Федеральное агентство по образованию

**Бийский технологический институт (филиал)**

государственного образовательного учреждения

высшего профессионального образования

«Алтайский государственный технический университет

имени И.И. Ползунова»

Ю.П. Волков, М.С. Дунин, Н.М. Климонова

**подшипники качения**

Методические рекомендации к лабораторной работе

по курсу «Детали машин» для студентов специальностей:

190603 «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования   
(автомобильный транспорт)»,

240706 «Автоматизированное производство химических предприятий»,

260601 «Машины и аппараты пищевых производств»,

160302 «Ракетные двигатели», 151001 «Технология машиностроения»,

170104 «Высокоэнергетические устройства автоматических систем»,

260204 «Технология бродильных производств и виноделие»   
всех форм обучения

*Издание 2-е, переработанное и дополненное*

Бийск

Издательство Алтайского государственного технического   
университета им. И.И. Ползунова

2009

**УДК 621.7**

**В67**

|  |  |
| --- | --- |
| Рецензент: | к.т.н., доцент кафедры ТХМ БТИ АлтГТУ А.Н. Блазнов |

**Волков**, Ю.П.

|  |  |
| --- | --- |
| В67 | Подшипники качения: методические рекомендации к лабораторной работе по курсу «Детали машин» для студентов специальностей: 190603 «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (автомобильный транспорт)», 240706 «Автоматизированное производство химических предприятий», 260601 «Машины и аппараты пищевых производств», 160302 «Ракетные двигатели», 151001 «Технология машиностроения», 170104 «Высокоэнергетические устройства автоматических систем», 260204 «Технология бродильных производств и виноделие» всех форм обучения / Ю.П. Волков, М.С. Дунин, Н.М. Климонова. – Изд. 2-е, перераб. и доп.– Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2009. – 18 с. |

Методические рекомендации содержат общие сведения о подшипниках качения, необходимые для выполнения лабораторной работы. Приведены описание используемого оборудования и приборов, порядок выполнения работы, рекомендации по обработке экспериментальных данных и составлению отчета, контрольные вопросы для закрепления и проверки знаний студентов, полученных при выполнении работы.

Предназначены для студентов специальностей, изучающих курс «Детали машин», всех форм обучения.

**УДК 621.7**

**В67**

|  |  |
| --- | --- |
|  | Рассмотрены и одобрены  на заседании кафедры ТМ  Протокол № 3 от 03.07.2009 г. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | © Волков Ю.П., Дунин М.С., Климонова Н.М., 2009 |
|  | © БТИ АлтГТУ, 2009 |

**Содержание**

|  |  |
| --- | --- |
| ВВЕДЕНИЕ…………………………………………………………………………….…. | 4 |
| 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОДШИПНИКАХ КАЧЕНИЯ……………………………... | 4 |
| 1.1 Назначение подшипников качения, их достоинства и недостатки.  Материалы подшипников качения……………………………….……..................... | 4 |
| 1.2 Классификация подшипников качения…………………………………………. | 5 |
| 1.3 Условные обозначения подшипников качения………………………………... | 6 |
| 1.4 Основные типы подшипников качения……………………………………….... | 6 |
| 1.5 Основные виды разрушения и критерии работоспособности подшипников  качения……………………………………………………........................................... | 8 |
| 1.6 Выбор типа подшипника………………………………………………………... | 9 |
| 1.7 Монтаж, демонтаж и обслуживание подшипников качения………………...... | 9 |
| 1.7.1 Подготовка к монтажу………………………………………………......... | 9 |
| 1.7.2 Монтаж подшипников качения ………………………………..……........ | 10 |
| 1.7.3 Демонтаж подшипников качения………………………………………... | 10 |
| 1.7.4 Обслуживание подшипников качения…………….…………………...... | 11 |
| 2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ………………….……... | 11 |
| 3 Экспериментальное исследование характеристик  подшипников………………………………………………………………………… | 15 |
| 4 СОСТАВЛЕНИЕ ОТЧЕТА……………………………………………………………... | 16 |
| 5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ…………………………………………………………... | 16 |
| Рекомендуемая литература................................................................................. | 17 |

|  |
| --- |
|  |
|  |
|  |

**ВВЕДЕНИЕ**

Выполняя лабораторную работу, студент обязан изучить конструкции и особенности основных видов подшипников качения по натурным образцам, представленным на стенде и приведенным в литературе, ознакомиться с их классификацией и условными обозначениями.

Экспериментальное определение момента сопротивления вращению в подшипнике качения в зависимости от величины и направления приложенных сил и угловой скорости вращения подвижного кольца требует от студента вдумчивого отношения к выполняемой работе, развивает навыки экспериментальной работы и способствует углубленному изучению подшипников качения и условий их работы.

Лабораторная работа завершается составлением отчета с последующей его защитой.

**1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОДШИПНИКАХ КАЧЕНИЯ**

* 1. **Назначение подшипников качения, их достоинства и недостатки.**

**Материалы подшипников качения**

Опоры валов и осей, в которых трение скольжения заменено трением качения, называют подшипниками качения.

В настоящее время, подшипники качения являются основными видами опор в машинах. Основные виды подшипников качения стандартизованы. Подшипники качения изготовляют диаметром от 1 до 2600 мм (с диаметром шариков от 0,35 до 203 мм, с массой от 0,5 г до 3,5 т).

В лаборатории на стенде представлены основные виды подшипников. (Для изучения подшипников их можно снимать со стенда).

Подшипники качения (см. стенд) состоят из следующих деталей: наружного и внутреннего колец с дорожками качения, тел качения, сепараторов, разделяющих и направляющих тела качения. В некоторых видах подшипников одно или оба кольца могут отсутствовать. В них тела качения катятся непосредственно по канавкам вала или корпуса. Подшипники некоторых видов не имеют сепараторов. Подшипники других видов дополнительно снабжены защитными шайбами для защиты от загрязнения или для удержания смазки в узле, установочными кольцами и т.п.

Основными материалами для колец и тел качения подшипников являются шарикоподшипниковые высокоуглеродистые хромистые стали ШХ15 и ШХ15СГ.

Широко применяют также цементуемые легированные стали18ХГТ и 20Х2Н4А.

Твердость колец и роликов (кроме витых) обычно 60…65 HRC, шариков 62...66 HRC.

Для работы в условиях высоких температур применяют теплостойкие стали ЭИ347Ш и др.; при требовании немагнитности – бериллиевую бронзу БрБ2.

Сепараторы подшипников массового производства изготовляют из мягкой углеродистой стали методом штамповки; для высокоскоростных подшипников применяют массивные сепараторы из антифрикционных бронз, анодированного дюралюминия, металлокерамики, текстолита, полиамидов и др.

В условиях ударных нагрузок и высоких требований к бесшумности работы начинают применять тела качения из пластмасс. При этом резко снижаются требования к твердости колец.

Основные преимущества подшипников качения по сравнению с подшипниками скольжения:

– значительно меньшие потери на трение и, следовательно, более высокий коэффициент полезного действия (до 0,995) и меньший нагрев;

– момент трения при пуске в 10...20 раз меньше;

– экономия дефицитных цветных металлов;

– меньше требования к материалу и к термической обработке валов;

– меньшие габаритные размеры в осевом направлении;

– простота обслуживания и замены;

– меньший расход смазочных материалов;

– малая стоимость вследствие массового производства стандартных подшипников.

Недостатки подшипников качения:

– ограниченная возможность применения при очень больших нагрузках и значительных угловых скоростях валов;

– непригодны для работы при значительных ударных и вибрационных нагрузках из-за высоких контактных напряжений и плохой способности демпфировать колебания;

– большие, чем у подшипников скольжения, габаритные размеры в радиальном направлении.

– повышенный шум при высоких частотах вращения.

**1.2 Классификация подшипников качения**

Принято классифицировать подшипники качения по следующим признакам:

а) по направлению воспринимаемой нагрузки (ГОСТ 3395):

– радиальные, предназначенные для восприятия радиальной нагрузки и способные также фиксировать валы в осевом направлении и воспринимать небольшие осевые нагрузки;

– радиально-упорные для восприятия комбинированной радиальной и осевой нагрузок;

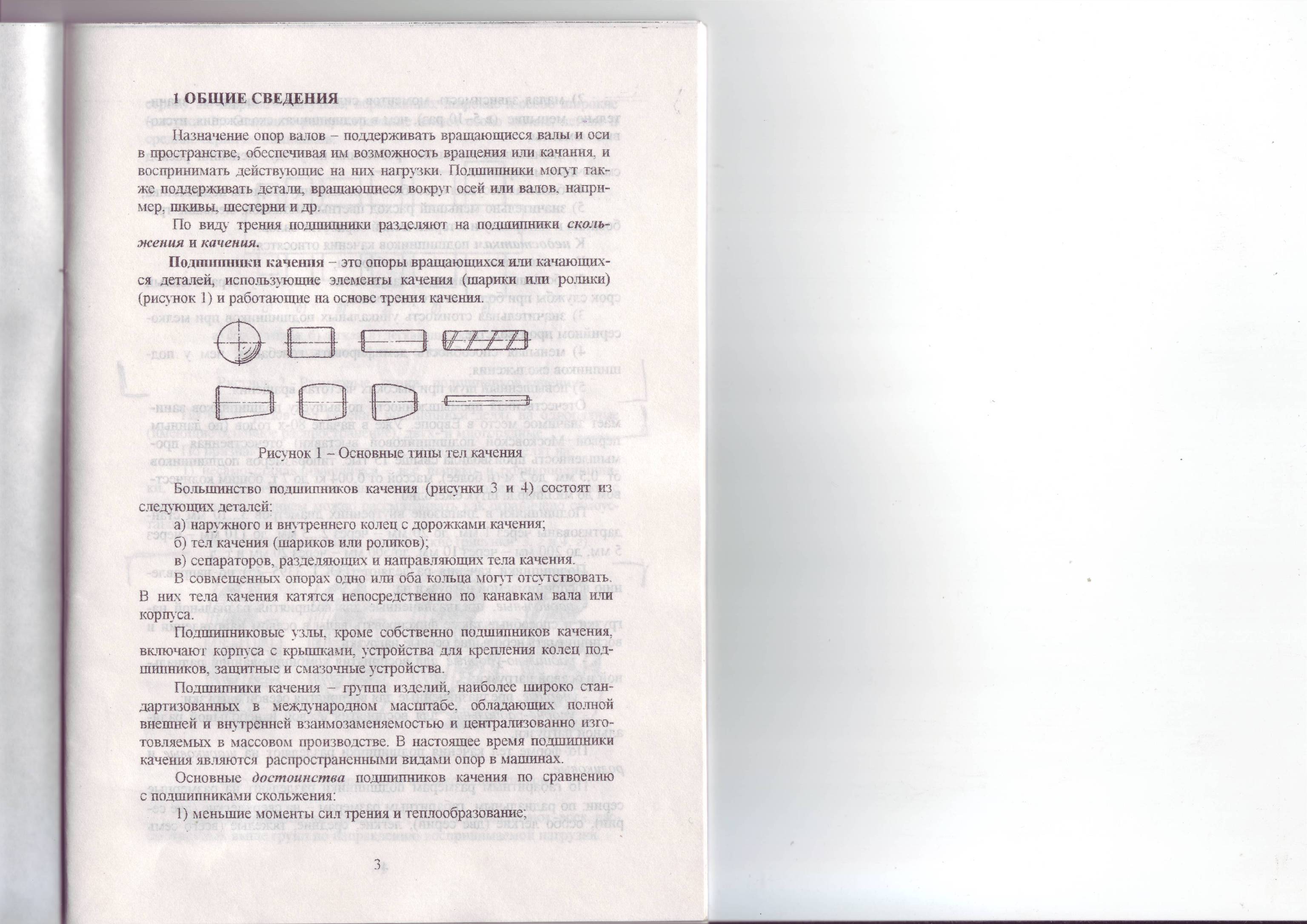
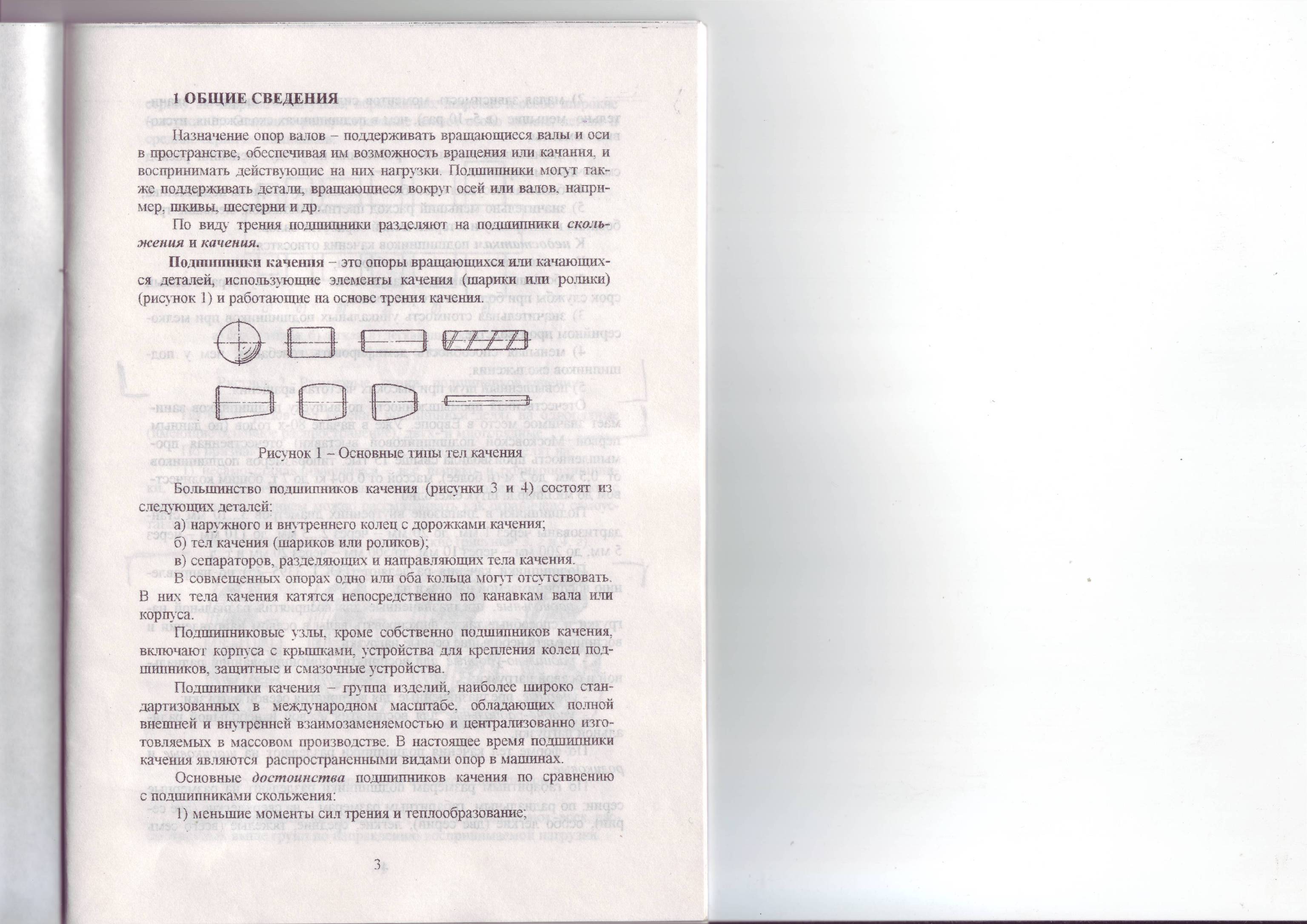
– упорные, предназначенные для восприятия осевой нагрузки;

– упорно-радиальныедля восприятия осевой и небольшой радиальной нагрузки;

б) по форме тел качения (рисунок 1) – шариковые (а), роликовые с цилиндрическими   
(короткими (б), длинными (в), витыми (г), в виде игл (и)), коническими (д, ж) и бочкообразными (е) роликами;

в) по числу рядов тел качения – однорядные, двухрядные, четырехрядные;

г) по способности компенсировать перекос валов – несамоустанавливающиеся, самоустанавливающиеся (сферические).



а

б

в

г

д

е

ж

и

Рисунок 1 – Тела качения подшипников

В зависимости от нагрузочной способности и размеров при одном и том же диаметре внутреннего кольца подшипники делятся на серии:

– по радиальным размерам – сверхлегкую, особолегкую, легкую, среднюю, тяжелую;

по ширине колец – узкую, нормальную, широкую.

Регламентируется пять классов точности подшипников (в порядке повышения точности): 0, 6, 5, 4, 2. Кроме того, реже применяются дополнительно классы точности 7 и 8 ниже класса точности 0.

Для подшипниковых узлов общего назначения (в том числе для редукторов) следует выбирать подшипники класса 0. Подшипники более высоких классов точности применяют при повышенных требованиях к точности узлов, они стоят дороже, и их выбор должен быть обоснован .

**1.3 Условные обозначения подшипников качения**

Подшипники качения – группа изделий, наиболее широко стандартизованных в международном масштабе, обладающих полной внешней и внутренней взаимозаменяемостью и централизованно изготавливаемых в массовом и серийном производствах.

Номера подшипников качения – условные обозначения, состоящие из ряда цифр и букв, содержат информацию о внутреннем диаметре внутреннего кольца, серии, типе, классе точности и конструктивных особенностях подшипников.

Последние две цифры номера подшипника характеризуют внутренний диаметр внутреннего кольца: ...00 (*d*=10 мм); ...01 (*d*=12 мм); ...02 (*d*=15 мм); ...03 (*d*=17мм). Начиная от ...4 (*d*=20 мм) и до ...99 (*d*=495 мм) для получения диаметра внутреннего кольца подшипника две последние цифры номера следует умножить на 5.

Третья справа цифра условного обозначения указывает серию подшипника: 8 (или 9) – сверхлегкая, 1 (или 7) – особолегкая; 2 (или 5) – легкая; 3 (или 6) – средняя; 4 – тяжелая;   
5 – легкая широкая; 6 – средняя широкая. Четвертая цифра справа обозначает тип подшипника:

1. – радиальный шариковый;
2. – радиальный шариковый сферический;
3. – радиальный с короткими цилиндрическими роликами;
4. – радиальный роликовый сферический;
5. – радиальный с длинными цилиндрическими роликами;
6. – радиальный с витыми роликами;
7. – радиально–упорный шариковый;
8. – роликовый конический;
9. – упорный шариковый, упорно–радиальный шариковый;
10. – упорный роликовый, упорно–радиальный роликовый.

Пятая и шестая справа цифры условного обозначения характеризуют конструктивные особенности подшипника – с конической втулкой, неразборный, с защитной шайбой и т.д.

Седьмая цифра справа характеризует серию подшипника по ширине – особо узкая, узкая нормальная, широкая, особо широкая.

Класс точности подшипника указывается перед условным обозначением подшипника и отделяется от него разделительным знаком (–) тире. Обычно «0» на подшипнике не указывают.

**1.4 Основные типы подшипников качения**

Радиальные однорядные шарикоподшипники получили наибольшее распространение в машиностроении. При одинаковых размерах с другими подшипниками имеют наименьшие потери на трение и допускают наибольшую частоту вращения. Такие подшипники могут воспринимать не только радиальные, но и осевые нагрузки, действующие в обоих направлениях вдоль оси вала и не превышающие 70 % использованной допустимой радиальной нагрузки. Для восприятия чисто осевой нагрузки применяют шарикоподшипники с увеличенными радиальными зазорами между шариками и дорожкой качения.

Область применения: жесткие двухопорные валы, прогиб которых под действием внешних сил не вызывает чрезмерного углового смещения оси вала относительно оси посадочного отверстия; валы с расстояниями между опорами *L*<10*d*, где *d* – диаметр вала. Возможен перекос колец 1…3' (при увеличенном радиальном зазоре до 10'). Среди подшипников качения имеют самую низкую стоимость.

Радиальные двухрядные сферические шарикоподшипники предназначены для восприятия радиальной нагрузки. Благодаря сферической форме дорожки наружного кольца допускают значительный перекос колец (до 2,5о) и могут воспринимать небольшие осевые нагрузки. Область применения: многоопорные валы трансмиссионного типа; двухопорные валы, подверженные значительным прогибам под действием внешних нагрузок; узлы, в которых технологически не может быть обеспечена строгая соосность посадочных мест (при растачивании отверстий в корпусах не за один проход, при установке подшипников в отдельно стоящих корпусах и т.д.).

Радиальные роликоподшипники с короткими и длинными цилиндрическими роликами воспринимают только радиальную нагрузку (если имеются борта на кольцах, то могут воспринимать незначительную осевую нагрузку). Нагрузочная способность таких подшипников приблизительно на 70 % больше, чем у шариковых, однако они не допускают перекоса колец, так как ролики начинают работать кромками и подшипники быстро выходят из строя. Эти подшипники допускают осевое взаимное смещение колец; их применяют для установки коротких жестких валов, а также в качестве «плавающих» опор.

Роликовые подшипники с витыми роликами воспринимают радиальную нагрузку при небольших угловых скоростях валов. Применяют их и при ударных нагрузках (удары смягчаются податливостью витых роликов). Эти подшипники не требуют высокой точности монтажа.

Игольчатые подшипники имеют ролики относительно большой длины и малого диаметра. Могут работать только при радиальных нагрузках, выдерживают ударные нагрузки при небольших угловых скоростях. Не допускают осевой нагрузки и перекоса колец. Обладают относительно меньшими габаритными размерами в радиальном направлении по сравнению с подшипниками других типов, при одинаковых диаметрах отверстия и грузоподъемности. Монтаж внутреннего и наружного колец с комплектом роликов (игл) обычно производят раздельно. На наружном кольце предусмотрены отверстия для подачи смазки к иглам.

Роликоподшипники радиальные двухрядные сферические предназначены в основном для работы под радиальными нагрузками, но могут одновременно воспринимать и осевую нагрузку, действующую в обоих направлениях и не превышающую 25 % неиспользованной допустимой радиальной нагрузки. Могут работать и при чисто осевом усилии, однако в этом случае воспринимать нагрузку будут лишь один ряд роликов. Обладают значительно более высокой грузоподъемностью, чем равногабаритные сферические шарикоподшипники. Допустимые частоты вращения значительно ниже, чем у подшипников с короткими цилиндрическими роликами. Подшипники имеют два ряда бочкообразных роликов. Дорожка качения на наружном кольце обработана по сфере. Могут работать при значительном (порядка 2…3°) перекосе оси внутреннего кольца относительно оси наружного.

Область применения: тяжелонагруженные многоопорные валы; двухопорные валы, подверженные значительным прогибам под действием внешних нагрузок (в частности, валы с нагрузкой на консоли); узлы, в которых технологически не обеспечивается строгая соосность посадочных мест (например, при установке подшипников в отдельных корпусах) и т.д.

Радиально-упорные шарикоподшипники применяют в подшипниковых узлах, воспринимающих одновременно радиальные и осевые нагрузки. При попарной установке подшипников они воспринимают осевые силы, действующие в обоих направлениях. Радиальная грузоподъемность этих подшипников на 30–40 % больше, чем у радиальных однорядных шарикоподшипников. Применяют их при средних и высоких угловых скоростях и неударных нагрузках.

Конические роликовые подшипники также предназначены для восприятия радиальной и осевой нагрузок. По сравнению с радиально-упорными шариковыми подшипниками обладают большей грузоподъемностью, возможностью раздельного монтажа внутреннего (вместе с роликами и сепаратором) и наружного колец, а также способностью воспринимать небольшие ударные нагрузки.

Недостатком этих подшипников является большая чувствительность к несоосности и относительному перекосу колец, поэтому они требуют жестких валов, точной расточки корпусов и тщательного монтажа. При действии двусторонней осевой нагрузки применяется попарная установка подшипников.

Упорные шарико- и роликоподшипники, предназначены для восприятия только осевой нагрузки и могут быть выполнены самоустанавливающимися. Применяют, их при средней и малой скоростях вращения во избежание заклинивания тел качения от действия центробежных сил. Устанавливают обычно в паре с радиальными шарико- или роликоподшипниками, центрирующими ось вала и ограничивающими свободу его перемещения в радиальном направлении.

В машиностроении применяют и другие типы как шариковых, так и роликовых подшипников, устройство и характеристика, которых приводятся в специальной литературе.

**1.5 Основные виды разрушения и критерии работоспособности**

**подшипников качения**

Основные виды разрушения деталей подшипников качения:

- усталостное разрушение (выкрашивание) рабочих поверхностей тел качения и беговых дорожек колец вследствие циклического контактного нагружения; этот основной вид разрушения подшипников наблюдается после длительной работы и сопровождается повышением шума и вибрации; из опыта эксплуатации установле­но, что чаще повреждается беговая дорожка внутреннего кольца;

- пластические деформации в виде вмятин, лунок на дорожках качения, наблюдаемые у тяжело нагруженных тихоходных подшипников при действии больших нагрузок без вращения или ударных нагрузок;

- абразивное изнашивание в результате недостаточной защиты от абразивных частиц (пыли и грязи), является основной причиной вывода из строя подшипников автомобилей, тракторов, строительных машин и т.п.; применение совершенных конструкций уплотнений подшипниковых узлов уменьшаете износ;

- задиры рабочих поверхностей в результате недостаточной смазки, очень малых зазоров из-за неправильного монтажа;

- разрушение колец и тел качения из-за перекосов при монтаже или при больших   
динамических нагрузках; этот вид разрушения при нормальной эксплуатации не наблюдается;

- разрушение сепараторов имеет место в быстроходных подшипниках от действия центробежных сил и давления тел качения.

Основными критериями работоспособности подшипников качения являются долговечность по усталостному выкрашиванию и статическая грузоподъемность по пластическим деформациям.

Расчет на долговечность выполняют для подшипников, вращающихся с угловой скоростью ω ≥ 0,105 рад/с.

Невращающиеся подшипники или медленно вращающиеся (с угловой скоростью   
ω < 0,105 рад/с) рассчитывают на статическую грузоподъемность.

Подшипники качения подбирают по коэффициенту работоспособности.

**1.6 Выбор типа подшипника**

Выбор типа подшипника зависит от его назначения, направления и величины нагрузки, частоты вращения, режима работы, стоимости подшипника, особенностей монтажа. При выборе подшипника необходимо сначала рассмотреть возможность применения радиальных однородных шарикоподшипников как самых дешевых и простых в эксплуатации. Выбор других типов подшипников должен быть конструктивно и экономически обоснован. Если действующие нагрузки невелики, скорости вращения высокие, то следует применять шариковые однорядные подшипники легких серий. Подшипники средних и тяжелых серий применяют при более высоких нагрузках, но при этом допускаемая скорость вращения уменьшается. При одновременном действии радиальной и осевой нагрузок выясняют возможность установки одного подшипника или двух, каждый из которых воспринимает один вид нагрузки (комбинация радиального и упорного подшипников). При ударных и переменных нагрузках, возможных пиковых перегрузках необходимо ориентироваться на двухрядные роликовые подшипники. Следует иметь в виду, что шариковые подшипники менее требовательны к смазке.

Подшипники должны быть установлены так, чтобы обеспечивалось необходимое радиальное и осевое фиксирование вала и исключались дополнительные нагрузки вследствие температурных деформаций, неправильного регулирования и т.п.

**1.7 Монтаж, демонтаж и обслуживание подшипников качения**

**1.7.1 Подготовка к монтажу**

Как показывает опыт, попадание в смазку подшипника инородных частиц может привести к быстрому выходу его из строя. Поэтому перед сборкой подшипникового узла все детали, от которых в него могут попасть любые твердые или мягкие частицы, должны быть тщательно очищены. Заусенцы должны быть удалены. Из отверстий для смазочного материала должны быть удалены остатки стружки. Протирочные материалы не должны оставлять волокон. В частности, нельзя применять хлопчатобумажную ветошь.

Перед монтажом проверяются размеры всех посадочных мест, соответствие допусков, посадок и внутренних зазоров технической документации. Корпусные отверстия для подшипников проверяются на соосность. Монтаж производят в чистых помещениях, в которых отсутствуют металлорежущие станки и другие производящие загрязнение машины.

Подшипник следует извлекать из упаковки непосредственно перед монтажом, что позволяет защитить его от загрязнений. На всех поверхностях подшипника, кроме посадочных, не следует удалять консервационное покрытие. Посадочные поверхности промываются растворителем на основе бензина. Большие подшипники обычно покрыты толстым слоем жирного консерванта, который необходимо удалить промыванием непосредственно перед монтажом. Подшипники, смазываемые пластичными смазками, предназначенными для работы в условиях высоких температур и особенно синтетическими смазками, должны быть полностью промыты от консерванта для пре­дотвращения его влияния на свойства смазочного материала. Используемые ранее подшипники перед монтажом должны быть тщательно промыты.

Закрытые подшипники с двусторонними контактными или бесконтактными уплотнениями никогда не промывают, а только очищают их наружные поверхности.

Если имеются признаки повреждения подшипника, то его следует заменить другим.

**1.7.2 Монтаж подшипников качения**

Основные правила при монтаже подшипников следующие. При запрессовке подшипника сила должна передаваться непосредственно на то кольцо, которое устанавливается с натягом. Если оба кольца установлены с натягом, то сила должна передаваться непосредственно и одновременно обоим кольцам. Недопустимо, чтобы сила передавалась от одного кольца к другому или от сепаратора к кольцу через тела качения. Нельзя допускать ударов непосредственно по кольцам, телам качения и сепаратору.

**Монтаж в холодном состоянии.** Малые подшипники с диаметром отверстия менее 80 мм можно устанавливать посредством молотка и втулки, соприкасающейся с запрессовываемым кольцом.

Малые подшипники с диаметром отверстия до 100 мм целесообразнее монтировать с помощью механического или гидравлического пресса. Сила, создаваемая прессом, должна передаваться к монтируемому с натягом кольцу через втулку.

В холодном состоянии могут монтироваться цилиндрические разъемные роликоподшипники всех размеров.

**Монтаж с нагревом.** С увеличением размера подшипника возрастает и сила, требуемая для запрессовки. Монтажные работы по установке подшипников на вал существенно облегчаются при их нагреве. Разность температур между подшипником и сопряженной с ним деталью зависит от посадки подшипника. Обычно подшипник, подлежащий насадке на вал, нагревают до температуры на 80...90 °С выше температуры вала. Следует иметь в виду, что нельзя нагревать подшипник до температуры, превышающей 125 °С, поскольку это может вызвать изменения в структуре металла, а также оказать влияние на размеры и твердость.

Если требуется монтировать подшипники с натягом в отверстие корпуса, то, ввиду малости натяга, бывает достаточно нагреть корпус на 20...50 °С выше. В том случае, если нагрев корпуса затруднен или невозможен из-за больших размеров, производят монтаж в отверстие корпуса предварительно охлажденных подшипников. Охлаждение производят до температуры -70...75 °С в термостате с сухим льдом.

Для нагрева подшипников может использоваться следующее оборудование. Подшипники можно нагревать в баке с маслом. Масляная ванна обеспечивает равномерный нагрев и сохраняет подшипник нагретым до самого монтажа. Нагревательный шкаф, оборудованный термостатом и вентилятором, может быть использован для нагрева нескольких подшипников разных размеров, а также небольших корпусов подшипников.

Для монтажа внутренних колец цилиндрических роликоподшипников удобно пользоваться нагревательными кольцами из алюминиевого сплава.

Если монтаж подшипников приходится осуществлять часто, для их нагрева следует применять индукционные нагреватели.

**1.7.3 Демонтаж подшипников качения**

Существует множество способов демонтажа подшипников качения. Основные способы следующие.

Подшипники малых и средних размеров обычно демонтируются с помощью механических инструментов. Для демонтажа удобно использовать пресс. При этом упор ставят на кольцо подшипника, установленное с натягом. Для демонтажа также используются различные съемники.

Съемник должен хорошо центрироваться. В противном случае место посадки может быть повреждено. В том случае, когда нет возможности произвести стягивание за внутреннее кольцо, установленное на валу с натягом, допускается стягивать и за наружное кольцо. Однако при этом можно повредить подшипник, так как сила будет передаваться через тела качения. Если этот подшипник предполагается использовать повторно, то в процессе стягивания за наружное кольцо подшипник следует поворачивать.

Если подшипник извлекается съемником из корпуса, где он был установлен с натягом, то его также в процессе стягивания следует поворачивать.

Следует отметить, что удобство демонтажа следует обеспечить еще на стадии проектирования подшипникового узла. На валу должны быть изготовлены пазы для захватов съемника, а в корпусе – резьбовые отверстия или пазы для съемника.

Для демонтажа подшипников средних размеров, как правило, необходимы значительные усилия. Поэтому вместо механических инструментов преимущественно используют гидравлические. При демонтаже средних и крупных подшипников целесообразно применять метод подачи масла под давлением между шейкой вала и отверстием подшипника.

Демонтаж внутренних безбортовых колец роликоподшипников удобно производить, применяя нагрев.

**1.7.4 Обслуживание** **подшипников качения**

Долговечность подшипников в подавляющем большинстве механизмов существенно зависит от качества обслуживания. Приемы обслуживания в механизмах, внеплановые остановки которых не приводят к тяжелым последствиям, обычно не сложны.

В процессе работы регулярно контролируется температура подшипника.

Повышенная температура подшипникового узла указывает на ненормальную работу подшипника. Кроме того, нагрев может отрицательно повлиять на смазочный материал.

Причиной повышения температуры может служить как недостаточное, так и избыточное смазывание, повышенные нагрузки, загрязнение смазочного материала, слишком малый зазор в подшипнике, чрезмерный натяг, а также сильное трение в уплотнениях.

Периодичное смазывание проводят согласно руководству по обслуживанию или в соответствии с рекомендациями.

Другим показателем состояния работы подшипника является уровень вибрации и частотные характеристики производимого подшипником шума. С помощью портативных виброметров можно надежно диагностировать состояние вращающихся подшипников качения. Технология основана на способе измерения вибраций в ультразвуковом диапазоне. Приборы, реализующие такую технологию, указывают на такие дефекты, как недостаточное либо неправильное смазывание, перегрузку или возникновение повреждений дорожек и тел качения.

В тех случаях, когда выход подшипников приводит к тяжелым последствиям, следует устанавливать непрерывно работающие диагностические приборы с соответствующим программным обеспечением для быстрой и точной диагностики и оценки результатов, а также автоматической остановкой механизма.

**2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ**

При выполнении лабораторной работы студенту предоставляется возможность изучить конструкции и характеристики основных видов подшипников качения по натурным образцам, представленным на стенде и в учебно-методическом пособии, ознакомиться с их классификацией и условными обозначениями.

Цель лабораторной работы: экспериментальное определение момента сопротивления вращению в подшипнике качения в зависимости от величины и направления приложенных сил и угловой скорости вращения подвижного кольца. Лабораторная работа завершается составлением отчета с последующей его защитой.

Для определения момента сопротивления вращению в подшипниках качения в лабораторной работе использован прибор ДП 11А (рисунок 2).



1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1 – плита; 2 – стойка; 3 – основание; 4 – панель передняя; 5 – электродвигатель;   
6 – ремень; 7 – шкив ведомый; 8 – шпиндель; 9 – корпус; 10 – пружина;   
11 – тахогенератор; 12 – устройство измерительное; 13 – микроамперметр;   
14–18 – тумблеры; 16 – регулятор скорости вращения

Рисунок 2 – Прибор для определения момента трения в подшипниках   
качения ДП 11А

В каждом опыте производят определение момента сопротивления вращению одного радиального шарикоподшипника при вращающемся внутреннем и неподвижном наружном кольце.

Мерой момента служит сила, которая определяется измерительным устройством по степени деформации плоской пружины. Для измерения деформации на конце пружины укреплена шторка, перекрывающая световой поток, направленный на фотодиод.

Сила тока в цепи фотодиода, в первом приближении пропорциональна деформации плоской пружины и, следовательно, моменту сопротивления в шариковом подшипнике. Измерение величины тока выполняется с помощью микроамперметра в положении тумблера – «момент».

Скорость вращения внутреннего кольца шарикоподшипника определяют с помощью тахогенератора, кинематически связанного с ним и включаемого в цепь микроамперметра в положении тумблера – «скорость».

Нагрузка на подшипник создается сменными грузами.

Соотношение между осевой и радиальной нагрузками определяется наклоном оси вращения внутреннего кольца, устанавливаемого поворотом вертикальной плиты в заданное положение.

Прибор ДП 11А (см. рисунок 2) состоит из привода, шпинделя 8, установленного в корпусе 9.

Механические узлы прибора установлены на вертикальной плите 1, которая в свою очередь смонтирована на литой стойке 2, закрепленной на основании 3 прибора.

Органы управления, микроамперметр и другие элементы электрической схемы расположены на передней панели 4.

Привод прибора осуществляется электродвигателем 5 постоянного тока. Электродвигатель заключен в корпус и соединен с вертикальной плитой 1.

На выходном валу электродвигателя закреплен ведущий шкив, который посредством ремня 6 передает движение на ведомый шкив 7, закрепленный на валу (шпиндель 8) прибора.

Шпиндель 8 установлен на двух шариковых подшипниках в корпусе 9, закрепленном на вертикальной плите. Верхняя часть шпинделя выполнена с внутренним резьбовым отверстием, в которое ввинчивается валик узла испытуемого подшипника.

Прибор укомплектован подшипниками, внутренние диаметры которых равны 5, 8 и 12 мм. Внутреннее кольцо испытуемого подшипника установлено на валике, который соединяется с помощью резьбы со шпинделем. Наружное кольцо установлено в стакане, на которые надевают прилагаемые к прибору грузы. Вес стаканов испытуемых узлов одинаковый и равен 1,265 Н. Центры тяжести грузов и стаканов в собранном виде совпадают с центром тяжести подшипника. Нагрузка на подшипник будет равна сумме весов стакана и груза. Груз закрепляется на стакане винтом с рифленой головкой, а поводок, укрепленный на грузе, устанавливается в седловину плоской пружины.

При вращении внутреннего кольца подшипника, приводимого в движение шпинделем, наружное кольцо подшипника вместе с надетыми на него стаканом и грузом силами трения увлекаются в сторону вращения внутреннего кольца, при этом поводок груза воздействует на верхний конец плоской пружины 10 и изгибает ее пропорционально величине момента сопротивления вращению в подшипнике.

Тахогенератор 11 механически связан со шпинделем прибора и служит для определения угловой скоростивнутреннего кольца испытуемого подшипника.

Плита 1 с установленными на ней механизмами и измерительным устройством 12 может поворачиваться относительно своей горизонтальной оси в пределах 90°, чем достигается изменение соотношения радиальной и осевой нагрузок на подшипник. Поворот плиты осуществляют рукояткой с пружинным фиксатором. На задней стороне стойки укреплен сектор с пазами, позволяющий фиксировать положение плиты через 15°.

После изучения и тщательного осмотра прибора ДП 11А приступают к его опробованию и тарировке измерительных устройств. До включения прибора в сеть следует убедиться в установке микроамперметра на «нуль» (в случае отклонения стрелки прибора от нулевого положения следует обратиться к преподавателю).

Для измерения угловой скорости подвижного кольца и момента сопротивления вращениюиспытуемого подшипника использован один измерительный прибор – микроамперметр. Соответствие между показаниями микроамперметра (мкА) и измеряемыми с его помощью угловой скоростью (рад/с) и моментом сопротивления вращению (Н⋅мм) определяется тарировкой.

Тарировку микроамперметра для измерения угловой скоростишпинделя (внутреннего кольца испытуемого подшипника) произведена предварительно при отладке прибора ДП 11А. Результаты тарировки приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты тарировки микроамперметра для измерения угловой скорости рабочего вала

|  |  |
| --- | --- |
| Показания микроамперметра,  мкА | Угловая скорость рабочего вала,  рад/с |
| 10 | 71,2 |
| 20 | 104,7 |
| 30 | 141,4 |
| 40 | 172,9 |
| 50 | 203,15 |
| 60 | 232,5 |
| 70 | 259,7 |
| 80 | 288,0 |
| 96 | 319,4 |

При выполнении лабораторной работы удобнее пользоваться тарировочным графиком, построенным на миллиметровой бумаге по данным приведенной таблицы 1.

Лабораторная работа выполняется для первого диапазона измерения прибора, положение тумблера «диапазон» – 1 (поз.14, рисунок 2).

Тарировку микроамперметрадля измерения момента сопротивления вращениювыполнить следующим образом.

Убедитесь, что измерительная пружина имеет свободу движения при ее деформации.

При включенном в сеть приборе (включить тумблер «сеть» – поз.15 рисунок 2) и вертикальном положении шпинделя и измерителя стрелка микроамперметра должна занимать в начале шкалы (3–10 делений) условно принимаемое за начало отчета «нулевое» положение (в случае отклонения стрелки прибора от нулевого положения следует обратиться к преподавателю).

Установить измерительное устройство в горизонтальное положение, повернув его относительно верхнего шарнира и закрепить винтом к плите. Под действием собственного веса плоская пружина деформируется, шторка, связанная с ней, приоткроет отверстие на пути светового потока и стрелка микроамперметра отклонится от «нулевого» положения на несколько делений, которые следует зарегистрировать для последующего использования. Положив имеющийся в комплекте прибора грузик весом 0,01 Н на конец плоской пружины, снять приращение числа делений показания микроамперметра. Эти операции повторить не менее двух раз, увеличивая каждый раз нагрузку на пружину на 0,01 Н (в качестве грузиков можно использовать монеты равного или кратного им веса). Результаты занести в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты тарировки микроамперметра для измерения силы действия на пружину

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование показателей | Номер опыта | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Нагрузка на пружину *F*, Н |  |  |  |  |
| Приращение показаний микроамперметра от  «нулевого» положения, мкА |  |  |  |  |
| Плечо *L* (расстояние от оси рабочего вала до  середины ширины пружины), мм |  |  |  |  |
| Момент *Т=F⋅L*, Н⋅мм |  |  |  |  |

|  |
| --- |
|  |

**3 Экспериментальное исследование   
характеристик подшипников**

По полученным результатам построить тарировочные графики (предпочтительнее на миллиметровой бумаге). Пример графика на рисунке 3.

В результате выполнения лабораторной работы должно быть выявлено влияние угловой скорости подвижного кольца подшипника, величины, направления и соотношения осевой и радиальной составляющих приложенной нагрузки на величину момента сопротивления вращению в подшипнике качения.

Для заданных по указанию преподавателя подшипника и груза, угла наклона оси вращения подвижного кольца выполнить серию опытов, изменяя угловую скорость подвижного кольца.

Для каждой подгруппы студентов задача исследования может быть уточнена и конкретизирована.



**Показания микроамперметра, мА**

Рисунок 3 – Пример тарировочного графика

Установить испытуемый подшипниковый узел на рабочий вал прибора, укрепить на нем груз.

После включения прибора в сеть включить тумблер 15 «сеть», тумблер 18 в положение «скорость», установить регулятор скорости вращения 16 в среднее положение, включить двигатель тумблером 17.

Поворачивая регулятор 16 и изменяя скорость вращения рабочего вала (внутреннего кольца подшипника) убедиться в исправной работе прибора.

Переключив микроамперметр дляизмерения момента сопротивления (положение тумблера 18 – «момент»), проверить работу прибора на всех скоростях вращения. Последовательно установить угол наклона оси вращения внутреннего кольца (несколько значений по указанию преподавателя), задать с помощью регулятора угловую скорость и, переключив прибор на измерение момента, зафиксировать показания микроамперметра. С помощью тарировочных таблиц 1 и 2 и построенных по ним тарировочных графиков преобразовать показания микроамперметра в угловую скорость подвижного кольца (рад/с) и момент сопротивления вращению подвижного кольца *Т* (). Полученные результаты записать в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты опыта

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование показателей | Номер опыта | | | |
|  | 1 | 2 | 3 | … |
| Вес груза и стакана, Н |  |  |  |  |
| Угол наклона оси вращения, градусы |  |  |  |  |
| Осевая нагрузка на подшипник, Н |  |  |  |  |
| Радиальная нагрузка на подшипник, Н |  |  |  |  |
| Показания прибора при измерении скорости вращения, мкА |  |  |  |  |
| Угловая скорость шпинделя, рад/с |  |  |  |  |
| Показания прибора при измерении момента, мкА |  |  |  |  |
| Момент сопротивления вращению в  подшипнике, Н мм |  |  |  |  |

По результатам работы необходимо:

– построить графики предпочтительно на миллиметровой бумаге или, используя специализированные компьютерные программы, например, MS Excel в координатах момент сопротивления вращению – угловая скорость и момент сопротивления вращению – угол наклона оси вращения;

– занести в таблицы экспериментальные данные и результаты их обработки;

– сформулировать выводы и их обосновать.

**4 СОСТАВЛЕНИЕ ОТЧЕТА**

Отчет о лабораторной работе должен быть написан на листах формата А4, сшит и снабжен обложкой.

Отчет должен содержать:

– титульный лист;

– цели и задачи лабораторной работы;

– краткое описание прибора ДП 11А с приведением схем и рисунков;

– описание подготовки прибора к работе, его тарировки;

– описание выполнения исследования с приведением его результатов в виде таблиц и графиков;

– анализ результатов исследования и выводы.

**5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Подшипники качения, их достоинства и недостатки.

2. Основные типы подшипников качения и их характеристика.

3. Условное обозначение подшипников качения.

4. Точность подшипников качения и ее обозначение.

5. Конструкции подшипниковых узлов.

6. Смазка подшипников качения.

7. Момент сопротивления вращению в подшипниках качения и влияние условий нагружения и эксплуатации на его величину.

**Рекомендуемая литература**

1. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х томах / Т. 2 / В.И. Анурьев [и др.]. – М.: Машиностроение, 2001. – 864 с.
2. Бейзельман, Р.Д. Подшипники качения: справочник / Р.Д. Бейзельман – М.: Машиностроение, 1975.
3. Иванов, М.Н. Детали машин / М.Н. Иванов, В.А. Финогенов. – М.: ОАО «Высшая школа», 2008.
4. Перель, Л.Я. Подшипники качения: справочник / Л.Я. Перель – М.: Машиностроение, 1993.
5. Перель, П.Я. Подшипники качения и обслуживание опор: справочник / П.Я. Перель, А.А. Филатов. – М.: Машиностроение, 1992.
6. Фарков, Г.С. Учебно-методическое пособие по курсам «Детали машин и основы конструирования» и «Техническая механика» для студентов специальностей 070100, 251100, 270500, 170600, 130400, 351100, 653300, 251200, 171500, 120100, 551400, 171200 очной, вечерней и заочной форм обучения / Г.С. Фарков, В.Ю. Таскин. – Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2002. – 40 с.

*Учебное издание*

**Волков** Юрий Павлович

**Дунин** Максим Сергеевич

**Климонова** Надежда Михайловна

**подшипники качения**

Методические рекомендации к лабораторной работе по курсу «Детали машин»   
для студентов специальностей: 190603 «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (автомобильный транспорт)», 240706 «Автоматизированное производство химических предприятий», 260601 «Машины и аппараты пищевых производств»,

160302 «Ракетные двигатели», 151001 «Технология машиностроения»,

170104 «Высокоэнергетические устройства автоматических систем»,

260204 «Технология бродильных производств и виноделие» всех форм обучения

*Издание 2-е, переработанное и дополненное*

Редактор Малыгина И.В.

Технический редактор Малыгина Ю.Н.

Подписано в печать 05.09.09. Формат 60×84 /8

Усл. п. л. 2,09. Уч.-изд. л. 2,25

Печать – ризография, множительно-копировальный

аппарат «RISO TR -1510»

Тираж 50 экз. Заказ 2009-86

Издательство Алтайского государственного

технического университета

656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46

Оригинал-макет подготовлен ИИО БТИ АлтГТУ

Отпечатано в ИИО БТИ АлтГТУ

659305, г. Бийск, ул. Трофимова, 27

Ю.П. Волков, М.С. Дунин, Н.М. Климонова

**подшипники качения**

Методические рекомендации к лабораторной работе

по курсу «Детали машин» для студентов специальностей:

190603 «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования   
(автомобильный транспорт)»,

240706 «Автоматизированное производство химических предприятий»,

260601 «Машины и аппараты пищевых производств»,

160302 «Ракетные двигатели», 151001 «Технология машиностроения»,

170104 «Высокоэнергетические устройства автоматических систем»,

260204 «Технология бродильных производств и виноделие»

всех форм обучения

*Издание 2-е, переработанное и дополненное*

Бийск

Издательство Алтайского государственного технического   
университета им. И.И. Ползунова

2009