

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра механики материалов, конструкций и машин

Е.В. Пояркова, Н.Я. Подоляк

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 15.03.01 Машиностроение, 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Оренбург
2018

УДК 620.10
ББК 30.121
П75

Рецензент – доцент, доктор технических наук Ю.А. Чирков

- П75 **Пояркова, Е.В.**
Изучение конструкций подшипников качения: методические указания / Е.В. Пояркова, Н.Я. Подоляк; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2018. – 39 с.

В методических указаниях представлено описание лабораторного практикума по теме «Изучение конструкций подшипников качения».

Настоящие методические указания предназначены обучающимся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 15.03.01 Машиностроение, 15.03.02 Технологические машины и оборудование, осваивающим дисциплины «Машиноведение», «Детали машин и основы конструирования».

Методические указания подготовлены в рамках реализации проектов по совершенствованию содержания и технологий целевого обучения студентов в интересах организаций оборонно-промышленного комплекса («Новые кадры ОПК–2017»).

УДК 620.10
ББК 30.121

© Пояркова Е.В.,
Подоляк Н.Я., 2018
© ОГУ, 2018

Содержание

Введение	4
1 Лабораторная работа «Изучение конструкций подшипников качения»	5
2 Краткие теоретические сведения	5
2.1 Конструкции подшипников качения	5
2.2 Основные типы подшипников и их характеристики	7
2.3 Классификация подшипников качения	15
2.4 Система условных обозначений	18
2.4.1 Условное обозначение подшипников по внутреннему диаметру	20
2.4.2 Условное обозначение серий подшипников	21
2.4.3 Условное обозначение типа подшипников	22
2.4.4 Условное обозначение подшипников по конструктивным разновидностям	22
3 Примеры расшифровки обозначений подшипников	23
4 Дополнительные знаки условного обозначения	25
4.1 Обозначение класса точности подшипников	25
4.2 Обозначение радиального зазора и момента трения подшипников	26
4.3 Расшифровка дополнительных знаков справа от основного обозначения	27
5 Материал деталей подшипников	28
6 Порядок выполнения работы	30
7 Содержание отчёта	37
8 Контрольные вопросы к защите работы	37
9 Вопросы для самоконтроля	38
Список рекомендованных источников	39

Введение

Дисциплины, связанные с изучением принципов расчета и конструирования различных деталей машин и оборудования, представляют собой основу общетехнической подготовки обучающихся машиностроительных специальностей и направлений подготовки всех форм обучения.

«Детали машин и основы конструирования», «Машиноведение» – всё это дисциплины общетехнической подготовки обучающихся по теории, расчету и конструированию составных частей машин: деталей и узлов общемашиностроительного применения. Основными задачами изучения этих предметов являются обобщение инженерного опыта создания машиностроительных конструкций, разработка научных основ расчета и проектирования надежных элементов и узлов конструкции.

На протяжении изучения вышеперечисленных дисциплин обучающиеся расширяют свои знания в производственно-конструкторской деятельности в области проектирования деталей и узлов общемашиностроительного применения. Материалы дисциплин содержат сведения о конструкциях, типаже критериев работоспособности деталей машин, сборочных единиц и агрегатов; об основе теории совместной работы (сопряжении) деталей машин и методов их расчета.

Настоящие указания к лабораторной работе по теме «Изучение конструкций подшипников качения» представляют собой только одну часть методического обеспечения интерактивных занятий, входящих в цикл лабораторного практикума, преследующего цель содействовать углублению и закреплению теоретических знаний студентов и развитию их навыков экспериментирования.

1 Лабораторная работа «Изучение конструкций подшипников качения»

Цель работы – изучение основных типов подшипников качения и знакомство с их условными обозначениями.

Основными задачами работы для достижения поставленной цели являются:

- научиться определять типы подшипников по внешнему виду, по маркировке и по отдельным деталям;
- ознакомиться с материалами, применяемыми для изготовления подшипников качения, и с основными конструктивными особенностями исполнения различных типов подшипников.

Оснащение лабораторной работы:

- линейка измерительная, металлическая;
- штангенциркуль ШЦ-125;
- комплект подшипников качения.

2 Краткие теоретические сведения

2.1 Конструкции подшипников качения

Подшипники качения – это опоры вращающихся или качающихся деталей, в которых элементами качения служат шарики или ролики, установленные между кольцами и удерживаемые на определённом расстоянии друг от друга обоймой, называемой сепаратором. В процессе работы одно из колец подшипника, как правило, неподвижно. В некоторых типах подшипников одно или оба кольца могут отсутствовать (в них тела качения опираются непосредственно на поверхность вала или корпуса). Ряд подшипников качения выпускается с уплотнениями. В некоторых подшипниках качения может отсутствовать сепаратор. Посадочные поверхности внутреннего и наружного кольца, как правило, гладкие цилиндрические, но имеются разновидности

колец с буртиками, с канавками, с цилиндрическими или сферическими выемками, с отверстиями для подвода смазки, с конической расточкой, с эксцентриситетом посадочной поверхности и поверхности беговой дорожки, с внутренним кольцом на разжимной втулке.

Подшипники качения являются опорами валов, осей и других деталей машин.

Подшипник качения состоит из *наружного 1* и *внутреннего 2* колец, тел качения (шариков или роликов) *3* и *сепаратора 4*, разделяющего и направляющего тела качения (рисунок 1). Поверхности на внутреннем и наружном кольцах, по которым перемещаются тела качения, называются *дорожками качения*.

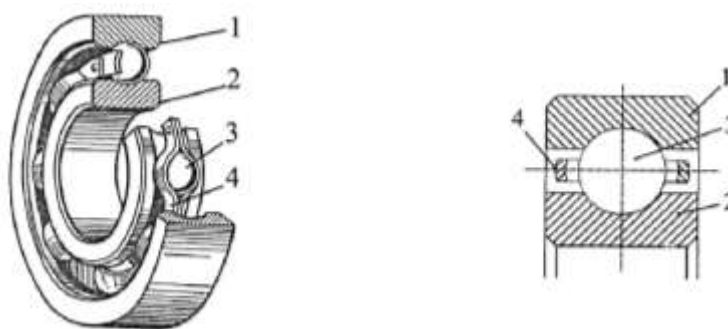


Рисунок 1 – Конструкция и схема подшипника качения

Подшипники качения стандартизованы и выпускаются на специализированных заводах. Размеры и характеристики подшипников приведены в ГОСТ 3395-89, а также в каталогах и справочниках подшипниковых заводов.

Подшипники качения имеют малые потери на трение, небольшой расход смазочного материала; они просты в эксплуатации, взаимозаменяемы, относительно дешевы.

Недостатки подшипников качения: низкая долговечность при больших скоростях и ударных нагрузках, относительно большие радиальные габаритные размеры и масса.

Кольца и тела качения подшипников изготавливают из подшипниковых высокоуглеродистых хромистых сталей ШХ15, ШХ15СГ, легированных сталей 18ХГТ, 20Х2Н4А и других.

Твердость колец и тел качения подшипников от 60 до 65 HRC, шероховатость поверхностей тел качения и дорожек качения Ra находится в интервале от 0,04 мкм до 0,08 мкм.

Сепараторы делают из мягкой углеродистой стали, а для высокоскоростных подшипников их выполняют достаточно массивными из бронзы, латуни, алюминиевых сплавов, металлокерамики, текстолита, полиамидов и других пластмасс.

2.2 Основные типы подшипников и их характеристики

Шариковые радиальные однорядные подшипники (рисунок 2) способны воспринимать радиальную F_r и небольшую осевую F_a нагрузку в обоих направлениях, а также допускать небольшой перекос колец (не более $10' - 15'$). Они являются одними из наиболее распространенных и недорогих подшипников.

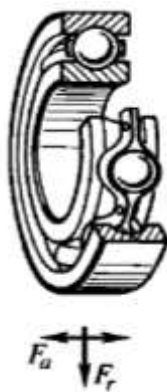


Рисунок 2 – Шариковый радиальный однорядный подшипник

Подшипники характеризуются сравнительно малой радиальной и осевой жесткостью и не рекомендуются для применения в узлах, требующих точной фиксации валов. Динамическая и статическая радиальная грузоподъемность их ниже, чем у роликоподшипников равных размеров.

Помимо основной конструкции (рисунок 3, а) выпускают подшипники следующих исполнений: с защитными шайбами (рисунок 3, б); со встроенными уплотнениями с одной или обеих сторон (рисунок 3, в); с канавкой на наружном кольце (рисунок 3, г) для установочного кольца, что позволяет производить сквозную обработку отверстий корпуса под посадку наружных колец. Для этой же цели служат подшипники с упорным буртом, а также с фланцем на наружном кольце. Подшипники со сферической посадочной поверхностью наружного кольца (рисунок 3, д) могут самоустанавливаться при монтаже, компенсируя несоосность посадочных отверстий.

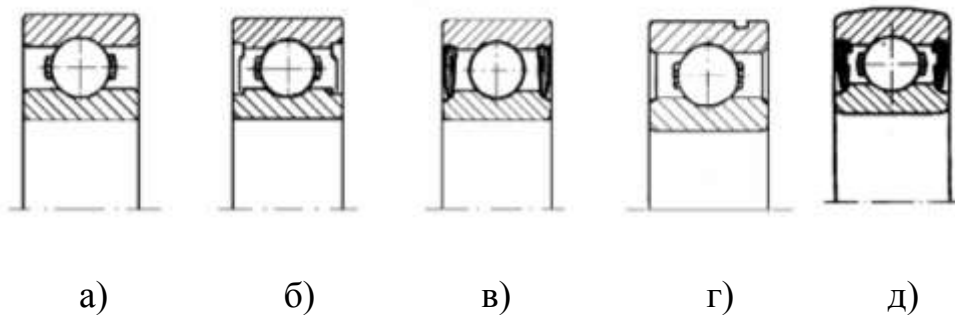


Рисунок 3 – Шариковые радиальные однорядные подшипники

Шариковые радиальные двухрядные сферические подшипники (рисунок 4) предназначены для восприятия радиальных F_r , а также небольших осевых F_a нагрузок в обоих направлениях.

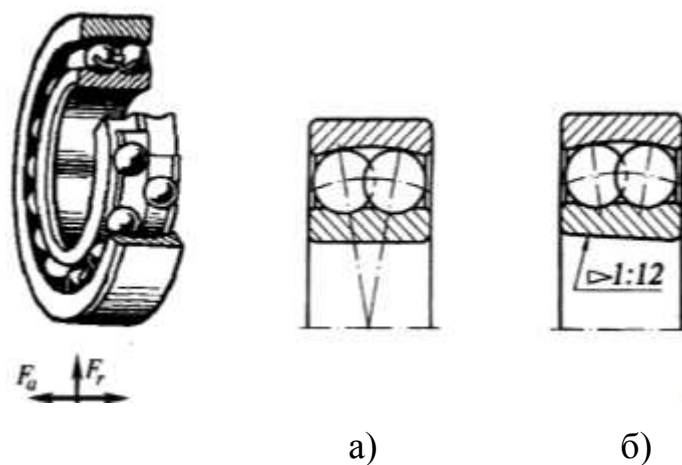


Рисунок 4 – Шариковые радиальные двухрядные сферические подшипники

Дорожка качения наружного кольца представляет собой сферическую поверхность, что делает подшипник самоустанавливающимся: подшипники могут работать при перекосах колец до 3° .

Помимо основного исполнения (рисунок 4, а) подшипники изготавливают с коническим посадочным отверстием (рисунок 4, б), позволяющим легко установить их на коническую поверхность вала. Область применения данных подшипников – механизмы, в которых возможна несоосность посадочных мест, а также в случаях, когда неизбежны значительные прогибы валов или осей.

Роликовые радиальные подшипники с короткими цилиндрическими роликами (рисунок 5) предназначены для восприятия радиальных F_r нагрузок. Они отличаются повышенной нагрузочной способностью, но тяжелее и дороже аналогичных шариковых подшипников, кроме того, они очень чувствительны к перекосам колец. Даже небольшие перекосы (от $1'$ до $2'$) приводят к неблагоприятному распределению контактных давлений и снижению долговечности.



Рисунок 5 – Роликовый радиальный подшипник с короткими цилиндрическими роликами

Конструктивные исполнения подшипников с двумя бортами на одном кольце и без бортов на втором (рисунок 6, а, в) допускают в определенных пределах осевые перемещения внутреннего кольца относительно наружного, что дает возможность использовать их в качестве плавающих опор. Подшипник с бортом на одном из колец (рисунок 6, б, г) фиксирует вал в одном осевом

направлении и может воспринимать кратковременные небольшие осевые нагрузки. Для фиксации вала в обоих направлениях и восприятия небольших осевых нагрузок применяют подшипники с приставным бортовым кольцом (рисунок 6, д).

Данные подшипники применяют в узлах механизмов, где требуется большая радиальная грузоподъемность: станках, прокатном оборудовании, дорожно-транспортных машинах и прочих механизмах.

Двухрядные и многорядные подшипники с короткими цилиндрическими роликами имеют еще большую грузоподъемность и жесткость при относительно небольших габаритных размерах в радиальном направлении.

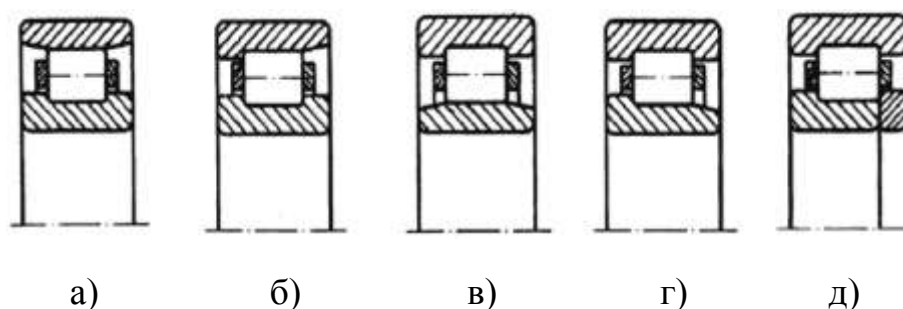


Рисунок 6 – Роликовые радиальные подшипники с короткими цилиндрическими роликами

Роликовые радиальные двухрядные сферические подшипники (рисунок 7) имеют сферическую поверхность дорожки качения наружного кольца, а также бочкообразную форму роликов, что обеспечивает работу при перекосах колец от 1° до $2,5^\circ$. Подшипники являются самоустанавливающимися, могут выдерживать большие радиальные F_r и небольшие осевые F_a нагрузки.

Помимо основного исполнения (рисунок 7, а) подшипники изготавливают с коническим отверстием (рисунок 7, б). Их устанавливают или непосредственно на коническую поверхность вала, или на закрепленную втулку (рисунок 7, в), надеваемую на цилиндрический участок вала.

Сферические подшипники применяют в тяжело нагруженных узлах, где возможны перекосы, обусловленные погрешностями изготовления, а также деформациями корпуса и вала.

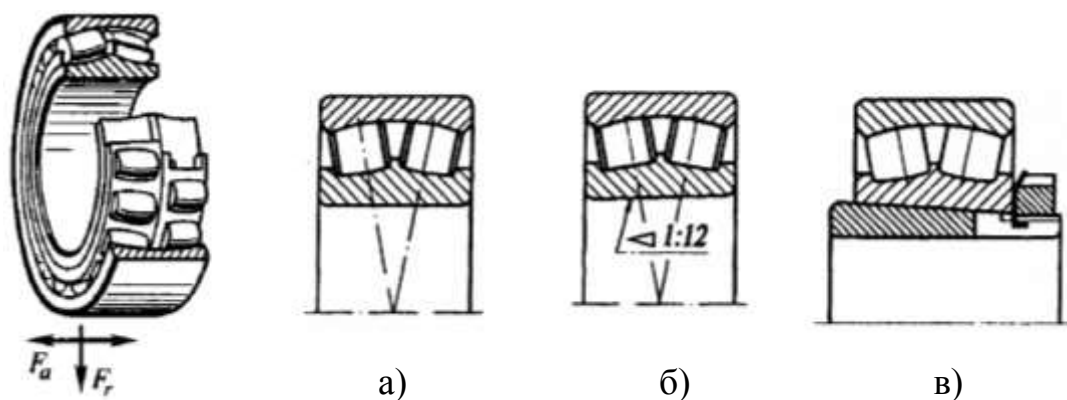


Рисунок 7 – Роликовые радиальные двухрядные сферические подшипники

Роликовые радиальные подшипники с игольчатыми роликами (игольчатые подшипники) (рисунок 8) способны воспринимать большие радиальные F_r нагрузки, осевые нагрузки они не воспринимают. Перекосы колец недопустимы.

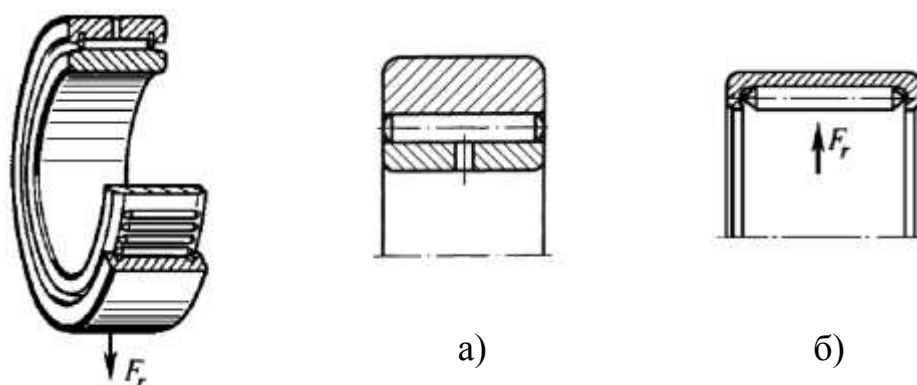


Рисунок 8 – Роликовые радиальные подшипники с игольчатыми роликами

Ролики (иглы) имеют диаметр от 1,6 до 6 мм и длину, от 4 до 10 раз превосходящую диаметр (рисунок 8, а). Иглы устанавливают без сепаратора или с сепаратором. Для уменьшения радиальных габаритов применяют подшипники без колец или с одним кольцом (рисунок 8, б). По сравнению с шариковыми подшипниками они имеют существенно меньшие габаритные размеры в радиальном направлении при значительно большей грузоподъемности.

Игольчатые подшипники обладают высокой жесткостью и могут использоваться в качестве высокоточных опор. Из-за большого числа контактных поверхностей игольчатые подшипники обладают высокими демпфирующими свойствами, поэтому допустимо их применение при значительном уровне вибрации.

Роликовые радиальные подшипники с витыми роликами (рисунок 9) воспринимают только радиальную F_r нагрузку. Из-за податливости роликов подшипники менее чувствительны к перекосам, чем подшипники со сплошными роликами, кроме того, обладая демпфирующими способностями, они могут воспринимать ударные нагрузки.



Рисунок 9 – Роликовые радиальные подшипники с витыми роликами

Шариковые радиально-упорные подшипники (рисунок 10) воспринимают радиальные F_r и односторонние осевые F_a нагрузки.

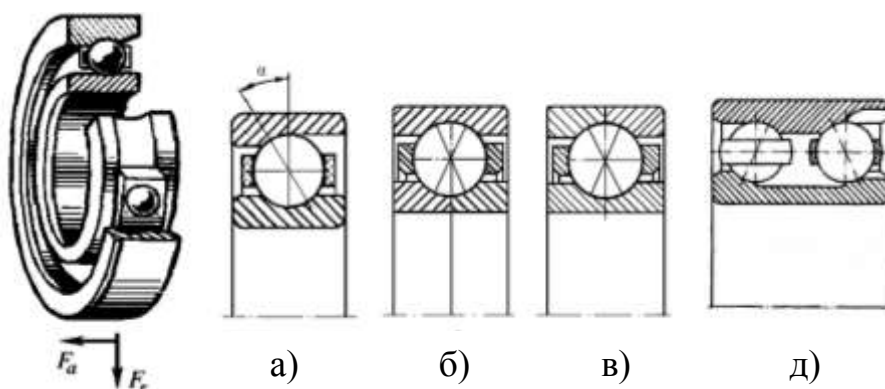


Рисунок 10 – Шариковые радиально-упорные подшипники

Нагрузочная способность этих подшипников выше, чем у радиальных шариковых, благодаря большему (на 40 %) числу тел качения, которое удается

разместить в подшипнике из-за наличия скоса на наружном или внутреннем кольце. Способность подшипника воспринимать осевую нагрузку зависит от номинального угла контакта тел качения с кольцами α (рисунок 10, а). Подшипники выполняют с номинальными углами контакта $\alpha = 12^\circ$, $\alpha = 26^\circ$, $\alpha = 36^\circ$. С увеличением α осевая грузоподъемность подшипника растет, а предельная частота вращения и допускаемая радиальная нагрузка уменьшаются.

Шариковый радиально-упорный однорядный подшипник с разъемным внутренним (рисунок 10, б) или наружным (рисунок 10, в) кольцом используют при радиальных и двухсторонних осевых нагрузках в условиях стесненных габаритов по оси. Шариковый радиально-упорный двухрядный подшипник (рисунок 10, г) воспринимает значительные радиальные и осевые нагрузки в условиях высоких требований к жесткости опоры.

Радиально-упорные подшипники с коническими роликами (рисунок 11) имеют тела качения в форме усеченного конуса и съемное наружное кольцо. Такая конструкция подшипников позволяет производить раздельный монтаж и демонтаж колец. При монтаже и эксплуатации подшипники нуждаются в регулировании осевых зазоров.

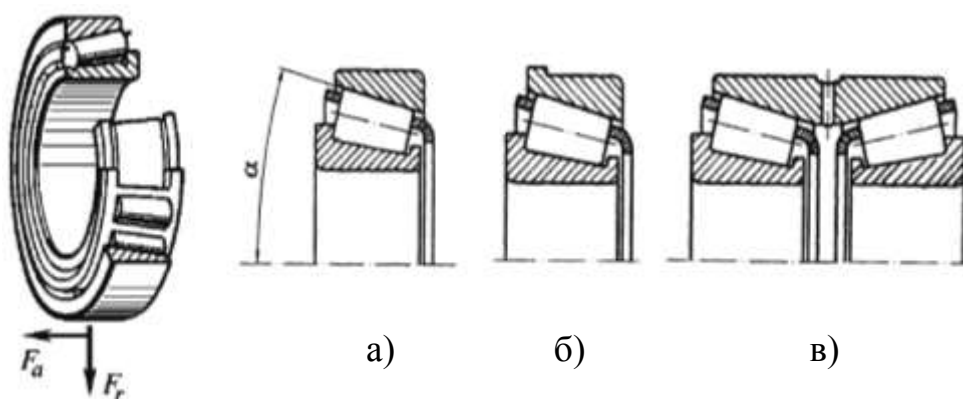


Рисунок 11 – Роликовые радиально-упорные подшипники

Подшипники воспринимают радиальные F_r и односторонние осевые F_a нагрузки. Осевая нагрузочная способность подшипников возрастает с

увеличением угла контакта α наружного кольца. Для большинства подшипников угол α бывает равным от 10° до 16° . Повышенную осевую нагрузку воспринимают подшипники с увеличенными углами контакта α , равными от 20° до 30° .

Помимо основной конструкции (рисунок 11, а) выпускаются подшипники с упорным буртом на наружном кольце (рисунок 11, б), а также подшипники двухрядные (рисунок 11, в) и четырехрядные, воспринимающие большую радиальную и двустороннюю осевую нагрузки.

Конические роликовые подшипники широко применяются в машиностроении, отличаются удобством монтажа, имеют большую нагрузочную способность по сравнению с радиально-упорными шариковыми подшипниками (примерно в 1,5 раза).

Шариковые упорные подшипники (рисунок 12) предназначены для восприятия только осевой нагрузки: для односторонней – одинарные подшипники (рисунок 12, а), для двусторонней – двойные (рисунок 12, б). Одно из колец подшипника устанавливается на вал с натягом, другое кольцо – в корпус с зазором. Эти подшипники удовлетворительно работают при небольших скоростях (до 10 м/с). При высоких частотах вращения появляются центробежные силы и гироскопические моменты, действующие на шарики. На горизонтальных валах подшипники работают хуже, чем на вертикальных, и требуют хорошей регулировки или постоянного поджатия колец пружинами.

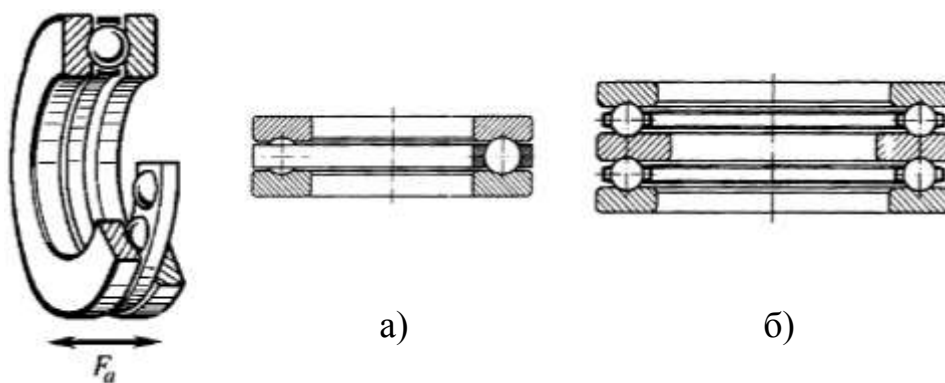


Рисунок 12 – Шариковые упорные подшипники

Роликовые упорные подшипники (рисунок 13) воспринимают большие осевые нагрузки, быстроходность их невелика. Для восприятия односторонней нагрузки применяют одинарные подшипники с коническими (рисунок 13, а) или цилиндрическими (рисунок 13, б) роликами. Для восприятия двухсторонней нагрузки применяют двойные подшипники (рисунок 13, в).

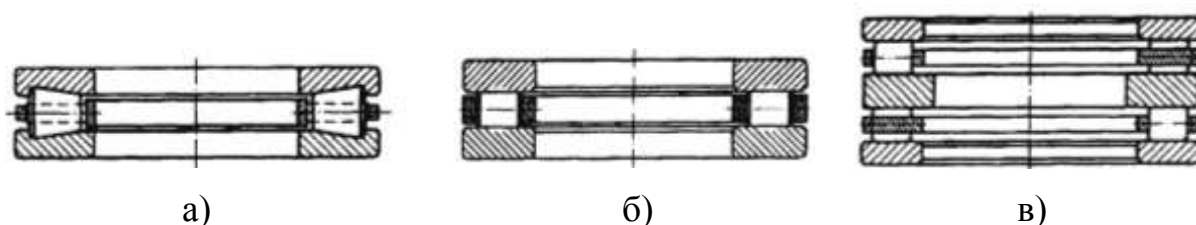


Рисунок 13 – Роликовые упорные подшипники

Упорно-радиальные шариковые и роликовые подшипники (рисунок 14, а, б) предназначены для восприятия больших осевых нагрузок и небольших радиальных.

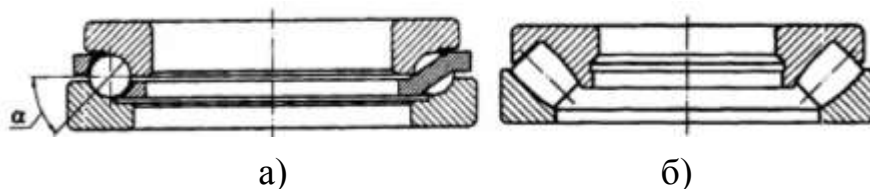


Рисунок 14 – Упорно-радиальные шариковые и роликовые подшипники

Описанные кратко типы подшипников имеют разнообразные конструктивные исполнения, которые используются для повышения надежности и точности подшипников, улучшения их технических показателей и облегчения монтажа.

2.3 Классификация подшипников качения

Обобщая изложенные выше характеристики, подшипники качения классифицируют по следующим основным признакам.

По форме тел качения: шариковые (рисунки 2–4, 10, 12, 14) и роликовые (рисунки 6–9, 11, 13, 14). Причём последние могут быть цилиндрическими, коническими, игольчатыми, бочкообразными и витыми.

По направлению воспринимаемой нагрузки: радиальные, радиально-упорные, упорно-радиальные и упорные.

По числу рядов тел качения: однорядные, двухрядные, трёхрядные, четырёхрядные и многорядные.

По способности самоустанавливаться: несамоустанавливающиеся и самоустанавливающиеся (сферические, допускающие угол перекоса внутреннего и наружного колец не более 3°).

По габаритным размерам: на серии. Для каждого подшипника при одном и том же внутреннем диаметре имеются различные серии, отличающиеся несущей способностью подшипника, то есть размерами колец и тел качения. Формы тел качения подшипников представлены на рисунке 15.

В зависимости от размера наружного диаметра подшипника, серии подразделяются на *сверхлёгкие, лёгкие, средние* и *тяжёлые*.

В зависимости от ширины подшипника серии бывают *особо узкие, узкие, нормальные, широкие* и *особо широкие*.

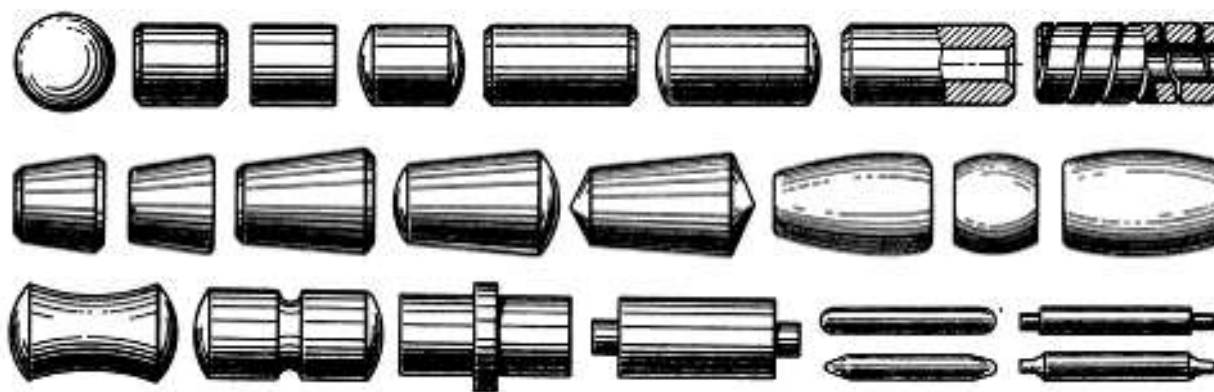


Рисунок 15 – Форма тел качения подшипников

Шариковые подшипники рекомендуется применять при относительно небольших нагрузках и больших скоростях вращения валов. Роликовые подшипники используют при больших нагрузках и малых скоростях вращения.

Поскольку у шариковых подшипников контакт тел качения с дорожками точечный, нагрузочная способность их ниже, чем роликовых, у которых контакт линейный.

По направлению воспринимаемой нагрузки различают подшипники:

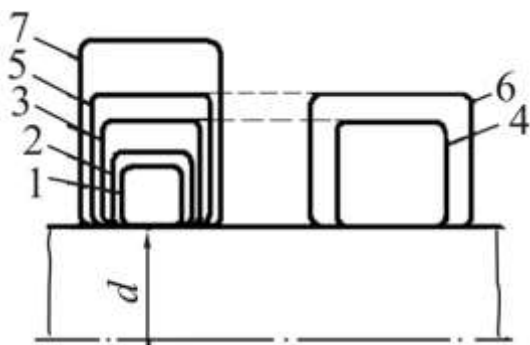
– *радиальные* (рисунки 2–9), воспринимающие преимущественно радиальную нагрузку, направленную перпендикулярно оси подшипника;

– *упорные* (рисунки 12, 13) и *упорно-радиальные* (рисунок 14), воспринимающие преимущественно осевую нагрузку, направленную вдоль оси подшипника;

– *радиально-упорные* (рисунки 10, 11), воспринимающие как радиальную, так и осевую нагрузку.

По числу рядов тел качения различают подшипники: *однорядные*, *двухрядные* и *многорядные*.

По габаритным размерам подшипники разделяют на *серии*. На рисунке 16 показаны относительные габаритные размеры подшипников некоторых серий при одном и том же внутреннем диаметре d .



1 – сверхлегкая серия;

2 – особо легкая;

3 – легкая;

4 – легкая широкая;

5 – средняя;

6 – средняя широкая;

7 – тяжелая.

Рисунок 16 – Серии подшипников

Подшипники разных серий отличаются размерами тел качения, колец и, следовательно, нагрузочной способностью.

Подшипники изготовляют различных *классов точности*, характеризующих совокупностью параметров, регламентирующих отклонения размеров, формы и взаимного расположения поверхностей колец подшипника и

их шероховатость, а также величины радиального и осевого биения дорожек качения и торцов колец.

Предусмотрено пять классов точности, обозначаемых в порядке повышения: 0; 6; 5; 4; 2.

Подшипники более высоких классов позволяют обеспечить лучшее центрирование, повысить кинематическую точность механизма в целом, обеспечить более высокие частоты вращения. Подшипник класса 2 стоит в 10 раз дороже, чем подшипник того же типоразмера класса 0, и в пять раз дороже, чем класса 5. Допуски на торцевое и радиальное биение для класса 2 приблизительно в пять раз меньше, чем для класса 0.

2.4 Система условных обозначений

Система условных обозначений установлена ГОСТ 3189-89 по следующим признакам:

- внутренний диаметр подшипника;
- серия диаметров или серия ширин;
- тип подшипника;
- конструктивная разновидность.

Порядок расположения условных обозначений приведен на схемах 1 и 2 (рисунки 17 и 18 соответственно). Порядок отсчёта цифр в условном обозначении принят справа налево. Нули, стоящие левее последней значащей цифры, в обозначении не указывают.

Подшипники с внутренним диаметром до 10 мм, исключая диаметры 0,6; 1,5; 2,5 мм обозначают по схеме 1, представленной на рисунке 17.

Подшипники с внутренним диаметром от 10 мм и более, исключая подшипники с внутренними диаметрами 22; 28; 32 и 500 мм обозначаются по схеме, представленной на рисунке 18.

Схему 2 для более удобного прочтения также можно представить в виде таблицы 3.

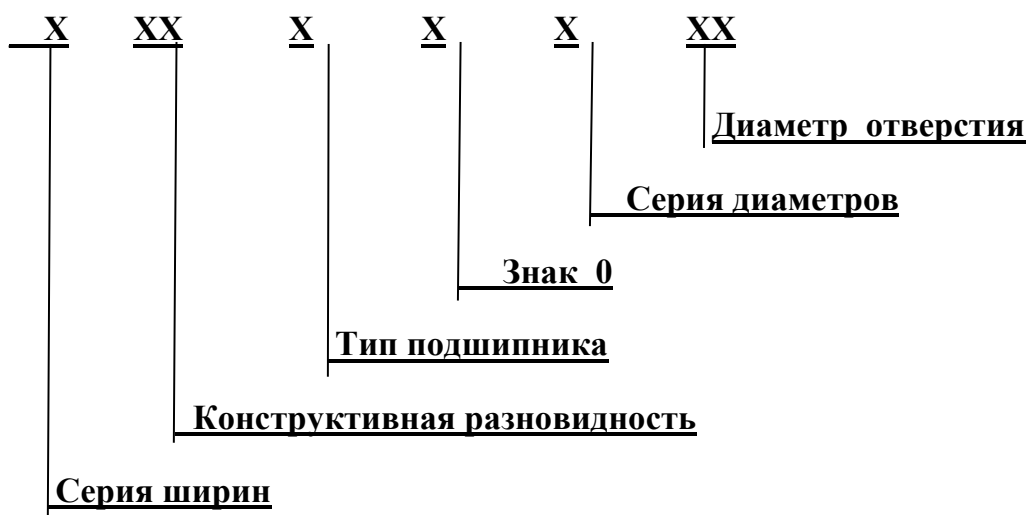


Рисунок 17 – Схема 1 обозначения подшипников с внутренним диаметром до 10 мм



Рисунок 18 – Схема 2 обозначения подшипников с внутренним диаметром от 10 мм и более

Таблица 3 – Значения цифр в условном обозначении подшипников качения

Цифра в условном обозначении (отсчёт справа)	Значения цифр
1-я и 2-я	Диаметр вала (внутренний диаметр подшипника d или втулки)
3-я и 7-я	Серия по наружному диаметру (3) и ширине (7) соответственно
4-я	Тип подшипника
5-я и 6-я	Конструктивная разновидность подшипника

2.4.1 Условное обозначение подшипников по внутреннему диаметру

Для схемы 1 (рисунок 17).

Первая цифра равна значению внутреннего диаметра.

Внутренние диаметры подшипников, равные 0,6; 1,5; 2,5 мм следует отделять от цифр, обозначающих серию диаметров, косой чертой " / ".

Внутренний диаметр подшипника, выраженный дробью (кроме значений 0,6; 1,5; 2,5 мм) обозначается приближённым значением внутреннего диаметра, округлённым до целой единицы. В условном обозначении таких подшипников на втором месте ставится цифра 9 (нестандартные внутренние диаметры).

Для схемы 2 (рисунок 18).

Первые две цифры определяют внутренний диаметр подшипника.

Обозначение внутренних диаметров подшипников от 10 до 20 мм должны соответствовать значениям, указанным в таблице 4.

Таблица 4 - Условное обозначение подшипников по внутреннему диаметру

Внутренний диаметр подшипника, мм	Обозначение
10	00
12	01
15	02
17	03

Внутренние диаметры подшипников, не указанные в таблице 4, должны иметь обозначение по ближайшему из указанных диаметров. В условном обозначении таких подшипников на третьем месте ставится цифра 9 (ненормальные внутренние диаметры).

Внутренние диаметры подшипников от 20 до 495 мм включительно обозначают частным от деления этого диаметра на 5.

Внутренние диаметры подшипников, равные 22, 28, 32, 500 мм и более обозначают соответствующими цифрами и отделяют от цифр, обозначающих серию диаметров, косой чертой " / ".

Внутренние диаметры подшипников, выраженные дробью или целым числом, не кратным цифре 5, обозначают целым приближённым частным от деления диаметра на 5. В условное обозначение таких подшипников на третьем месте входит цифра 9.

2.4.2 Условное обозначение серий подшипников

Подшипник одного внутреннего диаметра обычно изготавливают нескольких размерных серий, то есть его наружный диаметр и ширина (высота) различны в зависимости от грузоподъёмности и предельной быстроходности.

Вторая цифра в схеме 1 и третья цифра в схеме 2 обозначают серию диаметров.

Седьмая цифра в обеих схемах совместно со второй цифрой в схеме 1 или с третьей цифрой в схеме 2 определяют размерную серию подшипника.

Подшипники, нестандартные по внутреннему диаметру или ширине (неопределённая серия), на втором месте обозначают цифрой 6 или 7 (схема 1).

Установленные серии подшипников приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Установленные серии подшипников

Третья цифра в схеме 2 или вторая цифра в схеме 1	Седьмая цифра в схеме 2 или вторая цифра в схеме 1	Серия подшипника
1	8 или 9	Сверхлёгкая
1	7	Особо лёгкая
2		Лёгкая
2	5	Лёгкая широкая
3		Средняя
3	6	Средняя широкая
4		Тяжёлая
9	0	Серия ненормальных внутренних диаметров
7 или 8 в схеме 2		Серия нестандартных наружных диаметров

2.4.3 Условное обозначение типа подшипников






Четвёртая цифра справа в обозначении подшипника определяет его тип, который в зависимости от воспринимаемой нагрузки приведен в таблице 6.

2.4.4 Условное обозначение подшипников по конструктивным разновидностям






Пятая и шестая цифры в условном обозначении подшипника определяют его конструктивную разновидность и состоят из двух цифр от 00 до 99.

Конструктивных разновидностей подшипников очень много и наиболее распространённые из них приведены в ГОСТ 3395-89.

Таблица 6 – Условное обозначение и внешний вид разных типов подшипников

Тип подшипника	Обозначение и вид	
1	2	3
Шариковый радиальный	0	
Шариковый радиальный сферический	1	
Роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами	2	
Роликовый радиальный со сферическими роликами	3	
Роликовый радиальный с длинными или игольчатыми роликами	4	

Продолжение таблицы 6

1	2	3
Роликовый радиальный с витыми роликами	5	
Шариковый радиально-упорный	6	
Роликовый конический радиально-упорный	7	
Шариковый упорный, шариковый упорно-радиальный	8	
Роликовый упорный, роликовый упорно-радиальный	9	

Внимание! Если в обозначении подшипника должна присутствовать цифра 0 и после неё слева не требуются дополнительные обозначения (дополнительные цифры), то цифра 0 в обозначении не проставляется.

3 Примеры расшифровки обозначений подшипников

В таблице 7 представлены несколько примеров наиболее часто применяемых подшипников.

Таблица 7 – Примеры расшифровки обозначений разных типов подшипников

Обозначения	Расшифровка
1	2
1000094	расшифровывается по схеме 1 (цифра 0 на третьем месте), тип – радиальный шариковый (цифра 0 на четвёртом месте), внутренний диаметр 4 мм (цифра 4), сверхлёгкой серии (цифра 9), конструктивная разновидность 00, серия ширин 1

Продолжение таблицы 7

1	2
25	расшифровывается по схеме 1 (цифра 0 на третьем месте), тип – радиальный шариковый (цифра 0 на четвертом месте), внутренний диаметр 5 мм (цифра 5), лёгкой серии (цифра 2), конструктивная разновидность 00
2205 12305 42305 32305 92305 292305	Расшифровываются по схеме 2, тип – радиальные роликовые с короткими цилиндрическими роликами (2), внутренний диаметр 25 мм ($05 \cdot 5 = 25$), средней серии (3), конструктивная разновидность: 00 – без бортов на наружном кольце, 01 – с однобортовым наружным кольцом, 03 – с двухбортовым наружным кольцом, 04 – с однобортовым внутренним кольцом и двухбортовым наружным кольцом, 09 – с двухбортовым наружным кольцом и плоской опорной шайбой на внутреннем кольце, 29 – без внутреннего кольца
74103	Расшифровывается по схеме 2, тип – радиальный роликовый игольчатый (4), внутренний диаметр 17 мм (03), особо лёгкой серии (1), конструктивная особенность 07 – без сепаратора и с отверстием под смазку на наружном кольце
602/32	Расшифровывается по схеме 2, тип – шариковый радиальный (0), внутренний диаметр 32 мм (32), лёгкой серии (2), конструктивная разновидность 06 – с одной защитной шайбой

4 Дополнительные знаки условного обозначения

Слева через черту от основного обозначения подшипников, которое включает в себя не более семи цифр, указываются требования к точности изготовления подшипников.

Справа через черту от основного обозначения подшипников указываются параметры, определяющие специальные требования к материалу деталей подшипников, к термообработке деталей, конструктивные изменения деталей, специальные требования по шероховатости поверхности, температуре отпуска колец подшипников и требования по шуму при работе.

4.1 Обозначение класса точности подшипников

Установлены следующие классы точности подшипников, указанные в порядке повышения точности:

0, 6, 5, 4, 2, T – для шариковых и роликовых радиальных и шариковых радиально-упорных подшипников;

0, 6, 5, 4, 2 – для упорных и упорно-радиальных подшипников;

0, 6X, 6, 5, 4, 2 – для роликовых конических подшипников.

Установлены дополнительные классы точности подшипников – 8 и 7 ниже класса точности 0 для применения по заказу потребителей в неответственных узлах.

Классы точности подшипников характеризуются значениями предельных отклонений размеров, формы и расположения поверхностей подшипников. В общем машиностроении обычно применяют классы точности 0, 6, и 5.

Следует иметь в виду, что стоимость одного и того же подшипника класса точности 0 и класса точности 2 отличается в 10 раз.

В зависимости от наличия требований по уровню вибрации установлены три категории подшипников – А, В, С.

К категории А относятся подшипники классов точности 5, 4, 2, T с одним из дополнительных требований по повышенным нормам уровня вибрации,

волнистости и отклонению от круглости поверхностей качения, моменту трения, углу контакта, радиальному биению, осевому биению и их совместному значению.

К категории В относятся подшипники классов точности 0, 6X, 6, 5 с одним из дополнительных требований, аналогичных категории А.

К категории С относятся подшипники классов точности 7, 8, 0, 6, к которым не предъявляются требования по уровню вибрации, моменту трения и другие требования по категориям А и В.

Полные требования к точности подшипников приведены в ГОСТ 520-2002.

Класс точности подшипников указывается цифрой, соответствующей его точности слева от основного условного обозначения через тире. Класс точности "0" в условном обозначении опускается.

Пример: подшипник 6205.

Расшифровка: шарикоподшипник радиальный (четвёртая цифра слева "0" опущена) диаметром 25 мм (две последние цифры "05"), средней серии (третья цифра слева "2"), класс точности 6.

4.2 Обозначение радиального зазора и момента трения подшипников

Обозначения: 1, 2, 3 и так далее расположенные слева от обозначения класса точности подшипника характеризуют различные величины (ряды) радиальных зазоров. Зазор по нормальному ряду обозначается цифрой 0.

Обозначения: 1, 2, 3, и так далее, расположенные слева от радиального зазора, характеризуют различные величины (ряды) моментов трения.

У радиальных шарико- и роликоподшипников с радиальным зазором по нормальному ряду и у радиально-упорных шарикоподшипников в дополнительном обозначении между классами точности и обозначением момента трения проставляется буква "М".

Обозначения категорий подшипника проставляют:

– слева от обозначения ряда момента, например, А1М5-205;

– перед обозначением ряда зазоров при отсутствии требований по моменту трения, например, В25-205;

– перед классом точности при отсутствии требований по моменту трения и нормальной группе зазора, например, А5-205.

4.3 Расшифровка дополнительных знаков справа от основного обозначения

Дополнительные знаки справа от основного обозначения располагаются в следующем порядке:

- обозначение материала деталей подшипника (таблица 8);
- конструктивные изменения деталей подшипника К, К1, К2, ...;
- специальные требования по шероховатости, покрытиям и У, У1, У2, ...;
- температура отпуска колец подшипника Т1, Т2, ...;
- разновидности смазочных материалов для подшипников закрытого типа С1, С2;
- требования по шуму Ш, Ш1, Ш2,

Таблица 8 – Обозначение материала деталей подшипников

Дополнительные обозначения	Отличительные признаки
1	2
А	Подшипник повышенной грузоподъемности
Б, Б1, Б2,...	Сепаратор из безоловянистой бронзы
Г, Г1, Г2,...	Сепаратор массивный из черных металлов
Д, Д1, Д2,...	Сепаратор из алюминиевых сплавов
Е, Е1, Е2,...	Сепаратор из пластических материалов
К, К1, К2,...	Конструктивные изменения деталей подшипника (для роликовых подшипников, например, – это железный штампованный сепаратор)
Л, Л1, Л2,...	Сепаратор из латуни
Р, Р1, Р2,...	Детали подшипника из теплостойкой стали

Продолжение таблицы 8

1	2
С, С1, С2,...	Вид смазочного материала для подшипников закрытого типа
Т, Т1, Т2,...	Специальные требования к температуре отпуска колец подшипника
У, У1, У2,...	Специальные технические требования (по шероховатости, покрытиям поверхности и прочее)
Х, Х1, Х2,...	Кольца и тела качения из цементируемой стали
Ш, Ш1, Ш2,...	Специальные требования по уровню шума
Ю, Ю1, Ю2,...	Часть деталей или все детали из нержавеющей стали
Я, Я1, Я2,...	Кольца и тела качения из редко применяемых материалов (пластмасса, углепластик, стекло, керамика)

Цифры 1, 2, 3, и так далее справа от дополнительного буквенного обозначения Б, Г, Д, Е, К, Р, Л, У, Х, Ш, Э, Ю, Я указывают на каждое последующее исполнение с каким-либо отличием от предыдущего.

5 Материал деталей подшипников

Кольца и тела качения подшипников изготавливают из шарикоподшипниковой стали марок ШХ25СГ, ШХ15, ШХ20СГ, ШХ20 и других.

Кольца, ролики или шарики при температурах работы до 100 °С должны быть термически обработаны до твёрдости в интервале от 58 НРС до 66 НРС в зависимости от марки стали.

Сепараторы изготавливают из листовой стали, латуни, бронзы, дюралюминия, текстолита, полиамидов с различными уплотнителями. Пластмассовые сепараторы уменьшают величину инерционных нагрузок в подшипниках, дают возможность использовать упругие свойства пластмасс при монтаже тел качения.

Сепараторы, изготовленные из самосмазывающегося материала, служат источником твёрдой смазки. В качестве самосмазывающегося материала часто

применяется АМАН и ТЕСАН. Они выдерживают низкие и высокие температуры, глубокий вакуум, радиацию, не требуют уплотнений. Однако они не обеспечивают охлаждения узла трения, не возобновляются при износе, имеют повышенный коэффициент трения.

АМАН можно использовать для сепараторов обычных и высокоскоростных подшипников, работающих без жидкой смазки при нормальных и повышенных температурах. Сепараторы из АМАНА должны быть более массивны, чем обычные. Для увеличения ударной прочности у этих сепараторов по наружному диаметру устанавливается тонкий, менее 1 мм, металлический обод.

Для сепараторов, работающих в вакууме и в невесомости, пригоден не только АМАН, но и различные композиции, например, фторопласт-4 с бронзой, эпоксидная смола в сочетании с двухсернистым молибденом (дисульфид молибдена MoS_2), коллоидный графит. Механизм действия самосмазывающихся сепараторов основан на молекулярном переносе их материала на поверхность тел качения.

При окружной скорости менее 4 м/с обычно используется пластичный смазочный материал. Его закладывают при сборке в количестве, равном трети объема внутренней полости подшипникового узла при частоте вращения менее 1500 об/мин или половине объема при частоте вращения более 1500 об/мин. Этим методом смазывается большинство подшипников электроприводов механизмов летательных аппаратов. Так как окружная скорость зубчатого колеса выше, чем у подшипников его вала, возможно положение, когда подшипники смазываются пластичным смазочным материалом, а зубчатое колесо – жидким. В этом случае должны быть приняты меры против вымывания пластичного материала жидким (например, поставлены соответствующие уплотнительные устройства).

При окружной скорости от 4 до 10 м/с используется как пластичный материал, так и жидкий в виде масляного тумана от погруженных зубчатых колес. Например, последним методом осуществляется смазывание подшипников в промежуточных редукторах вертолетов.

6 Порядок выполнения работы

Объединенные в небольшую подгруппу обучающиеся (2-3 студента) получает (для своего варианта) натурные подшипники разных типоразмеров и мерительный инструмент.

1. Для натуральных подшипников требуется:

– выполнить эскизы с указанием основных размеров:

d – внутренний диаметр;

D – наружный диаметр;

b – ширина;

r и r_1 – радиусы скругления внутреннего и наружного колец;

– записать маркировку (условное обозначение) подшипников и, пользуясь настоящими методическими указаниями и технической литературой, выполнить расшифровку условных обозначений;

– определить ориентировочно материал деталей подшипников.

2. По данным таблицы 9 записать условное обозначение подшипника.

3. По данным таблицы 10 провести расшифровку условных обозначений подшипников.

Таблица 9 – Характеристики подшипников

Вариант	Краткая характеристика подшипника
1	2
1	Роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами, серия диаметров 9, серия ширин 1, конструктивное исполнение 03, диаметр отверстия $d=100$ мм, класс точности 0
2	Роликовый конический, серия диаметров 1, серия ширин 2, конструктивное исполнение 00, диаметр отверстия $d=250$ мм, класс точности 6

Продолжение таблицы 9

1	2
3	Роликоподшипник радиальный сферический, серия диаметров 1, серия ширин 3, конструктивное исполнение 11, диаметр отверстия d=110 мм, класс точности 6
4	Роликоподшипник игольчатый, серия диаметров 9, серия ширин 4, конструктивное исполнение 02, диаметр отверстия d=25 мм, класс точности 6
5	Роликоподшипник радиальный с витыми цилиндрическими роликами, серия диаметров 2, серия ширин 0, конструктивное исполнение 00, диаметр отверстия d=80 мм, класс точности 6
6	Шарикоподшипник радиальный сферический, серия диаметров 1, серия ширин 0, конструктивное исполнение 11, диаметр отверстия d=50 мм, класс точности 0
7	Шарикоподшипник радиально-упорный, серия диаметров 2, серия ширин 0, конструктивное исполнение 04, диаметр отверстия d=15 мм, класс точности 0
8	Шарикоподшипник радиально-упорный, серия диаметров 8, серия ширин 1, конструктивное исполнение 04, диаметр отверстия d=60 мм, класс точности 6

Продолжение таблицы 9

1	2
9	Шарикоподшипник радиальный, серия диаметров 1, серия ширин 0, конструктивное исполнение 00, диаметр отверстия $d=45$ мм, класс точности 0
10	Шарикоподшипник упорный одинарный, серия диаметров 9, серия ширин 0, конструктивное исполнение 00, диаметр отверстия $d=20$ мм, класс точности 0
11	Роликоподшипник радиальный с короткими цилиндрическими роликами, серия диаметров 2, серия ширин 0, конструктивное исполнение 03, диаметр отверстия $d=15$ мм, класс точности 0
12	Роликовый конический подшипник, серия диаметров 3, серия ширин 1, конструктивное исполнение 02, диаметр отверстия $d=200$ мм, класс точности 0
13	Роликовый радиальный сферический подшипник, серия диаметров 1, серия ширин 3, конструктивное исполнение 05, диаметр отверстия $d=250$ мм, класс точности 0
14	Роликовый игольчатый подшипник, серия диаметров 8, серия ширин 4, конструктивное исполнение 24, диаметр отверстия $d=120$ мм, класс точности 0

Продолжение таблицы 9

1	2
15	Роликоподшипник радиальный с витыми роликами, серия диаметров 3, серия ширин 0, конструктивное исполнение 00, диаметр отверстия $d=30$ мм, класс точности 6
16	Шарикоподшипник упорный, серия диаметров 2, серия ширин 0, конструктивное исполнение 03, диаметр отверстия $d=80$ мм, класс точности 6
17	Шарикоподшипник упорный, серия диаметров 2, серия ширин 0, конструктивное исполнение 00, диаметр отверстия $d=10$ мм, класс точности 0
18	Шарикоподшипник радиально-упорный, серия диаметров 1, серия ширин 0, конструктивное исполнение 00, диаметр отверстия $d=20$ мм, класс точности 6
19	Шарикоподшипник радиальный сферический с закрепленными втулками, серия диаметров 5, серия ширин 0, конструктивное исполнение 01, диаметр отверстия $d=70$ мм, класс точности 6
20	Шарикоподшипник радиальный сферический, серия диаметров 6, серия ширин 0, конструктивное исполнение 11, диаметр отверстия $d=80$ мм, класс точности 0

Продолжение таблицы 9

1	2
21	Шарикоподшипник радиальный с уплотнениями, серия диаметров 5, серия ширин 0, конструктивное исполнение 18, диаметр отверстия $d=10$ мм, класс точности 6
22	Шарикоподшипник радиальный, серия диаметров 9, серия ширин 1, конструктивное исполнение 00, диаметр отверстия $d=3$ мм, класс точности 6
23	Шарикоподшипник радиальный, серия диаметров 2, серия ширин 0, конструктивное исполнение 0, диаметр отверстия $d=4$ мм, класс точности 6
24	Роликоподшипник радиальный с короткими цилиндрическими роликами, серия диаметров 3, серия ширин 0, конструктивное исполнение 00, диаметр отверстия $d=15$ мм, класс точности 6
25	Шарикоподшипник радиальный сферический двухрядный, серия диаметров 2, серия ширин 0, конструктивное исполнение 01, диаметр отверстия $d=5$ мм, класс точности 6
26	Шарикоподшипник радиальный сферический, серия диаметров 5, серия ширин 0, конструктивное исполнение 01, диаметр отверстия $d=10$ мм, класс точности 0

Продолжение таблицы 9

1	2
27	Роликовый радиальный игольчатый подшипник, серия диаметров 1, серия ширин 4, конструктивное исполнение 07, диаметр отверстия d=17 мм, класс точности 6
28	Роликовый конический подшипник, серия диаметров 3, серия ширин 0, конструктивное исполнение 07, диаметр отверстия d=15 мм, класс точности
29	Шарикоподшипник радиальный однорядный с уплотнениями, серия диаметров 2, серия ширин 0, конструктивное исполнение 18, диаметр отверстия d=6 мм, класс точности 0
30	Шарикоподшипник упорный однорядный, серия диаметров 2, серия ширин 0, конструктивное исполнение 00, диаметр отверстия d=12 мм, класс точности

Таблица 10 – Данные для расшифровки условных обозначений подшипников

Вариант	Шарикоподшипник		Роликоподшипник	
1	2	3	4	5
1	6-1000097	1200	2111	6-7202
2	11128	36100	6-13613	7506
3	108904	4633320	32104	57203
4	403	1005	6-7305	6-32210
5	104690	5-1222	6-13620	4074900
6	60314	6-17	42212	358

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5
7	60302	8322	67610	4344900
8	46202	5-8	102316	3524
9	36101	80004	2117	6-7604
10	8202	5-24	3611	6-92313
11	6-80207	111312	4074912	7216
12	60201	6-6648	434420	218
13	6-180560	36217	12312	13514
14	8150	100098	7507	6-3615
15	60209	6-111	32211	2120
16	6-7000101	1605	2007109	4074105
17	1036902	1000915	2322	6-13611
18	34	11305	6-27317	6-13518
19	1310	6-8201	4003176	4074904
20	1009	8456	6-113505	6-2007118
21	160023	6-218	768	4344906
22	320	180024	2738	6-113612
23	60029	1302	1002956	5-358
24	7000104	1009	1032934	5-113514
25	5-80023	3204	6-9140	7202
26	6-8164	6008	3113152	7604
27	80017	1609	6-4003176	2007110
28	24	180099	2212	6-928
29	6-106008	3208	2516	424412
30	26	8216	407410	5-62305

7 Содержание отчёта

В отчёте приводятся:

- эскизы подшипников с основными габаритными размерами, даётся расшифровка цифровых и буквенных обозначений;
- материал деталей подшипников, описывается краткая характеристика подшипников по назначению и применению;
- запись условного обозначения подшипника по данным ранее представленной таблицы 9;
- расшифровка условных обозначений подшипников по данным, представленным в таблице 10.

8 Контрольные вопросы к защите работы

1. Из каких деталей состоят подшипники качения?
2. Для чего предназначен сепаратор?
3. Из каких материалов изготавливают тела качения, кольца и сепараторы подшипников качения?
4. В чем заключаются преимущества и недостатки подшипников качения?
5. По каким признакам классифицируют подшипники качения?
6. Для чего изготавливают подшипники различных серий?
7. Чем отличаются подшипники различных классов точности?
8. Дайте сравнительную характеристику радиальных роликовых и шариковых подшипников.
9. Особенности конструкции игольчатых подшипников.
10. В каких случаях следует применять сферические подшипники?
11. Дайте сравнительную характеристику радиально-упорных шариковых и роликовых подшипников.
12. Каковы особенности конструкции и применения упорных шариковых и роликовых подшипников?
13. Что и как можно узнать из условного обозначения подшипника?

14. Какова роль смазки в подшипниках качения? Какие смазки применяют в подшипниках качения и какие из них наиболее эффективны?
15. Как определить тип подшипника качения по его маркировке?
16. Как определить серию диаметров подшипника качения по его маркировке?
17. Каковы отличительные признаки серий подшипников качения по ширине и как их маркируют?
18. Как определить внутренний диаметр подшипника качения по его маркировке?
19. Что характеризуют буквы, расположенные справа от основной маркировки подшипника качения?
20. Где располагают признаки конструктивных особенностей подшипника качения в его маркировке?

9 Вопросы для самоконтроля

1. Назначение подшипников качения, их преимущества и недостатки в сравнении с подшипниками скольжения.
2. Классификация подшипников качения по форме тел качения и направлению воспринимаемой нагрузки.
3. Расшифровка маркировки подшипников (порядок расположения цифр в условном обозначении и их назначение).
4. Материал и термическая обработка деталей подшипников.
5. Наиболее характерные разновидности конструктивного исполнения подшипников. Пределы применимости в общем машиностроении, представленных на эскизах подшипников.

Список рекомендованных источников

1. Гузенков, П.Г. Детали машин: учеб. для вузов / П.Г. Гузенков. – М.: АЛЬЯНС, 2012. – 480 с.
2. Иванов, М.Н. Детали машин: учебник для вузов / М.Н. Иванов, В.А. Финогенов. – 12-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2008. – 408 с.
3. Крайнев, А.Ф. Идеология конструирования / А.Ф. Крайнев. – М.: Машиностроение-1, 2003. – 384 с.
4. Черменский, О.Н. Подшипники качения: справочник-каталог / О.Н. Черменский, Н.Н. Федотов. – М.: Машиностроение, 2003. – 576 с.
5. Иванов, М.Н. Детали машин: учебник для машиностроительных специальностей вузов / М.Н. Иванов, В.А. Финогенов. – М.: Высш. шк., 2000. – 408 с.
6. Иосилевич, Г.Б. Прикладная механика: учеб. для вузов / Г.Б. Иосилевич, Г.Б. Строганов, Г.С. Маслов. – М.: Высш. шк., 1989. – 351 с.
7. Шейнблит, А.Е. Курсовое проектирование деталей машин / А.Е. Шейнблит. – М.: Высш. шк., 1991. – 432 с.
8. ГОСТ 3395-89. Подшипники качения. Типы и конструктивные исполнения. – М.: Министерство автомобильного и сельскохозяйственного машиностроения СССР, 1989. – 56 с.
9. ГОСТ 3189-89. Подшипники шариковые и роликовые. Система условных обозначений. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 11 с.
10. ГОСТ 520-2002. Подшипники качения. Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2003. – 67 с.