук, профессор ГОУ ВПО ТГТУ
В.Ф. Першин

Составители:
П.А. Галкин,
Н.Ф. Майникова,
В.М. Червяков,
А.О. Пилягина

Д38 Детали машин : лабораторные работы / сост. : П.А. Галкин, Н.Ф. Майникова, В.М. Червяков, А.О. Пилягина. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. – 32 с. – 200 экз.

Представлены лабораторные работы для изучения конструкций подшипников качения, подшипниковых узлов, предохранительных муфт, последовательность выполнения лабораторных работ, расчётные зависимости и контрольные вопросы.

Предназначены для студентов вузов, обучающихся по направлениям 151900, 151000, 280700, 241000, 110800, 190600 и специальности 151700.

УДК 621.8
ББК К445.3я73-5

© Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» (ГОУ ВПО ТГТУ), 2011

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Цель работы: Ознакомиться с классификацией, конструкцией и условными обозначениями, отличительными признаками подшипников качения (ПК). Определить возможные направления воспринимаемых нагрузок различными типами подшипников.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

ПК классифицируют по следующим основным признакам: направлению воспринимаемых нагрузок, форме тел качения, числу рядов тел качения и по основным конструктивным особенностям.

По направлению воспринимаемой нагрузки ПК разделяют на четыре группы:

радиальные подшипники – только для радиальной нагрузки (роlikоподшипники с цилиндрическими роликами, однорядные шарикоподшипники с канавкой для ввода шариков) или для радиальной и ограниченной осевой нагрузки (шарикоподшипники однорядные, шарико- и роликподшипники двухрядные сферические);

радиально-упорные подшипники – для восприятия комбинированных, т.е. радиальных и осевых нагрузок;

упорно-радиальные подшипники – для восприятия большой осевой и небольшой радиальной нагрузок;

упорные подшипники – для восприятия только осевых нагрузок.

По форме тел качения ПК делятся на роlikовые и шариковые.

Роlikовые подшипники выполняют: а) с короткими цилиндрическими роlikами; б) с коническими роlikами; в) с игольчатыми роlikами; г) со сферическими или сфероконическими роlikами.

По числу рядов тел качения подшипники подразделяются на одно-, двух-, четырёх- и многорядные.

К основным конструктивным особенностям подшипников качения относятся: наличие защитных шайб; конусное отверстие внутреннего кольца подшипника, сдвоенные подшипники и др.

2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

1. Шариковые радиальные однорядные подшипники (тип 0000) предназначены для восприятия радиальной нагрузки и ограниченной осевой в обе стороны, являются одними из наиболее распространённых и дешёвых подшипников. Характеризуются сравнительно малыми радиаль-

ной и особенно осевой жёсткостью, не рекомендуются для применения в узлах, требующих точной фиксации валов.

2. Шариковые радиальные двухрядные сферические подшипники (тип 1000) предназначены для восприятия радиальной нагрузки, но могут воспринимать и ограниченные осевые нагрузки любого направления, допускают значительные (до $2 - 3^\circ$) перекосы внутреннего кольца (вала) относительно наружного кольца (корпуса). Применяются в узлах с нежёсткими валами и в конструкциях, в которых не может быть обеспечена надлежащая соосность отверстий корпусов.

3. Роликовые радиальные ПК с короткими цилиндрическими роликами (тип 2000) предназначены для восприятия только радиальной нагрузки. Изготавливают также подшипники с дополнительным буртом на внутреннем (42000) или наружном (12000) кольце. Эти подшипники могут воспринимать кроме радиальной и ограниченную осевую нагрузку. Допускают раздельный монтаж внутреннего (с комплектом роликов) и наружного колец подшипника. Обладают большей радиальной грузоподъёмностью, чем радиальные шарикоподшипники. Чувствительны к перекосам осей колец. Применяются с жёсткими валами и в корпусах, посадочные поверхности которых имеют малые отклонения от соосности.

4. Роликовые радиальные подшипники с игльчатыми роликами (тип 74000 и др.) предназначены для восприятия только радиальной нагрузки, осевую не воспринимают и осевое положение вала не фиксируют. Могут применяться без внутреннего кольца. Применяются в узлах, требующих малых радиальных размеров, и в узлах с качательным движением.

5. Шариковые радиально-упорные ПК предназначены для восприятия радиальной и односторонней осевой нагрузок. Допустимая осевая нагрузка для подшипника зависит от номинального угла контакта шариков с кольцами. Выпускают подшипники с углами контакта: $\alpha = 12^\circ$ (тип 36000), $\alpha = 26^\circ$ (тип 46000), $\alpha = 36^\circ$ (тип 66000). Подшипники с большими углами контакта предназначены для восприятия больших осевых нагрузок, подшипники чувствительны к перекосам. Для восприятия двухсторонних осевых нагрузок применяют подшипники в паре. Пару ПК с большим углом контакта (типов 46000 и 66000) рекомендуется устанавливать в одной, фиксирующей вал опоре. В узле с радиально-упорными подшипниками должна быть предусмотрена регулировка осевого зазора подшипников.

6. Роликовые радиально-упорные однорядные подшипники с коническими роликами предназначены для восприятия радиальной нагрузки и односторонней осевой. Чувствительны к перекосам. Для восприятия двухсторонних осевых нагрузок применяют в паре. Подшипники выпускают с углами $\alpha = 11...16^\circ$ (тип 7000) и $\alpha = 22...29^\circ$ (тип 27000). Пару ПК типа 27000 рекомендуется устанавливать в одной фиксирующей вал опоре.

В узле с радиально-упорными роликовыми подшипниками должна быть предусмотрена регулировка осевого зазора подшипников. По сравнению с шариковыми радиально-упорными подшипниками эти подшипники отличаются большей грузоподъёмностью, меньшей точностью вращения и предельной частотой вращения, меньшей стоимостью. Допустим раздельный монтаж наружного и внутреннего колец с комплектом роликов.

7. Шариковые упорные одинарные подшипники (тип 8000) предназначены для восприятия односторонней осевой нагрузки, применяются при значительно меньших по сравнению с другими шарикоподшипниками частотах вращения, очень чувствительны к перекосам.

3. СИСТЕМА УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ПОДШИПНИКОВ

На торце одного из колец ПК нанесены его условное обозначение и номер завода-изготовителя. Условное обозначение подшипника составляется из цифр (максимальное количество цифр 7) и характеризует внутренний диаметр ПК, его серию, тип, конструктивную разновидность. Порядок отсчёта цифр справа налево (рис. 1.1).

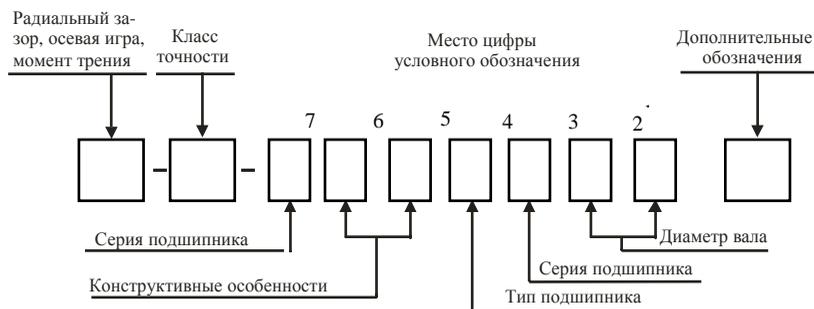


Рис. 1.1. Пример заполнения отчёта

Две первые цифры обозначают внутренний диаметр ПК. Для подшипников с внутренним диаметром от 20 до 495 мм эти цифры соответствуют внутреннему диаметру в миллиметрах, делённому на 5.

Третья цифра, обозначающая серию диаметров, совместно с седьмой цифрой, обозначающей серию ширин, определяет размерную серию подшипника (см. табл. 1.1). Исключением являются цифры 5 и 6 на третьем месте, характеризующие серию по диаметру и ширине. Четвёртая цифра обозначает тип ПК:

шариковый радиальный однорядный	0
шариковый радиальный сферический	1
роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами	2
роликовый радиальный сферический	3

роликовый радиальный с длинными цилиндрическими или игольчатыми роликами	4
роликовый радиальный с витыми роликами	5
шариковый радиально-упорный	6
роликовый конический	7
шариковый упорный и шариковый упорно-радиальный	8
роликовый упорный и роликовый упорно-радиальный	9

1.1. Серия подшипников

Характеристика по диаметру		Особо лёгкая				Лёгкая				Средняя				Тяжёлая					
		Узкая	Нормальная	Широкая	Особо широкая	Особо узкая	Узкая	Нормальная	Широкая	Особо широкая	Особо узкая	Узкая	Нормальная	Широкая	Особо широкая	Узкая	Широкая		
Обозначения	3 место	1	1	1	1	1	2	2	2	5	2	2	3	3	3	6	3	4	4
	7 место	7	0	2	3	4	8	0	1	8	3	4	8	0	1	0	3	0	2

Пятая или пятая с шестой цифрой обозначают конструктивную разновидность ПК (номинальный угол контакта тел качения с наружным кольцом подшипника в радиально-упорных подшипниках и др.).

Кроме цифр основного обозначения слева и справа от него могут маркироваться дополнительные знаки (буквенные или цифровые). Так, например, класс точности ПК маркируется цифрой слева через дефис от основного обозначения.

Обозначения классов точности – в порядке возрастания точности: 0, 6, 5, 4, 2. Класс точности подшипника «0» не маркируется, если слева не стоит цифра, характеризующая величину радиального зазора или осевой «игры».

Величина радиального зазора и осевой «игры» ПК обозначается номером соответствующего дополнительного ряда и проставляется перед классом точности подшипника. ПК с радиальным зазором по основному ряду дополнительные условные обозначения не присваиваются. (Подробнее см. ГОСТ 3189–89).

Дополнительные обозначения справа от основного обозначения характеризуют изменение металла или конструкции деталей и специальные

технические требования, предъявленные к подшипникам (табл. 1.2). Цифры 1, 2, 3 и т.д. справа от дополнительных знаков Б, Г, Д, Е, К, Л, Р, У, Х, Ш, Э, Ю, Я обозначают каждое последующее исполнение с каким-то отличием от предыдущего.

1.2. Дополнительные условные обозначения подшипников (справа от основного) и их отличительные признаки

Дополнительные условные обозначения подшипников	Отличительные признаки подшипников
<p>Б Г Д Е Л К</p> <p>Р С1, С2, С3, С4, С5, С6, С7, С8</p>	<p>Сепаратор: из безоловянистой бронзы массивный из черных металлов из алюминиевых сплавов из пластических материалов из латуни</p> <p>Конструктивные изменения деталей. Железный штампованный сепаратор для подшипников с короткими цилиндрическими роликами</p> <p>Детали из теплостойкой стали</p> <p>Подшипники шариковые радиальные однорядные с двумя защитными шайбами типа 80000, заполненные специальной смазкой, обозначенной цифрой при букве С</p>
<p>Т, Т1, Т2, Т3 и т.д.</p> <p>У</p> <p>Ш</p> <p>Х Э</p> <p>Ю Я</p>	<p>Специальные требования: к температуре отпуска деталей (цифра при букве Т соответствует определённой температуре отпуска колец)</p> <p>к параметрам шероховатости, радиальному зазору и осевой игре, к технологии изготовления (свинцевание, анодирование, кадмирование) колец из стали ШХ15 или штампованных сепараторов из стали 10 или 20</p> <p>по шуму</p> <p>Детали: из цементируемой стали; из стали со специальными присадками (ванадий, кобальт и др.) из коррозионно-стойкой стали из редко применяемых материалов (пластмасса, стекло, керамика и т.д.)</p>

На рисунке 1.2 представлена схема, в которой согласно [6] даны классификация и примеры обозначения ПК.

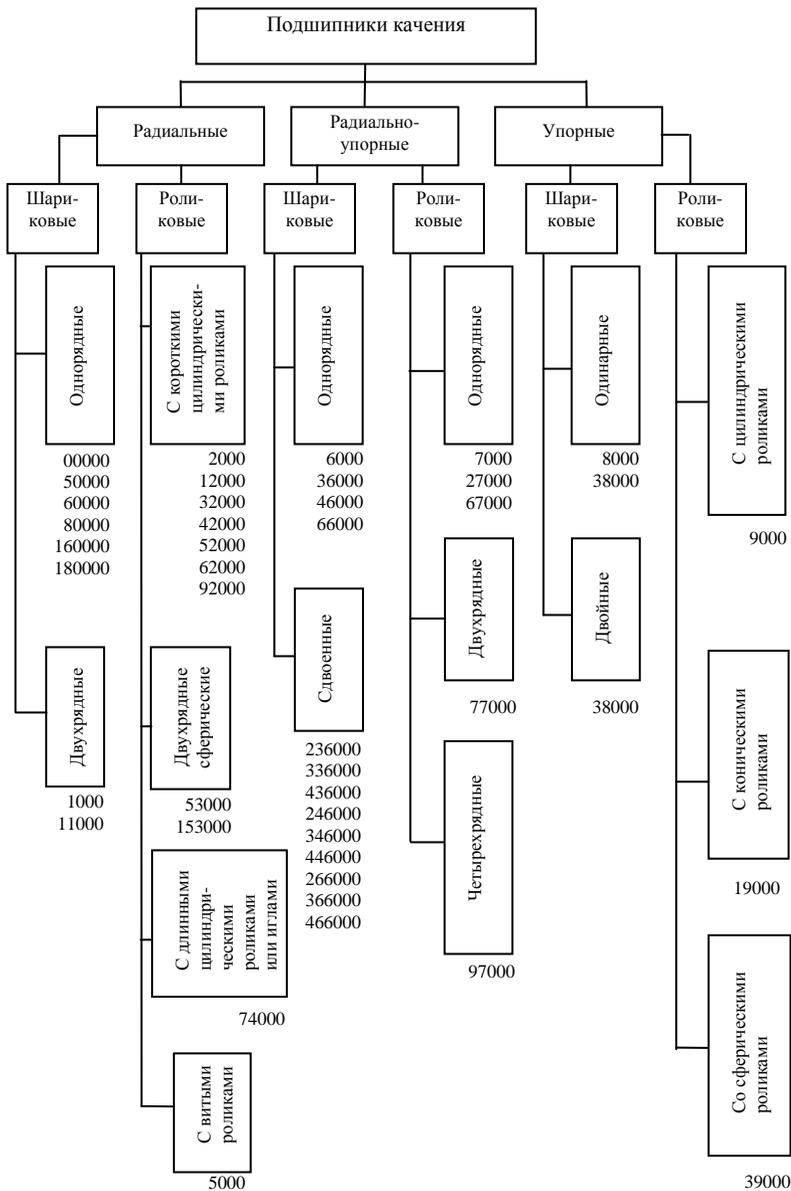


Рис. 1.2. Классификация и примеры обозначения подшипников

4. ПРИМЕРЫ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ПОДШИПНИКОВ

Подшипник 208	(0)	(0)	(00)	(0)	2	08
	Класс точности	Узкая серия	Конструктивных отличий от основного типа нет	Шариковый радиальный однорядный	Лёгкая серия	$d = 40$ мм ($08 \times 5 = 40$)
Подшипник 4074109	(0)	4	07	4	1	09
	Класс точности	Особо широкая серия	С двумя массивными кольцами	Роликовый радиальный с игольчатými роликами	Особо лёгкая серия	$d = 45$ мм ($09 \times 5 = 45$)

Дополнительные примеры:

- 1) 6-212 – подшипник шариковый радиальный однорядный (212) класса точности 6;
- 2) 5-2210 – подшипник роликовый радиальный однорядный с короткими цилиндрическими роликами (2210) класса точности 5;
- 3) 2-6-307 – подшипник шариковый радиальный однорядный (307) класса точности 6 с радиальным зазором по ряду 2;
- 4) 3-0-2216 – подшипник роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами (2216) класса точности 0 с радиальным зазором по ряду 3;
- 5) 1-0-2097732 – подшипник роликовый конический двухрядный (2097732) класса точности 0 с осевой игрой по дополнительному ряду 1;
- 6) 3614 – подшипник роликовый сферический двухрядный (3614) класса точности 0 с радиальным зазором по основному ряду;
- 7) 210Л – подшипник шариковый радиальный однорядный (210) класса точности 0 с сепаратором из латуни;
- 8) 210Л2 – то же, но с дополнительными отличиями по сравнению с исполнениями 210Л и 210Л1 (см. табл. 1.2).

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

По описанию и плакатам студенты знакомятся с классификацией ПК и их условными обозначениями, потом, получив комплект подшипников и измерительный инструмент, делают эскизы подшипников. В отчёте по

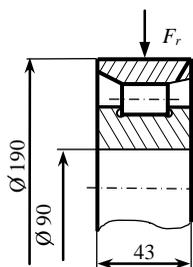


Рис. 1.3. Эскиз подшипника

лабораторной работе должны быть выполнены эскизы подшипников (указанных преподавателем) с основными размерами: d – внутренний диаметр, D – наружный диаметр, B – ширина подшипника, приведены краткие характеристики рассмотренных подшипников. На эскизе подшипника стрелками должны быть указаны направления воспринимаемых нагрузок (рис. 1.3).

Пример заполнения журнала на роликовый радиальный подшипник представлен на рис. 1.1.

Подшипник 2318. Расшифровка условного обозначения подшипника: 2 – роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами, 3 – средней узкой серии, 18 – диаметр вала: $d = 18 \times 5 = 90$ мм; класс точности – 0.

Краткая характеристика ПК: подшипник предназначен только для радиальных нагрузок, осевой фиксации вала не обеспечивает, чувствителен к перекосам. Грузоподъемность данного подшипника выше грузоподъемности шарикового подшипника, имеющего такие же габариты.

Контрольные вопросы

1. Нагрузку каких направлений может воспринимать данный ПК?
2. Обеспечивает ли подшипник фиксацию вала в осевом направлении?
3. Допускает ли подшипник перекосы вала в корпусе и в каких пределах?
4. Сравнительная оценка грузоподъемности подшипника.
5. Сравнительная оценка жёсткости подшипника в радиальном и осевом направлениях.

Литература: [1] – [6].

Лабораторная работа 2

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ

Цель работы: Ознакомиться с основными схемами установки подшипников качения (ПК) и их условными обозначениями на чертежах и схемах.

1. КОНСТРУКЦИИ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ

Узел подшипника обеспечивает восприятие радиальных и осевых сил, а также исключает осевое смещение вала, нарушающее нормальную работу сопряжённых деталей (зубчатых и червячных колес, червяков, уп-

лотнений и др.). Это достигается за счёт крепления подшипников на валах и фиксирования их в корпусе.

1.1. Способы установки подшипников

Наибольшее распространение получили два способа фиксирования подшипников в корпусе.

Первый способ состоит в том, что осевое фиксирование вала выполняют в одной опоре (рис. 2.1, а, б), а другую опору делают «плавающей» (скользящей).

Фиксирующая опора ограничивает осевое перемещение вала в одном или в обоих направлениях, воспринимает радиальную и осевую силы.

«Плавающая» опора не ограничивает осевых перемещений вала и может воспринимать только радиальную нагрузку. Поэтому в плавающей опоре применяют только радиальный подшипник (шариковый или роликовый).

На рисунке 2.2 представлена наиболее распространённая схема установки подшипников. Вал зафиксирован относительно корпуса одним из подшипников. Другой подшипник не фиксируется в корпусе или на валу в осевом направлении и, перемещаясь («плавая») относительно корпуса, компенсирует тепловое удлинение деталей узла, а также погрешности изготовления.

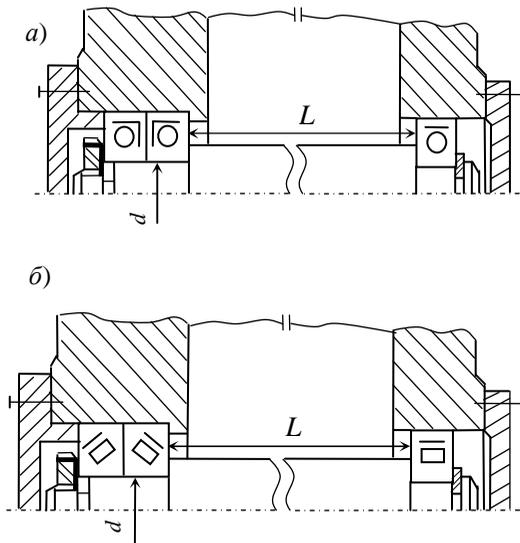


Рис. 2.1. Способы установки ПК. Осевое фиксирование выполнено в одной опоре (левой); правая опора – «плавающая»

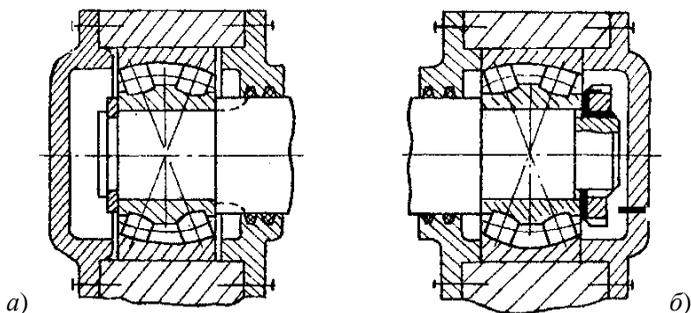


Рис. 2.2 «Плавающая» и фиксирующая опоры вала

Такой способ установки подшипников применяют в конструкциях при сравнительно длинных валах ($L = 10d \dots 12d$), а также при установке валов в подшипники, размещённые в разных корпусах (например, приводные валы конвейеров). Основным недостатком способа – малая жёсткость вала. Жёсткость вала может быть повышена при установке в фиксирующей опоре двух подшипников, за счёт регулировки которых сводят к минимуму радиальные и осевые смещения («игру») вала (рис. 2.3, *a*). В таком исполнении способ используют для установки валов конических и червячных передач, требующих точной осевой фиксации.

Часто фиксирующие подшипники монтируют в специальном стакане (рис. 2.3, *б*) и осевое положение вала регулируют мерными прокладками, находящимися между торцовыми поверхностями стакана и корпуса. В фиксирующей опоре часто устанавливают несколько подшипников: радиальных или радиально-упорных – для восприятия только радиальной нагрузки и радиально-упорных или упорных – для восприятия только осевой нагрузки (рис. 2.3, *б*).

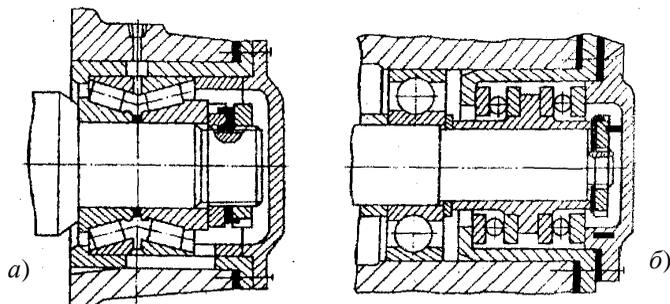


Рис. 2.3. Фиксация вала с регулированием осевого положения мерными прокладками в опорах:

a – с двухрядным коническим роликоподшипником;

б – со сдвоенным упорным шарикоподшипником

Второй способ состоит в том, что осевое фиксирование вала выполняют в двух опорах (в каждой опоре лишь в одном направлении, рис. 2.4, а, б).

Наиболее проста конструктивно схема установки подшипников *враспор*, её широко применяют при сравнительно коротких валах. Для исключения защемления вала в опорах, вследствие нагрева при работе, предусматривают зазор $a = 0,2 + 0,5$ мм (в узлах с радиально-упорными шарикоподшипниками). При установке враспор внешняя осевая нагрузка будет восприниматься либо одной, либо другой крышкой.

Установка подшипников враспор (рис. 2.4, а, б) позволяет выполнить корпус со сквозной расточкой, без заплечиков и специальных упоров. Вал фиксируется в осевом направлении (рис. 2.5) относительно корпуса, так как подшипники упираются в заплечики валов и в торцы фланцевых крышек корпуса. Поэтому в таких опорах обычно отпадает необходимость в специальных деталях для осевого крепления подшипников на валу. Осевой зазор a между торцами фланцевых крышек и наружных колец подшипника служит для компенсации возможного теплового удлинения деталей подшипникового узла. Требуемый осевой зазор создают чаще всего с помощью набора мерных прокладок, устанавливаемых между торцовыми поверхностями корпуса и фланцев крышек.

В опорах с установленными враспор однорядными радиально-упорными коническими роликоподшипниками разъемного типа (рис. 2.5, б) с увеличением осевой «игры» возрастает радиальный зазор в подшипниках, а следовательно, и радиальное биение вала. Поэтому в таких опорах необходимо создать условия для более точного регулирования осевой «игры», чем регулирование в опорах с радиальными подшипниками (рис. 2.5, а), а расстояние между опорами даже для крупных подшипников не должно превышать 600 – 700 мм.

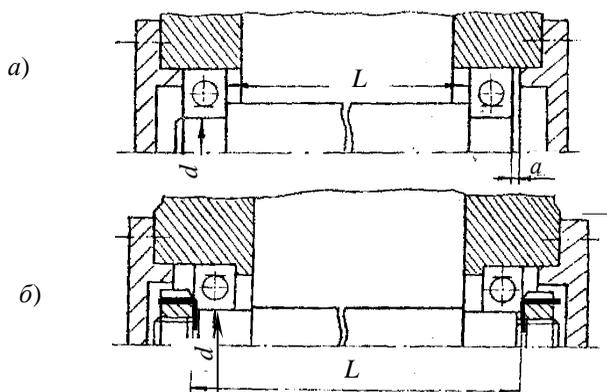


Рис. 2.4. Способы установки подшипников:

а – враспор; б – в растяжку

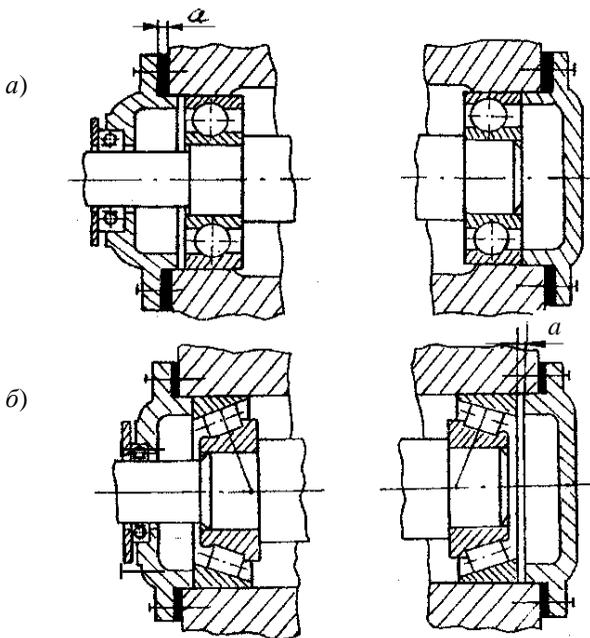


Рис. 2.5. Установка подшипников враспор

При установке подшипников *враспяжку* (рис. 2.4, б) опасность защемления вала в опорах снижается, так как при увеличении длины вала в связи с температурным удлинением осевой зазор в подшипниках увеличивается.

1.2. Способы крепления подшипников качения на валах [8, с. 419]

Основным способом крепления подшипников на валу является затяжка внутренней обоймы подшипников гайкой. Такое крепление обеспечивает точную осевую фиксацию подшипника, надёжно страхует от поворота внутренней обоймы на валу и позволяет устанавливать подшипник на вал с небольшим натягом без опасности смятия и разбивания посадочной поверхности вала (рис. 2.6).

Наиболее сильную затяжку обеспечивает упор в заплечики или буртик на валу (рис. 2.6, а), в промежуточную втулку (вид б) или в насадную деталь, в свою очередь, опирающуюся на заплечики или буртик. Широко распространены затяжка подшипника на валу через насадную деталь (вид в) и установка подшипника между дистанционными втулками (вид г), стягиваемыми гайкой.

При упоре в кольцевой стопор (вид *д*) осуществить силовую затяжку невозможно из-за опасности среза стопора или выжимания его из канавки.

Стопорные кольца круглого сечения, усиленные охватывающими коническими кольцами (вид *е*), выдерживают повышенные силы затяжки. В концевых установках силовую затяжку осуществляют также внутренними гайками (вид *ж*) и шайбами, притягиваемыми к торцу вала центральным болтом (вид *з*) или несколькими болтами (вид *и*).

Все другие способы крепления не обеспечивают силовую затяжки и, как правило, требуют применения посадок с увеличенным натягом и повышения твёрдости вала во избежание смятия посадочной поверхности.

В мало нагруженных подшипниковых узлах применяют фиксацию кольцевыми стопорами (виды *к*, *л*). Для того, чтобы обеспечить беззазорную фиксацию с помощью кольцевых стопоров (особенно из круглой проволоки), нужно или строго выдерживать расстояние между канавками стопоров, или применять калиброванные шайбы (вид *м*).

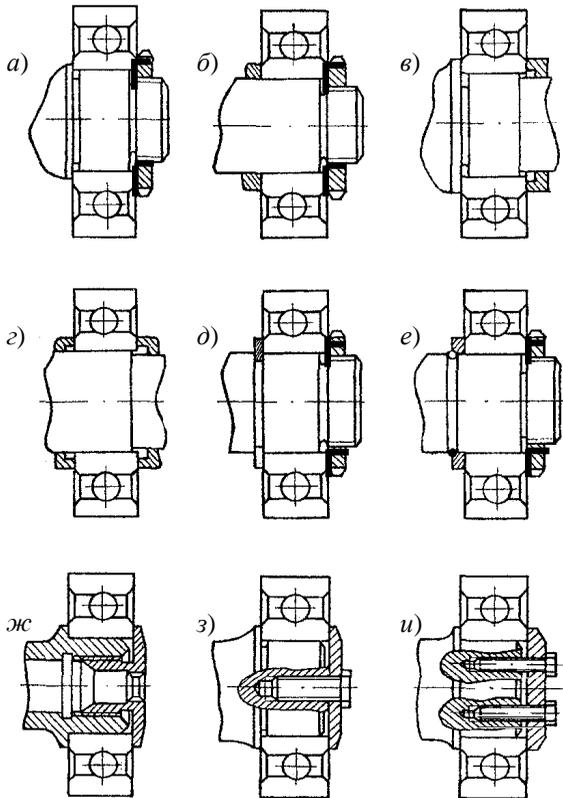


Рис. 2.6. Способы крепления подшипников качения на валах

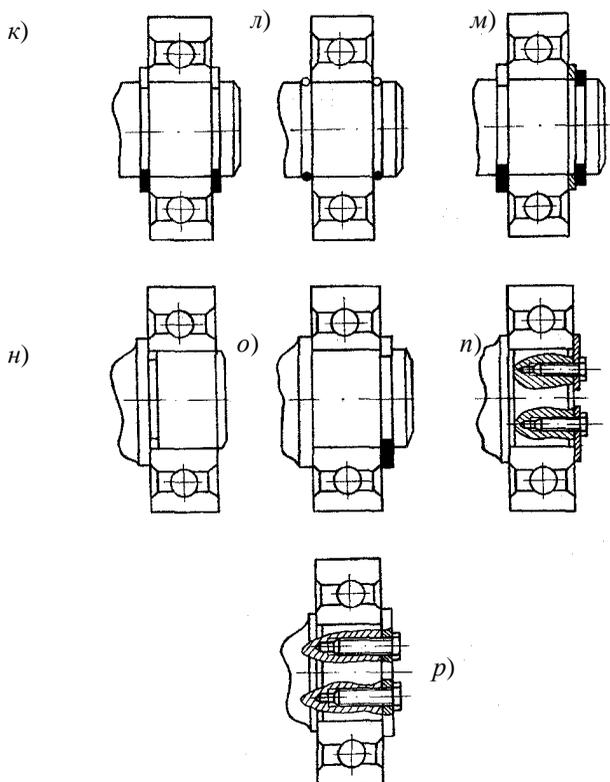


Рис. 2.6. Продолжение

В слабонагруженных подшипниковых узлах иногда ограничиваются посадкой подшипников на вал с натягом до упора в фиксирующий буртик (вид *н*). Этот способ не исключает возможности смещения подшипника с вала при ослаблении натяга. Правильнее в таких случаях застраховать подшипник от сдвига с помощью кольцевого стопора (вид *о*). Фиксация концевой подшипника шайбами, подкладываемыми под болты, расположенные на периферии торца вала (вид *п*), а также планкой (вид *р*) не обеспечивает затяжки, так как во избежание перекоса крепящие элементы должны прилегать к торцу вала.

Описание установки подшипников с коническим посадочным отверстием детально представлено в работе [8, с. 418 – 420].

1.3. Установка подшипников качения в корпусах

Способы установки подшипников в целых корпусах (осевая сборка) показаны на рис. 2.7.

В тяжело нагруженных опорах наружную обойму подшипника затягивают гайками с упором на буртик (вид *a*) или распорную втулку (вид *б*), жёстко зафиксированную в корпусе. Затяжка на кольцевые стопоры (вид *в*) менее надёжна. В конструкции (на виде *г*) стопор усилен заключением в чашечную шайбу.

В концевых установках подшипники фиксируют с помощью крышек. В зависимости от глубины l гнезда и толщины уплотнительной прокладки L (вид *д*) можно получить установку с зазором s или с натягом (виды *е*, *ж*, *и*).

Глухие крышки обычно не центрируют; крышки, несущие уплотнения (вид *з*), центрируют по посадочной поверхности.

При установке во внутренних стенках, перегородках и т.д. подшипники фиксируют с помощью дисков (виды *и* – *л*) обычно с небольшим

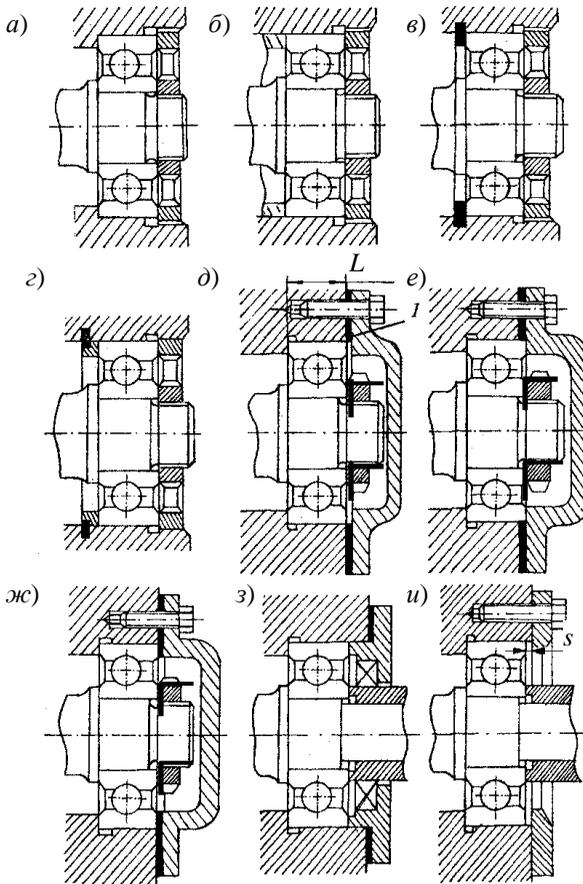


Рис. 2.7. Установка подшипников качения в корпусах

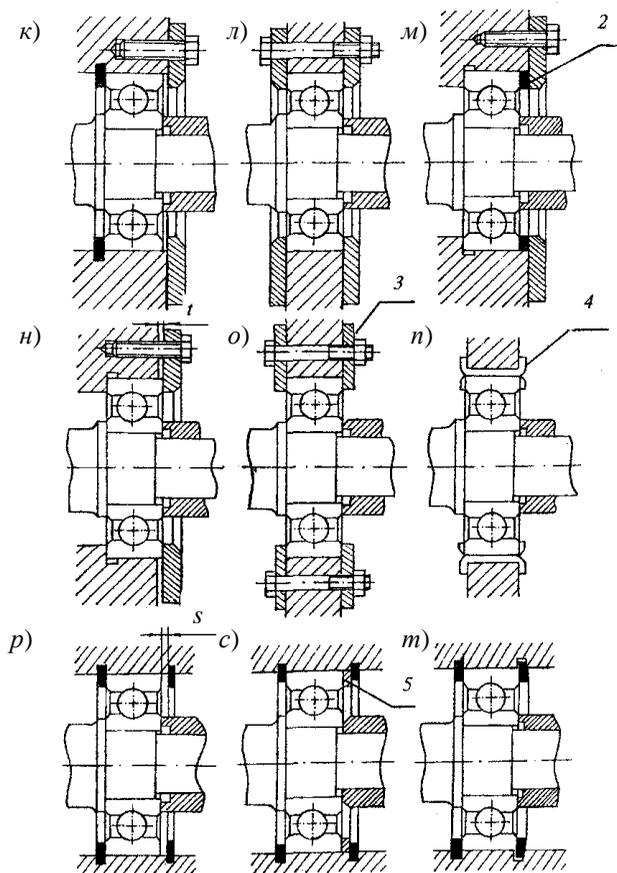


Рис. 2.7. Продолжение

осевым зазором ($s = 0,1 \dots 0,2$ мм). При необходимости беззазорной фиксации вводят калиброванные шайбы 2 (вид *м*).

Затяжку выполняют, предусматривая между диском и корпусом зазор $t = 0,05 \dots 0,5$ мм (вид *н*).

Вместо дисков нередко применяют отдельные шайбы 3 (вид *о*). Если шайбы притянуты к торцевым поверхностям корпуса вплотную (и с небольшим зазором по отношению к подшипнику), то опасность перекоса шайб и подшипника отсутствует, несмотря на затяжку в нескольких точках.

В легконагруженных опорах при отсутствии осевых сил применяют фиксацию с помощью пластинок 4 (вид *п*) с разводными концами, заводимых в осевые канавки на посадочном отверстии.

Широко применяют фиксацию пружинными кольцевыми стопорами. Для облегчения монтажа стопоры обычно устанавливают с зазором $s = 0,1 \dots 0,2$ мм (вид *p*). При необходимости беззазорной фиксации вводят калиброванные шайбы 5 (вид *c*) или применяют конические стопоры (вид *m*).

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться по описанию и плакатам с конструкциями подшипниковых узлов, способами крепления подшипников качения на валах и способами установки их в корпусе.

2. Получить измерительный инструмент и конкретные узлы (опоры валов редукторов, коробок скоростей и др.).

3. Выполнить эскизы. В отчёте по лабораторной работе должны быть выполнены эскизы четырёх или пяти подшипниковых узлов с основными размерами и посадками. На эскизе каждого подшипникового узла стрелками должны быть указаны направления воспринимаемых нагрузок.

4. Составить краткую характеристику каждого подшипникового узла. Для этого необходимо ответить на вопросы:

4.1. Тип подшипника. Вид воспринимаемой нагрузки.

4.2. Какой способ крепления на валу подшипника применён?

4.3. Какой способ установки подшипника качения в корпусе представлен в опоре?

4.4. Как осуществляются смазка и уплотнение подшипникового узла?

4.5. Монтаж и демонтаж узла. Какой вид сборки целесообразен: осевая или радиальная? Предварительный натяг. Способ регулировки осевого положения валов.

Примечания:

1. Примеры оформления эскизов представлены на рис. П1 – П4.

2. Примеры условных изображений ПК представлены на рис. П5.

Контрольные вопросы

1. Примеры типовых подшипниковых узлов с эскизами и характеристиками конструкции.

2. Классы точности и посадки подшипников качения.

3. Смазывание и уплотнение подшипниковых узлов.

4. Монтаж и демонтаж.

5. Предварительный натяг.

6. Регулирование осевого положения валов.

Литература: [3, с. 443 – 452]; [4, с. 316 – 319, 341 – 349]; [5, с. 363 – 365, 367 – 371]; [8, с. 432 – 436, 454 – 458, с. 466, 470–471]; [9, с. 351].

ИСПЫТАНИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ МУФТ

Цель работы: Изучение конструкций пружинно-предохранительных муфт, теоретическое и экспериментальное определение моментов их срабатывания.

1. КОНСТРУКЦИИ ПРУЖИННО-ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ МУФТ

Предохранительные муфты размыкают кинематическую цепь при возрастании вращающего момента на валу, где они установлены выше допустимого значения, предохраняя тем самым звенья машины от поломок. Величина необходимого момента срабатывания определяется по прочностным возможностям наиболее слабого звена в машине. При снижении вращающего момента кинематическая цепь снова замыкается. Муфты имеют возможность регулирования величины момента срабатывания и должны обеспечивать его высокую точность, которая характеризуется способностью разъединять кинематическую цепь всегда при одном и том же заданном вращающем моменте. Одной из основных характеристик предохранительных муфт является *коэффициент точности срабатывания*, равный отношению предельных значений моментов, при которых срабатывает муфта:

$$k_T = \frac{T_{\text{сраб}}^{\max}}{T_{\text{сраб}}^{\min}}.$$

Величина коэффициента точности $k_T \geq 1$. Чем ближе k_T к единице, тем надёжнее работает муфта. Следует заметить, что место расположения муфты в машине значительно влияет на точность отключения привода при превышении предельной нагрузки на исполнительном органе. Её целесообразно располагать в непосредственной близости от места приложения нагрузки, если это значительно не усложняет конструкцию машины.

Способность муфты к автоматическому восстановлению соединения и интенсивность тепловыделения при её проскальзывании характеризует *коэффициент остаточного момента*, равный отношению момента при проскальзывании сработавшей муфты к среднему моменту срабатывания:

$$k_0 = \frac{T_{\text{сраб}}}{T_{\text{ост}}}.$$

1.1. Пружинно-кулачковая муфта

Пружинно-кулачковая муфта (рис. 3.1) применяется при небольших скоростях вращения, незначительных крутящих моментах и маховых массах соединяемых валов. Обычно коэффициент точности k_T этих муфт

изменяется в пределах 1,25...1,5 из-за непостоянства жёсткости пружин и сил трения. Уменьшить k_T можно конструктивно, выполнив шаг расположения и размеры кулачков переменными.

Муфта состоит из втулки 1, на которой установлены ведущая 2 и ведомая 3 полумуфты. При этом ведущая полумуфта установлена в подшипнике скольжения 4, позволяющем ей вращаться относительно втулки 1 после срабатывания муфты. В осевом направлении полумуфта 2 фиксируется крышкой 5. Штифты 6 служат для соединения полумуфты с зубчатым колесом лабораторной установки и передачи вращающего момента.

Ведомая полумуфта 3 установлена при помощи подвижного в осевом направлении шпоночного соединения с двумя шпонками 7, которые передают вращающий момент на втулку 1. Для прижатия полумуфты 3 к полумуфте 2 служит пружина 8, длина которой регулируется гайкой 9 и фиксируется контргайкой 10.

Соприкасающиеся поверхности полумуфт имеют торцевые кулачки, развёртка профиля которых показана на рис. 3.1. При передаче через муфту момента больше расчётного полумуфта 3 будет смещаться вдоль втулки 1 за счёт появляющейся осевой составляющей силы на кулачках, превышающей силу упругости пружины. Торцевые кулачки выйдут из зацепления и кинематическая цепь механизма разорвётся.

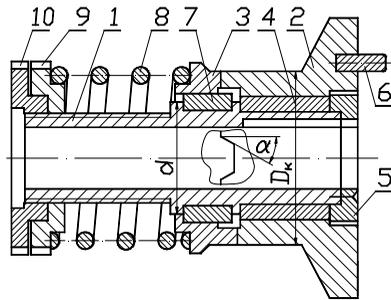


Рис. 3.1. Пружинно-кулачковая муфта

Вращающий момент с муфты на ведомый вал установки передаётся посредством шпоночного соединения, для чего втулка 1 имеет шпоночный паз.

1.2. Пружинно-шариковая муфта

В пружинно-шариковой муфте (рис. 3.2) трение скольжения на кулачках частично заменено трением качения на шариках. Эти муфты проще в изготовлении. Однако они не долговечны при передаче больших нагрузок из-за износа каналов в местах соприкосновения их с шариками.

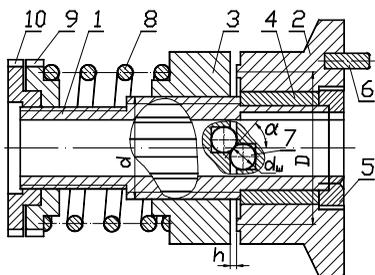


Рис. 3.2. Пружинно-шариковая муфта

Величина окружной силы на муфте зависит от взаимного расположения шариков, определяемого углом α .

Конструкция и работа данной муфты аналогичны кулачковой (рис. 3.1). При нагружении ведущей полумуфты 2 номинальным моментом вращение передаётся через шарики 7 на ведомую полумуфту 3 и далее через шлицевое соединение на втулку 1 и на ведомый вал установки. При возрастании момента выше расчётного давление на шарики возрастает, пружина 8 сжимается, полумуфта 3 смещается по шлицам втулки 1 и размыкает кинематическую цепь. Приводной вал останавливается, а шарики проскакивают при относительном вращении полумуфт, издавая стук.

1.3. Конусная фрикционная муфта

В конусной фрикционной муфте (рис. 3.3) движение от ведущей 2 к ведомой 3 полумуфте передаётся за счёт силы трения, возникающей между коническими поверхностями полумуфт. Коническая часть 11 ведомой полумуфты выполнена из текстолита и закреплена к ней с помощью винтов.

По аналогии с кулачковой, в конусной фрикционной муфте пружина 8 регулируется на величину момента срабатывания гайкой 9 с контргайкой 10, что обеспечивает необходимое усилие прижатия. При перегрузке ведомой полумуфты усилия пружины недостаточно для создания увели-

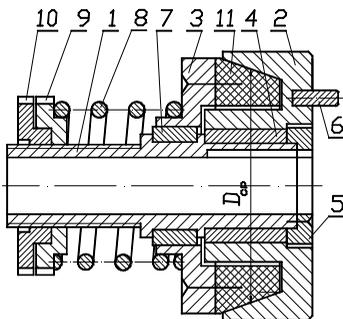


Рис. 3.3. Конусная фрикционная муфта

ченной окружной силы на поверхности трения полумуфт, которые проскальзывают относительно друг друга. При этом полумуфта 3, втулка 1 и ведомый вал установки останавливаются, а полумуфта 2 продолжает вращаться в подшипнике скольжения 4.

1.4. Дисквая фрикционная муфта

В дисквой фрикционной муфте (рис. 3.4) передача вращающего момента от ведущей 2 к ведомой 3 полумуфте осуществляется за счёт момента трения, создаваемого в дисквом фрикционе. Он образован поверхностями трения полумуфт, между которыми расположены фрикционные диски. При этом диски с фрикционными накладками 7 установлены на шлицевой части втулки 1, чередуясь со стальными дисками 11, которые внешними шлицами закреплены в ведущей полумуфте 2. В испытываемой муфте фрикционных дисков четыре, поверхностей трения – пять.

Работа дисквой муфты аналогична фрикционной конусной. В сухих дисквых муфтах коэффициент точности $k_T = 2,5$; в масляных – $k_T = 1,5$ из-за непостоянства сил трения.

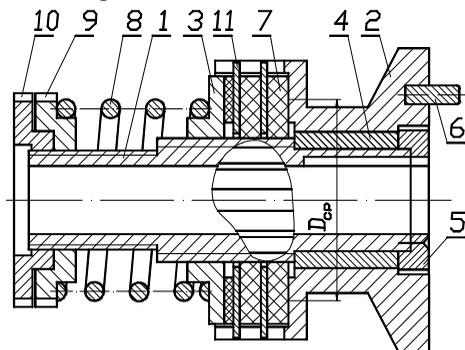


Рис. 3.4. Дисквая фрикционная муфта

2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Испытание предохранительных муфт проводится на лабораторной установке, схема которой представлена на рис. 3.5. Основными узлами установки являются ведомый вал 1, редуктор 2, клиноременная передача 3 и электродвигатель 4.

Движение от электродвигателя передается на вал 1 с помощью клиноременной передачи и пары цилиндрических зубчатых колес 5 и 6. Ведомое колесо 6 установлено на валу 1 в подшипниках и может вращаться относительно него. Вращающий момент с колеса 6 на вал 1 передается через предохранительную муфту 7.

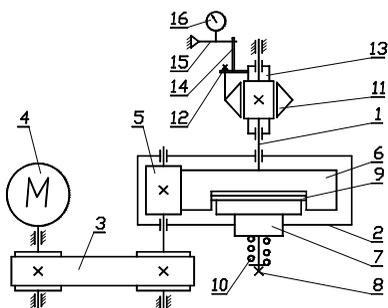


Рис. 3.5. Схема лабораторной установки

Испытуемые муфты 7, представляющие собой быстросменные узлы, одеваются на выступающий конец вала 1 и закрепляются гайкой 8. При этом ведущая полумуфта соединяется с зубчатым колесом 6 через резиновую подушку 9, что обеспечивает ослабление радиальных усилий, действующих на измерительный вал. Конструкция муфт позволяет производить регулировку силы сжатия полумуфт и её определение путём замера длины предварительно протарированной пружины 10 и использования тарировочного графика.

Момент сопротивления на валу 1 создаётся с помощью балансирующего колодочного тормоза 11, рычаги которого скреплены шарнирно штангой 12 с обоймой 13, сидящей в подшипниках на валу 1, что позволяет тормозной системе свободно качаться вокруг оси вала. Управление тормозом осуществляется с помощью маховика. Тормоз снабжён гидравлическим демпфером.

Штанга 12 через призму 14 опирается на плоскую измерительную пружину 15, прогиб которой измеряется индикатором 16 часового типа с ценой деления 0,01 мм. Индикатор имеет вторую пассивную (красную) стрелку, позволяющую фиксировать максимальное показание, соответствующее остаточному моменту.

Все узлы установки смонтированы на станине, в передней части которой установлен защитный кожух и пульт управления. Выступающий конец вала 1 и предохранительная муфта закрыты прозрачным откидывающимся колпаком. Установка заземлена.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить у преподавателя значения показателей: тип муфты и величину момента срабатывания $T_{\text{сраб}}^{\text{НОМ}}$ из ряда 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 Н·м.

2. Рассчитать для данного значения $T_{\text{сраб}}^{\text{НОМ}}$ необходимое осевое усилие пружины $P_{\text{пр}}$, Н.

Для кулачковой муфты

$$P_{\text{пр}} = \frac{2T_{\text{сраб}}^{\text{ном}}}{D_{\text{к}}} \left[\text{tg}(\alpha - \varphi_{\text{к}}) - \frac{D_{\text{к}}}{d} f \right],$$

где $\alpha = 45^\circ$ – угол наклона рабочей поверхности кулачков; $\varphi_{\text{к}} = 5 \dots 6^\circ$ – угол трения на кулачках; $D_{\text{к}}$ – диаметр наружной поверхности кулачков, м; d – диаметр вала, направляющего подвижную полу муфту, м; $f = 0,14$ – приведённый коэффициент трения в шпоночном соединении.

Для шариковой муфты

$$P_{\text{пр}} = \frac{2T_{\text{сраб}}^{\text{ном}}}{D} \left[\text{tg}(\alpha - \varphi) - \frac{D}{d} f \right],$$

где D – диаметр расположения шариков, м; d – диаметр вала, направляющего подвижную полу муфту, м; $f = 0,15$ – приведённый коэффициент трения в шлицевом соединении; $\varphi = 5 \dots 6^\circ$ – приведённый угол статического трения в шариках; α – угол наклона касательной в точке соприкосновения шариков и оси муфты, град,

$$\alpha = \arcsin \frac{d_{\text{ш}} - h}{d_{\text{ш}}},$$

где $d_{\text{ш}}$ – диаметр шарика, мм; h – высота выступающей части шариков, мм.

Для конусной фрикционной муфты

$$P_{\text{пр}} = \frac{2T_{\text{сраб}}^{\text{ном}} \sin \alpha}{D_{\text{ср}} f_0},$$

где $\alpha = 20^\circ$ – половина угла, при вершине конуса; $D_{\text{ср}}$ – средний диаметр контакта фрикционных поверхностей, м; $f_0 = 0,25$ – коэффициент трения на рабочих поверхностях (сталь – текстолит).

Для дисковой фрикционной муфты

$$P_{\text{пр}} = \frac{2T_{\text{сраб}}^{\text{ном}}}{D_{\text{ср}} z f_0},$$

где $D_{\text{ср}}$ – средний диаметр контакта дисков, м; z – количество поверхностей трения; $f_0 = 0,3$ – коэффициент трения на рабочих поверхностях.

3. По осевому усилию пружины, используя тарировочный график (находится в лаборатории), определить необходимую длину пружины.

4. Поднять предохранительный (прозрачный) колпак.

5. Установить муфту на вал и закрепить её гайкой 8 (рис. 3.5), убедившись, что штифты муфты вошли в отверстия резиновой подушки 9 на ведомом колесе редуктора.

6. Установить на муфте нужную длину пружины вращением гайки 9 и зафиксировать контргайкой 10 (рис. 3.1 – 3.4). Измерение длины пружины произвести линейкой.

7. Закрывать предохранительный колпак.

8. Проверить отсутствие нагрузки на тормозном барабане. При этом верхняя колодка должна покачиваться от руки. В противном случае снять нагрузку вращением маховика против часовой стрелки.

9. Включить электродвигатель.

10. Установить красную стрелку индикатора 16 таким образом, чтобы она не касалась чёрной и находилась от неё на 10 – 20 делений в сторону по часовой стрелке.

11. Вращением обода индикатора совместить ноль на шкале с чёрной стрелкой.

12. Вращением маховика по часовой стрелке постепенно увеличивать тормозной момент на ведомом валу. При этом обе стрелки индикатора перемещаются вместе. После срабатывания муфты красная стрелка покажет число делений z_k , соответствующее величине момента срабатывания. Цена одного деления индикатора – 0,2 Н·м. Чёрная стрелка при этом указывает число делений индикатора $z_{\text{ост}}$, соответствующее величине остаточного момента $T_{\text{ост}}$ (отсчёт производить по чёрной шкале).

13. Растормозить тормоз вращением маховика против часовой стрелки. При этом ведомый вал с тормозным барабаном будет вращаться.

14. Повторить действия по п. 10 – 13 пять раз, фиксируя показания индикатора z_k и $z_{\text{ост}}$.

15. Выключить электродвигатель.

16. Подсчитать среднее значение момента срабатывания на основании пяти замеров и коэффициент точности срабатывания

$$T_{\text{сраб}}^{\text{ср}} = \frac{\sum_1^5 T_{\text{сраб}i}}{5}; k_{\text{т}} = \frac{T_{\text{сраб}}^{\text{max}}}{T_{\text{сраб}}^{\text{min}}}.$$

17. Подсчитать среднее значение остаточного момента и коэффициент остаточного момента

$$T_{\text{ост}}^{\text{ср}} = \frac{\sum_1^5 T_{\text{ост}i}}{5}; k_{\text{ост}} = \frac{T_{\text{ост}}^{\text{ср}}}{T_{\text{сраб}}^{\text{ср}}}.$$

18. Сравнить экспериментальное и заданное значение величины момента срабатывания муфты

$$\Delta = T_{\text{сраб}}^{\text{ср}} = \frac{T_{\text{сраб}}^{\text{ср}} - T_{\text{сраб}}^{\text{ном}}}{T_{\text{сраб}}^{\text{ср}}} \cdot 100\%.$$

19. Результаты занести в таблицу:

Результаты измерений и расчётов

№ замера	Показания индикатора		Момент срабатывания $T_{\text{сраб}}$, Н·м	Остаточный момент $T_{\text{ост}}$, Н·м
	красная стрелка z_k	чёрная стрелка $z_{\text{ч}}$		
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
			$T_{\text{сраб}}^{\text{ср}} =$	$T_{\text{ост}}^{\text{ср}} =$

Контрольные вопросы

1. Каково назначение предохранительных муфт?
2. Какие отличительные черты имеют кулачковые, шариковые, конусные фрикционные и дисковые фрикционные предохранительные муфты?
3. Какова последовательность настройки пружинной предохранительной муфты на заданный момент срабатывания?
4. Что характеризует коэффициент точности срабатывания предохранительной муфты?
5. Что характеризует коэффициент остаточного момента предохранительной муфты?
6. Где целесообразнее располагать предохранительные муфты в кинематической цепи машины (в начале, в середине, в конце)?
7. Как замеряется момент срабатывания и остаточный момент предохранительной муфты при проведении лабораторной работы?
8. Какие характеристики предохранительной муфты получаем в результате проведения лабораторной работы?

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ ЭСКИЗОВ

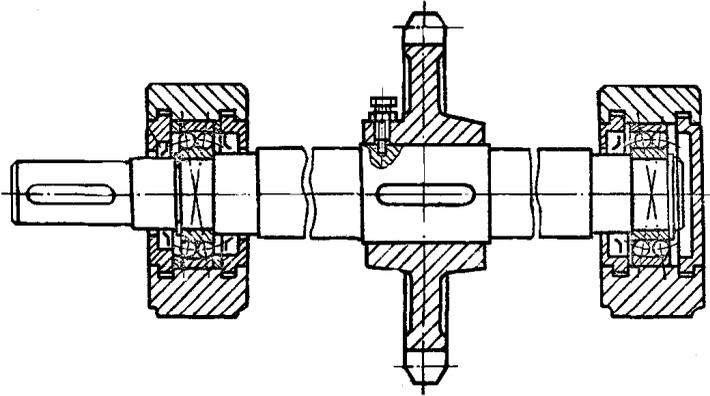
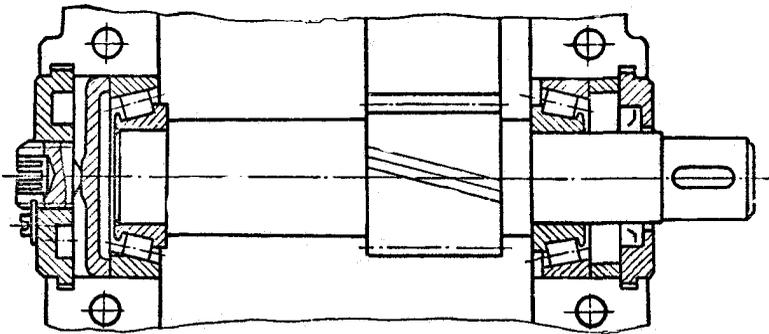
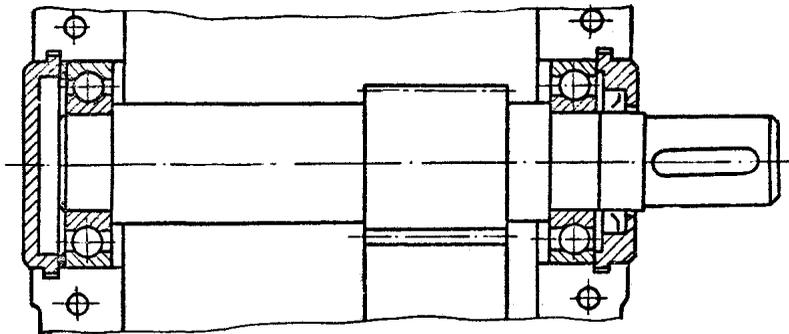


Рис. П1. Опоры вала звёздочки, установленные в отдельных корпусах

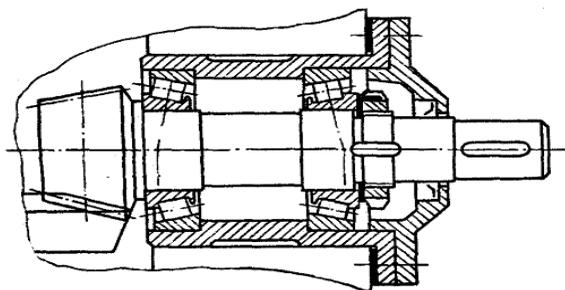


a)

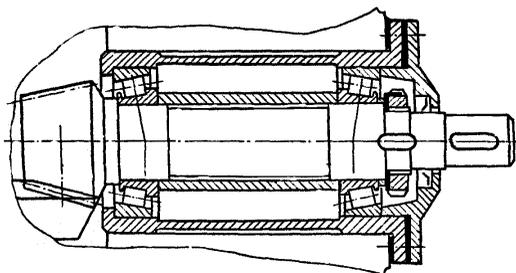


б)

Рис. П2. Опоры ведущего вала цилиндрического зубчатого редуктора

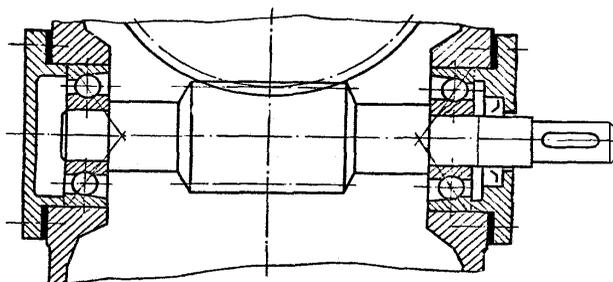


a)

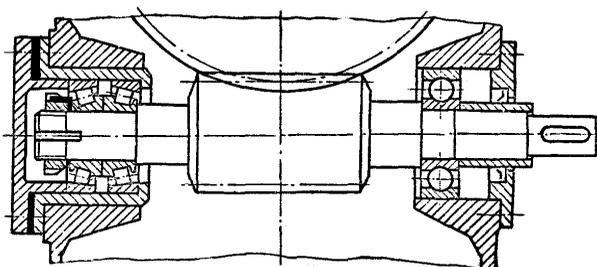


б)

Рис. П3. Опоры ведущего вала конического редуктора



a)



б)

Рис. П.4. Опоры вала червяка

УПРОЩЕННОЕ И УСЛОВНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПОДШИПНИКОВ НА ЧЕРТЕЖАХ И СХЕМАХ

На сборочных чертежах и схемах подшипники качения в осевых разрезах изображают, как правило, упрощённо без указания конструкции и типа. Контурное очертание подшипника выполняют сплошными основными линиями диагонали (рис. 2.5, *a*). При необходимости указания типа подшипника в контур изображения вписывают условное графическое изображение (рис. 2.5, *б*). На сборочных чертежах предпочтительно комбинированное сочетание (рис. 2.5, *в*), где в одной половине разреза показывают конструкцию подшипника без фасок и сепараторов, а вторую половину изображают условно.

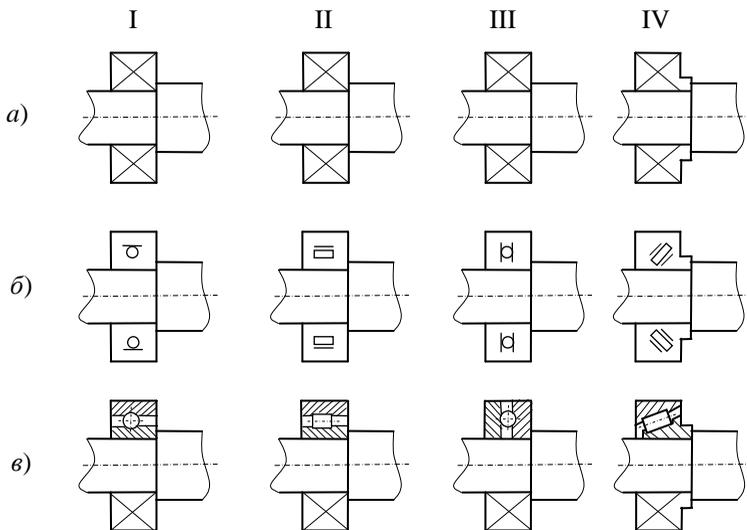


Рис. 2.5. Примеры условного изображения подшипников качения:
 I – шарикоподшипники радиальные однорядные; II – роликоподшипники радиальные однорядные с короткими цилиндрическими роликами;
 III – шарикоподшипники упорные однорядные;
 IV – роликоподшипники с коническими роликами

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подшипники качения : справочник-каталог / под ред. В.Н. Нарышкина, Р.В. Корасташевского. – М. : Машиностроение, 1984. – 280 с.
2. Перель, Л.Я. Подшипники качения: Расчёт, проектирование и обслуживание опор : справочник / Л.Я. Перель, А.А. Филатов. – М. : Машиностроение, 1992. – 608 с.
3. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т. / В.И. Анурьев. – М. : Машиностроение, 1992. – Т. 2. – С. 74 – 233.
4. Иосилевич, Г.Б. Детали машин / Г.Б. Иосилевич. – М. : Машиностроение, 1998. – 366 с.
5. Решетов, Д.Н. Детали машин / Д.Н. Решетов. – М. : Машиностроение, 1989. – 496 с.
6. Приводы машин : справочник / В.В. Длоугий, Т.И. Муха, А.П. Цупиков, Б.В. Януш ; под общ. ред. В.В. Длоугого. – 2-е изд. – Л. : Машиностроение, 1982. – 383 с.
7. Иванов, М.Н. Детали машин / М.Н. Иванов, В.Н. Финогенов. – М. : Высшая школа, 2003. – 408 с.
8. Орлов, П.И. Основы конструирования : справочно-методическое пособие : в 2 кн. / П.И. Орлов. – М. : Машиностроение, 1988. – Кн. 2. – 544 с.
9. Проектирование механических передач / С.А. Чернавский и др. – М. : Машиностроение, 1984. – 560 с.

Учебное издание

ДЕТАЛИ МАШИН

Лабораторные работы

Составители:

ГАЛКИН Павел Александрович,
МАЙНИКОВА Нина Филипповна,
ЧЕРВЯКОВ Виктор Михайлович,
ПИЛЯГИНА Анна Олеговна

Редактор Т.М. Г л и н к и н а
Инженер по компьютерному макетированию М.А. Ф и л а т о в а

Подписано в печать 9.06.2011
Формат 60 × 84/16. 1,86 усл. печ. л. Тираж 200 экз. Заказ № 258

Издательско-полиграфический центр ГОУ ВПО ТГТУ
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14