

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Механика»

**О. А. Лапко, А. А. Рюмцев**

# **ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ И ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ**

**Практикум**

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по образованию в области машиностроительного  
оборудования и технологий в качестве практикума  
по выполнению лабораторных работ  
для студентов учреждений высшего образования,  
обучающихся по специальности 6-05-0714-02 «Технология  
машиностроения, металлорежущие станки и инструменты»*

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2026

УДК 621.713/.715+621:53.08(075.8)  
ББК 34.41+30.10я73  
Л24

Рецензенты: гл. технолог ОАО «Гомсельмаш» канд. техн. наук *В. А. Пирковский*;  
доц. каф. «Графика» БелГУТа канд. техн. наук, доц. *М. П. Кульгейко*

Л24 **Лапко, О. А.**

Изучение конструкций подшипников качения и подшипниковых узлов : практикум / О. А. Лапко, А. А. Рюмцев ; М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2026. – 88 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 2 Gb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; ALT Linux 10.1 ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-566-4.

Содержит общие сведения о подшипниках качения, их области применения и условные обозначения, основные схемы установки подшипников качения, задания для выполнения практической части лабораторной работы по дисциплине «Детали машин».

Для студентов специальности 6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты».

УДК 621.713/.715+621:53.08(075.8)  
ББК 34.41+30.10я73

ISBN 978-985-535-566-4

© Лапко О. А., Рюмцев А. А., 2026  
© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2026

## Предисловие

Технический уровень всех отраслей Республики Беларусь определяется в значительной мере уровнем развития машиностроения. Для того чтобы повысить эксплуатационные и качественные показатели продукции необходимо, в первую очередь, совершенствовать конструкторскую подготовку студентов.

Курс «Детали машин» – фундаментальная дисциплина в системе подготовки инженеров. Этот предмет является завершающим в группе общетехнических курсов (математика, физика, теоретическая механика, механика материалов) и связующим со специальными дисциплинами.

Данный практикум содержит две лабораторные работы по изучению подшипников качения и подшипниковых узлов, в которых студенты изучают конструктивные особенности и принцип работы подшипников качения, их достоинства, недостатки и область применения. При этом практикум позволяет не только закрепить теоретические знания, но и развивает практические навыки: умение работать с инструментами и оборудованием. Студенты учатся правильно собирать и разбирать подшипниковый узел, учатся работать с измерительным инструментом. Выполнение лабораторных работ способствует развитию критического мышления: студенты задают вопросы, анализируют ситуацию, ищут оптимальное решение. Так как студенты работают в группах, это способствует развитию командной работы, происходит обмен опытом и знаниями.

При изучении конкретных конструкций узлов студенты приобщаются к инженерному творчеству, осваивают предшествующий опыт, самостоятельно изучают материал из новых литературных источников, знакомятся с реальными типовыми конструкциями подшипниковых узлов.

Практикум предназначен для использования при подготовке к лабораторным работам, при их выполнении, а также оформлении отчета и защите выполненных лабораторных работ.

До начала проведения лабораторных работ все студенты проходят инструктаж по технике безопасности с подписью в специальном журнале. Студенты, не прошедшие инструктаж, к лабораторным занятиям не допускаются. При выполнении работ в лаборатории текущую консультацию студенты получают у преподавателя.

## **ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА И ЗАЩИТЕ ВЫПОЛНЕННОЙ РАБОТЫ**

1. Отчет составляется на листах писчей бумаги формата А4 (297 × 210 мм) каждым студентом и должен содержать только сведения, приведенные в пункте 4 «Содержание отчета...» методических указаний к данной работе.

2. Текстовый материал оформляется аккуратно. Схемы, рисунки и графики выполняются с помощью чертежного инструмента.

3. По представленному отчету производится опрос каждого студента с целью установления степени усвоения им материала работы.

4. При защите всех лабораторных работ студент получает допуск к экзамену.

## **ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

К выполнению лабораторных работ студенты допускаются только после прослушивания инструктажа по технике безопасности и противопожарным мерам.

Начинать работу можно только после ознакомления с методикой ее проведения.

Запрещается работать неисправным инструментом. Передавая детали для осмотра другому студенту, убедитесь, что он ее держит, прежде чем отпустить деталь самому.

# Лабораторная работа № 1

## ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Цель работы: ознакомление с конструкцией подшипников качения, их классификацией, достоинствами и недостатками, условными обозначениями и практическое применение.

### Общие сведения

#### 1.1. Назначение, область применения, материалы для их изготовления

Подшипники качения – это опоры вращающихся деталей (чаще всего валов), которые состоят из тел качения (шариков или роликов), двух колец и сепаратора (рис. 1.1) и работают на основе трения качения. Поверхности, расположенные на внутреннем и наружном кольцах, по которым перемещаются тела качения, называются дорожками качения. В процессе работы одно из колец, как правило, неподвижно. В частном случае может отсутствовать сепаратор, одно или оба кольца. При этом дорожки качения выполняют на валу и в корпусе [1].

Все подшипники качения оснащаются сепараторами, исключение составляют бессепараторные подшипники. В подшипниках, в которых отсутствуют сепараторы, происходит набегание тел качения друг на друга, при этом возникает трение скольжение.

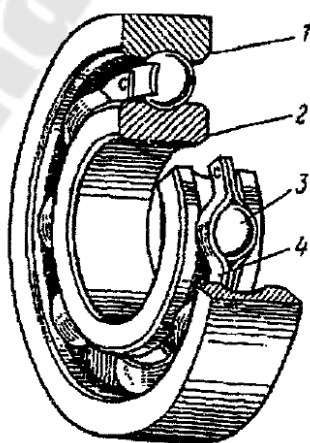


Рис. 1.1. Конструкция подшипника качения:  
1 – наружное кольцо; 2 – внутреннее кольцо;  
3 – тела качения; 4 – сепаратор

Количество сепараторов в подшипнике зависит от количества комплектов шариков или роликов, а также от формы самого сепаратора. Сепараторы служат для разделения элементов качения с целью уменьшения нагревания из-за трения в подшипнике, обеспечивают равномерное распределение элементов качения для бесшумной работы и удерживают элементы качения при установке и снятии в разъемных подшипниках. Они подвергаются действию трения, растяжения и инерции, их свойства могут ухудшаться из-за высоких температур и воздействия химических веществ. Выбор материала сепараторов влияет на выбор подшипников для конкретного оборудования, поэтому производители подшипников изготавливают различные сепараторы из разных материалов под разные условия работы. Современные подшипники могут иметь нестандартные сепараторы, соответствующие их назначению и особенностям работы. Эффективность работы подшипника напрямую зависит от точности изготовления и качества сепаратора.

Преимущества подшипников качения по сравнению с подшипниками скольжения заключаются в низком трении, меньших требованиях к обслуживанию, малом расходе смазочных материалов, простоте в эксплуатации, а также в меньших требованиях к материалам и термической обработке валов, что делает их относительно доступными по цене.

Однако у подшипников качения есть и недостатки: большие габариты, высокие контактные напряжения, ограниченный срок службы и более слабая способность к демпфированию по сравнению с подшипниками скольжения.

Подшипники качения стандартизованы.

Класс точности подшипников качения характеризует значения предельных отклонений размеров, формы, расположения поверхностей подшипников (в порядке повышения точности).

Установлены следующие классы точности подшипников по ГОСТ 520-2011:

0 (нормальный), 6, 5, 4, Т, 2 – для шариковых и роликовых радиальных и шариковых радиально-упорных подшипников;

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

0 (нормальный), 6Х, 6, 5, 4, 2 – для роликовых конических подшипников.

В условном обозначении и в маркировке на изделиях нормальный класс точности обозначается цифрой «0». Класс точности 0 в случае отсутствия специальных требований (к радиальному зазору и др.) в условном обозначении не указывается.

В машиностроении чаще всего применяются подшипники классов точности 0, 6 и 5 (нормальный, повышенный, высокий) [2].

Прецизионные подшипники (классов 4 и 2) используются в специальных случаях. Это – высокоскоростные шпиндельные подшипниковые узлы, станки с повышенной точностью:

4 – особо высокий;

2 – сверхвысокий, применяют для валов, требующих точного вращения (станки, приборы и др.) и для валов с особо высокими скоростями вращения.

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

Точность изготовления подшипников влияет на очень многие параметры работы: скорость вращения, вибрации, срок службы и т. д.

Подшипники более высоких классов позволяют обеспечить лучшее центрирование, повысить кинематическую точность механизма в целом, обеспечить более высокие частоты вращения. Допуски на торцевое и радиальное биение для класса 2 приблизительно в пять раз меньше, чем для класса 0.

Сепараторы можно классифицировать по типу производственного процесса и группе материалов: металлические штампованные; механически обработанные металлические сепараторы; полимерные.

Металлические штампованные сепараторы чаще всего изготавливаются из листовой стали и реже из листовой латуни. Они бывают составные, клепаные, защелкивающиеся, оконного типа. Металлические штампованные сепараторы имеют малый вес. Они обеспечивают достаточное пространство внутри подшипника для обеспечения оптимальных условий работы смазочного материала.

Механически обработанные металлические сепараторы изготавливаются из латуни, стали или легких сплавов. Они делятся на составные клепаные, составные с интегрированными заклепками, цельные оконного типа, гребенчатые.

Полимерные сепараторы для подшипников изготавливаются методом литья под давлением. В зависимости от типа, конструкции и размера подшипника существуют следующие полимерные сепара-

торы: полимерный сепаратор оконного типа; защелкивающийся полимерный сепаратор. Полимерные сепараторы отличаются оптимальным сочетанием прочности и упругости. Хорошие характеристики скольжения полимерного материала по смазанным стальным поверхностям и высокое качество поверхностей сепаратора, находящихся в контакте с телами качения, способствует низкому трению, благодаря чему тепловыделение и износ подшипника минимальны. Малая плотность полимерного материала означает, что при вращении подшипника с таким сепаратором силы инерции незначительны. Хорошие рабочие свойства полимерных сепараторов в условиях недостаточного смазывания позволяют подшипнику продолжительное время работать без заклинивания и повреждений, которые могут быть вызваны разрушением сепаратора.

Основной материал колец и тел качения – это шарикоподшипниковые высокоуглеродистые хромистые стали ШХ15, ШХ15СГ (15 – 0,15 % хрома, 1 – 1,1 % углерода). Среди сталей объемной закалки чаще всего используют хромоуглеродистую сталь. Состав этой подшипниковой стали обеспечивает оптимальный баланс между технологическими и потребительскими характеристиками изделий. Данная сталь, как правило, проходит закалку, в результате чего ее твердость составляет от 58 до 65 HRC. Применяют цементуемые легированные стали 18ХГТ и 20Х2Н4А. Для работы при высоких температурах применяют теплостойкие стали 95Х18, ЭК347Ш, при требовании немагнитности – бериллиевую бронзу. Твердость колец и роликов HRC 60–65, шариков – HRC 62–65.

Кольца и тела качения подшипников, работающих при повышенных температурах (до 500 °С) или в агрессивных средах, изготавливают соответственно из теплопрочных или коррозионно-стойких сталей. Для подшипников, к которым предъявляются повышенные требования по ресурсу и надежности, применяют стали, подвергнутые специальным переплавам, уменьшающим содержание неметаллических включений (ШХ15-Ш), а также двойной переплав: электрошлаковый и вакуумнодуговой (ШХ15-ШД).

Все большее распространение получают подшипники с шариками из керамики (нитрид кремния  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ). Этот материал обладает значительно более высокой, чем применяемые стали, теплопрочностью и контактной долговечностью [3]. Плотность нитрида кремния составляет около  $3,2 \text{ г/см}^3$  (закаленной стали ШХ15 –  $7,8 \text{ г/см}^3$ ). Благодаря этому при высокой частоте вращения развиваются меньшие центробежные силы. Коэффициент трения пары «нитрид кремния – сталь»

меньше, чем пары «сталь – сталь». Поэтому тепловыделение при работе таких подшипников меньше, чем стальных. Кроме этого нитрид кремния обладает высокой коррозионной устойчивостью, свойством электроизоляции, отсутствием магнитных свойств и стабильностью размеров. Такие подшипники обладают высокой твердостью, высоким модулем упругости, малой плотностью, малым коэффициентом теплового расширения, высоким электрическим сопротивлением.

Полимерные шарикоподшипники представляют собой отличное решение с технической и экономической точек зрения в областях, где требуется стойкость к воздействию влаги и химических веществ. Эти подшипники оснащены кольцами или шайбами из различных полимерных материалов и шариками из стекла, нержавеющей стали или других полимеров. Они отличаются небольшим весом, бесшумной работой и устойчивостью к коррозии, химическим веществам, износу и усталости.

На территории Беларуси производство шарикоподшипников осуществляется на ОАО «Минский подшипниковый завод». В России есть ряд предприятий, таких как ОАО «Московский подшипник», ОАО «Саратовский подшипниковый завод», ЗАО «Завод подшипников общего назначения», «Волжский подшипниковый завод», ЗАО «Вологодский подшипниковый завод», ООО «Пензенский подшипниковый завод» и др.

Среди иностранных производителей наиболее известными являются компания SKF из Швеции, а также фирмы FAG и INA из Германии и Timken из США.

К новому поколению подшипников можно отнести те, которые оснащены встроенным датчиком, позволяющим получать информацию о частоте, скорости и направлении вращения, угле поворота внешнего кольца относительно внутреннего. Они применяются в различных областях, таких как движущиеся средства, рулевые механизмы, электродвигатели, коробки передач, эскалаторы, системы управления механизмами.

## **1.2. Классификация подшипников качения**

По форме тел качения: шариковые (рис. 1.2, *а*) и роликовые. Ролики по своей форме делятся: на цилиндрические короткие (рис. 1.2, *б*) и длинные (рис. 1.2, *в*), витые (рис. 1.2, *г*), конические (рис. 1.2, *д*), бочкообразные (рис. 1.2, *е, ж*), вогнутые (рис. 1.2, *з*) и игольчатые (рис. 1.2, *и*).

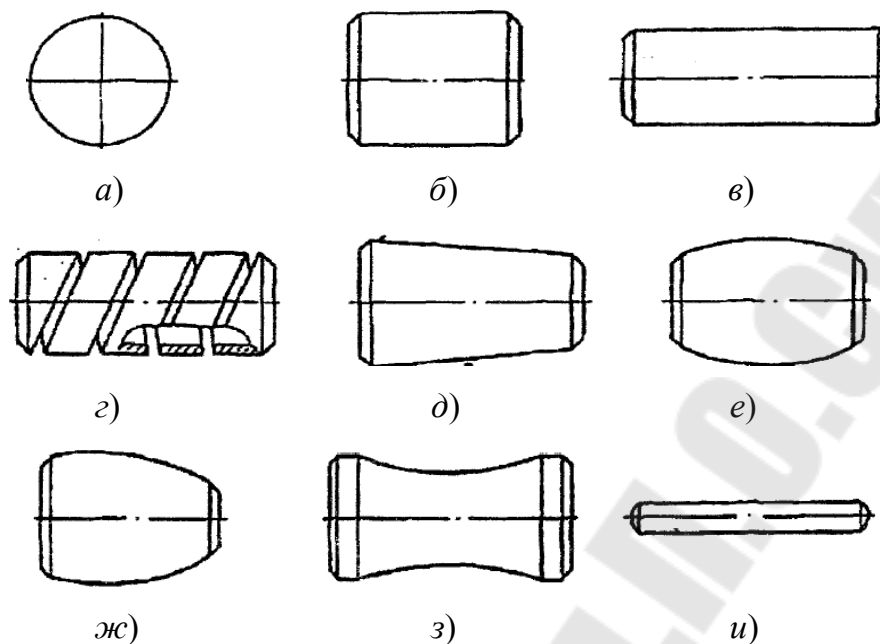


Рис. 1.2. Тела качения подшипников

Шарикоподшипники быстроходные предъявляют менее высокие требования к соосности расточек под подшипники и к жесткости валов, фиксируют вал в осевом направлении, воспринимают радиальную нагрузку и осевые силы в одном или обоих направлениях.

Грузоподъемность роликоподшипников на 70–90 % выше, чем у шарикоподшипников. Но есть и свои недостатки у роликоподшипников. Подшипники с коническими роликами менее быстроходны, а подшипники с цилиндрическими роликами не воспринимают осевые нагрузки.

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

По основным конструктивным признакам – самоустанавливающиеся, к ним относятся сферические подшипники и несамоустанавливающиеся – все остальные [4].

По направлению действия воспринимаемых нагрузок подшипники делят на следующие виды:

1) радиальные, которые выдерживают нагрузки, действующие преимущественно перпендикулярно оси вала;

2) радиально-упорные, которые выдерживают нагрузки, действующие как перпендикулярно оси вала, так и в осевом направлении;

3) упорно-радиальные, предназначенные для большой нагрузки в осевом направлении и небольшой нагрузки, действующей перпендикулярно оси вала;

4) упорные, которые выдерживают нагрузки, действующие преимущественно в осевом направлении.

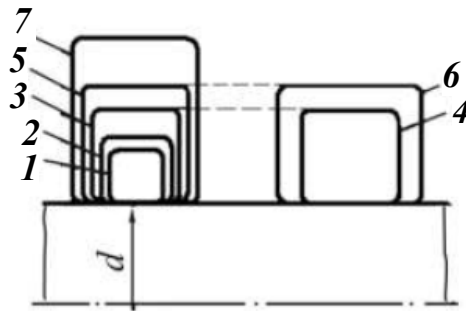


Рис. 1.3. Серии подшипников:  
1 – сверхлегкая; 2 – особо легкая; 3 – легкая;  
4 – легкая широкая; 5 – средняя;  
6 – средняя широкая; 7 – тяжелая

По габаритным размерам подшипники разделяют на размерные серии: по радиальным размерам на 7 серий – сверхлегкие (2 серии), особо легкие (2 серии), легкие, средние, тяжелые; по ширине на 4 серии – узкие, нормальные, широкие и особо широкие (рис. 1.3). Наиболее распространены легкие и средние узкие серии подшипников.

### 1.3. Основные типы подшипников и их характеристики

Шариковые радиальные однорядные подшипники (рис. 1.4) способны воспринимать радиальную  $F_r$  и небольшую осевую  $F_a$  нагрузку в обоих направлениях, а также допускать небольшой перекос колец (не более  $10'$ – $15'$ ).

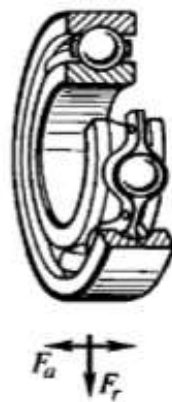


Рис. 1.4. Шариковый радиальный однорядный подшипник

Благодаря своей универсальности радиальные шарикоподшипники распространены наиболее широко. Они просты по конструкции, являются неразборными, пригодны для работы при высоких и очень высоких частотах вращения, надежны и просты в техобслуживании.

На рис. 1.5 представлены конструктивные разновидности радиальных однорядных шарикоподшипников: рис. 1.5, *а* – основная конструкция (у. о. – 0000), рис. 1.5, *б* – с кольцевой канавкой на наружном кольце (ГОСТ 2893-2022), в которую при монтаже вставляется установочное пружинное кольцо (у. о. – 50000), рис. 1.5, *в* (у. о. – 60000) и рис. 1.5, *г* – (у. о. – 80000) – со стальными защитными шайбами (ГОСТ 7242-2021), предохраняющими от утечки смазки и от проникновения в рабочую полость избыточной смазки или посторонних веществ (пыли, грязи, влаги), рис. 1.5, *д* (у. о. 160000) – с уплотнениями из набора металлических шайб и мембранного полотна или из шайб, облицованных методом вулканизации маслостойкой резиной (ГОСТ 8882-75) и рис. 1.5, *е* (у. о. 980000) – с двумя защитными шайбами с канавкой для комплектования шариками (ГОСТ 9592-75). Данные подшипники изготавливают закрытого типа с одноразовой закладкой смазки для упрощения и удешевления эксплуатации.

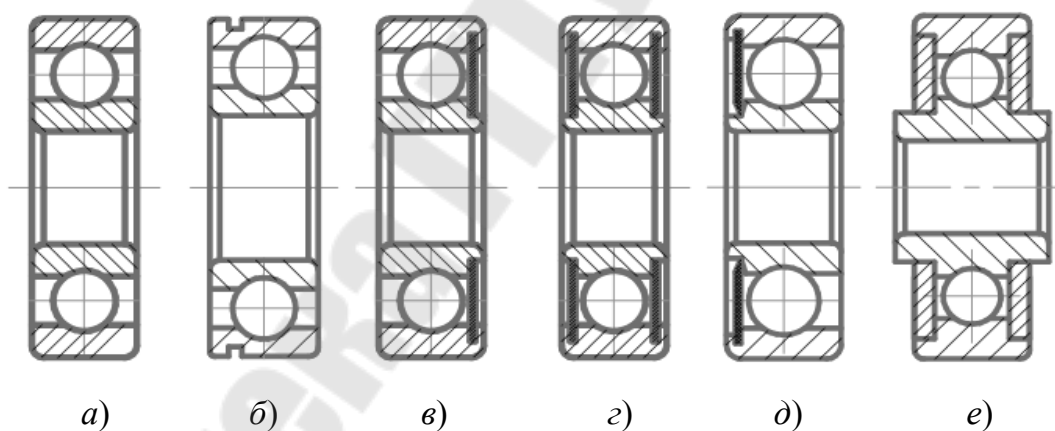


Рис. 1.5. Конструктивные разновидности радиальных однорядных шарикоподшипников:

*а* – основная конструкция; *б* – с канавкой на наружном кольце для установочной шайбы; *в*, *г* – со стальными защитными шайбами; *д* – с уплотнениями из набора металлических шайб и мембранного полотна; *е* – с двумя защитными шайбами с канавкой для комплектования шариками

Роликовые радиальные подшипники с короткими цилиндрическими роликами (рис. 1.6) предназначены для восприятия значительных радиальных  $F_r$  нагрузок и только некоторые из них дополнитель-

но воспринимают кратковременные небольшие осевые нагрузки. По быстроходности данные подшипники почти не уступают радиальным однорядным шариковым подшипникам. Требуют точной соосности посадочных мест. Они отличаются повышенной нагрузочной способностью. Однорядные цилиндрические роликоподшипники имеют разборную конструкцию, т. е. внутреннее кольцо подшипника и комплект роликов с сепаратором могут устанавливаться отдельно от наружного кольца. Это упрощает монтаж и демонтаж, особенно если для конструкции требуется посадка обоих колец с натягом.

Данные подшипники применяют в узлах механизмов, где требуется большая радиальная грузоподъемность.



Рис. 1.6. Роликовый радиальный подшипник с короткими цилиндрическими роликами

На рис. 1.7 представлены конструктивные разновидности роликоподшипников с короткими цилиндрическими роликами по ГОСТ 8328-75 (рис. 1.7, а–1.7, ж) и по ГОСТ 5377-79 (рис. 1.7, з, и): рис. 1.7, а – основная конструкция (у. о. 2000), рис. 1.7, б – у. о. 32000, рис. 1.7, в – у. о. 42000, рис. 1.7, г – у. о. 92000, рис. 1.7, д – у. о. 52000, рис. 1.7, е – у. о. 62000, рис. 1.7, ж – у. о. 102000, рис. 1.7, з – у. о. 292000, рис. 1.7, и – у. о. 502000. Подшипники на рис. 1.7, а, б допускают некоторое осевое смещение колец и поэтому удобны при больших температурных деформациях или при необходимости осевой самоустановки валов (шевроновые зубчатые колеса). При необходимости осевой фиксации валов в одном направлении применяют подшипники с дополнительным буртом (рис. 1.7, в) или с упорной шайбой (рис. 1.7, д), в двух направлениях – с дополнительным буртом и упорной шайбой (рис. 1.7, г, е) или со стопорными кольцами (рис. 1.7, ж). Подшипники

с одним кольцом (рис. 1.7, з, и) позволяют сократить радиальные габариты. Подшипники с сепаратором могут воспринимать тяжелые радиальные нагрузки и работать при больших ускорениях и частотах вращения. Бессепараторные подшипники оснащаются максимальным количеством роликов и поэтому способны воспринимать очень тяжелые радиальные нагрузки при средних частотах вращения. Цилиндрические роликоподшипники повышенной грузоподъемности отличаются высокой грузоподъемностью бессепараторных подшипников и скоростными характеристиками подшипников с сепараторами.

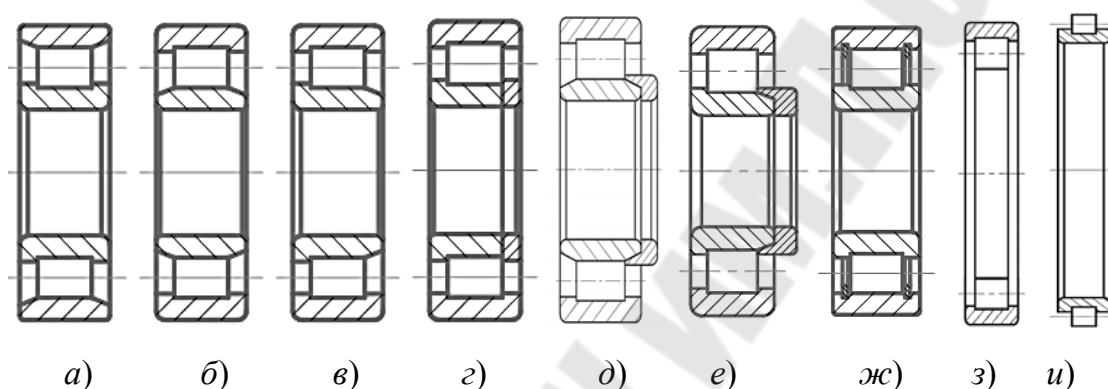


Рис. 1.7. Конструктивные разновидности роликоподшипников с короткими цилиндрическими роликами

Двухрядные радиальные подшипники с короткими цилиндрическими роликами (ГОСТ 7634-75) с цилиндрическим отверстием (рис. 1.8, а, у. о. – 3282000) применяют при больших радиальных нагрузках.

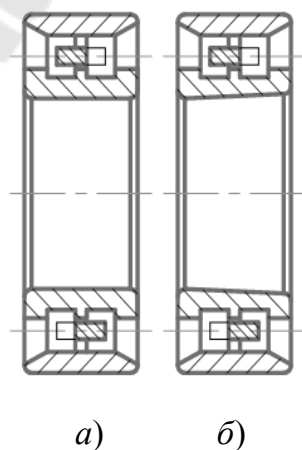


Рис. 1.8. Двухрядные радиальные подшипники с короткими цилиндрическими роликами

*Двухрядные радиальные подшипники с короткими цилиндрическими роликами с коническим отверстием* (рис. 1.8, б, у. о. – 3182000) – для быстроходных валов, требующих точного вращения (для шпинделей металлорежущих станков).

*Радиальные двухрядные сферические подшипники* (рис. 1.9) имеют два ряда роликов, общую сферическую дорожку качения на наружном кольце и две дорожки качения на внутреннем кольце, которые расположены под углом к оси подшипника. Центр сферической поверхности качения в наружном кольце совпадает с осью подшипника. Благодаря такой конструкции сферические роликоподшипники являются самоустанавливающимися и нечувствительны к перекосам вала относительно корпуса, которые могут возникать, например, по причине деформации вала. Сферические роликоподшипники предназначены для работы в условиях тяжелых радиальных нагрузок, а также тяжелых осевых нагрузок в обоих направлениях. Подшипники могут иметь цилиндрические (рис. 1.9, а – ГОСТ 5720-75, у. о. 1000; рис. 1.9, б – ГОСТ 5721-75, у. о. – 3000) и конические отверстия внутреннего кольца (рис. 1.9, в – ГОСТ 8545-75, у. о. – 11000; рис. 1.9, г – ГОСТ 5721-75, у. о. – 11300).

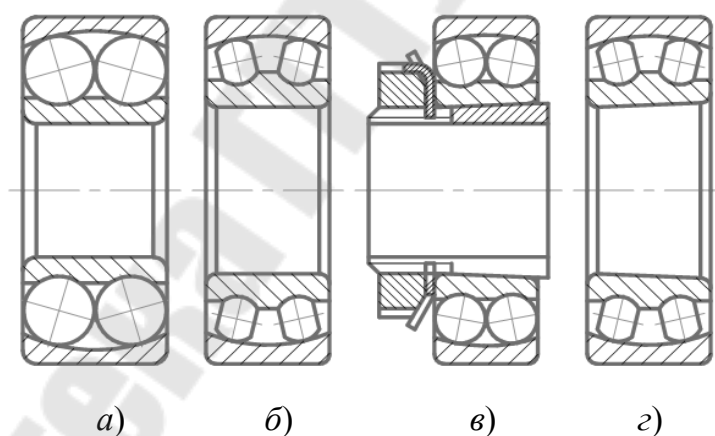


Рис. 1.9. Радиальные двухрядные сферические подшипники

*Игольчатые роликоподшипники* (рис. 1.10) – это роликоподшипники с цилиндрическими роликами малого диаметра, которые имеют значительную длину по отношению к их диаметру. Концы роликов слегка закруглены для оптимизации условий контакта между дорожками качения и роликами. Это предотвращает концентрацию пиковых напряжений на торцах роликов, что способствует увеличению срока службы подшипника. Несмотря на малое поперечное сече-

ние, игольчатые роликоподшипники имеют высокую грузоподъемность. Они отлично подходят для подшипниковых узлов в случаях, когда радиальное пространство ограничено.

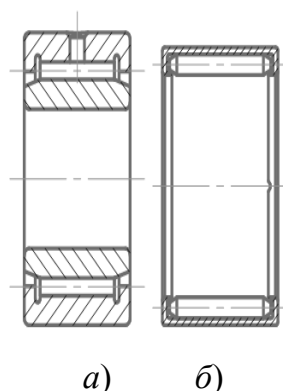


Рис. 1.10. Игольчатые роликоподшипники

*Радиально-упорные подшипники* (рис. 1.11) имеют дорожки качения на внутреннем и наружном кольцах, смещенные относительно друг друга вдоль оси подшипника. Такая конструкция позволяет подшипнику воспринимать комбинированные нагрузки, т. е. нагрузки, действующие в радиальном и осевом направлениях. Осевая грузоподъемность радиальноупорного шарикоподшипника возрастает с увеличением угла контакта. Угол контакта – это угол между линией, соединяющей точки контакта шарика с дорожками качения, по которым нагрузка передается от одной дорожки качения на другую, и линией, перпендикулярной оси подшипника. На рис. 1.11 представлены конструктивные разновидности шариковых подшипников. Подшипники по ГОСТ 831-75 (рис. 1.11, а, у. о. – 6000; рис. 1.11, б, у. о. при  $\alpha = 12^\circ$  – 36000,  $\alpha = 26^\circ$  – 46000,  $\alpha = 36^\circ$  – 66000) применяются при средних и высоких частотах вращения, воспринимают осевую нагрузку в одном направлении (кроме радиальной). Подшипники с одним разрезным кольцом по ГОСТ 8995-75 (рис. 1.11, в, у. о. – 116000; рис. 1.11, г, у. о. – 126000) воспринимают осевую нагрузку в обоих направлениях, точно фиксируя вал. Подшипники сдвоенные по ГОСТ 832-78 (рис. 1.11, д, у. о. при  $\alpha = 12^\circ$  – 236000,  $\alpha = 26^\circ$  – 246000,  $\alpha = 36^\circ$  – 266000; рис. 1.11, е, у. о. при  $\alpha = 12^\circ$  – 336000,  $\alpha = 26^\circ$  – 346000,  $\alpha = 36^\circ$  – 366000; рис. 1.11, ж, у. о. при  $\alpha = 12^\circ$  – 436000,  $\alpha = 26^\circ$  – 446000,  $\alpha = 36^\circ$  – 466000) предназначены для восприятия значительных радиальных, осевых и комбинированных нагрузок в условиях высоких требований к жесткости.

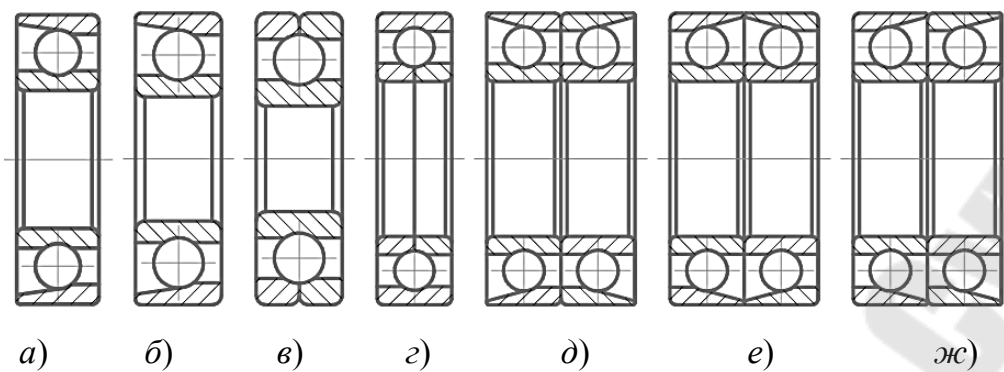


Рис. 1.11. Конструктивные разновидности шариковых подшипников

На рис. 1.12 представлены конструктивные разновидности *роlikовых конических подшипников*: рис. 1.12, а – основная конструкция по ГОСТ 333-79 (у. о. – 7000), применяется при низких и средних скоростях (15 м/с), отличается удобством сборки и разборки, регулировки зазоров и компенсации износа, угол контакта  $\alpha = 10^\circ - 16^\circ$ ; рис. 1.12, б – подшипники по ГОСТ 7260-70 (у. о. – 27000) предназначены для восприятия особо больших осевых нагрузок, угол  $\alpha = 25^\circ - 30^\circ$ ; рис. 1.12, в – двухрядный подшипник по ГОСТ 6364-78 (у. о. – 97000); рис. 1.12, г – четырехрядный подшипник по ГОСТ 8419-75 (у. о. – 7700).

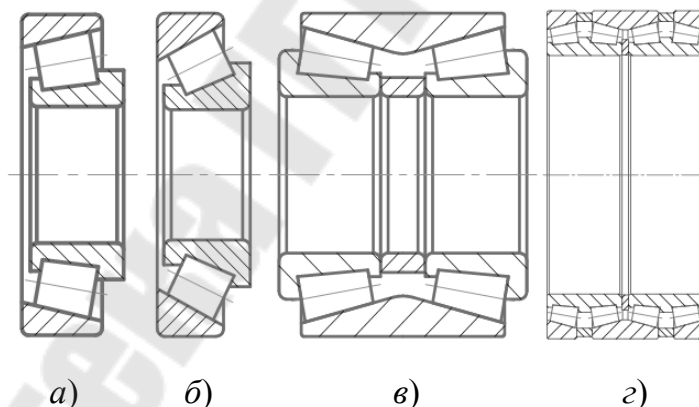


Рис. 1.12. Конструктивные разновидности шариковых подшипников

Многорядные подшипники (рис. 1.12, в, г) применяют при особо больших радиальных (прокатные станы и т. д.) и двусторонних осевых нагрузках.

Конические роликподшипники обладают высокой радиальной и осевой жесткостью и поэтому применяются в качестве опор шпинделей металлорежущих станков, в редукторах конических, червячных, цилиндрических средних и больших мощностей и т. д.

Упорные подшипники предназначены для восприятия осевых нагрузок при средних (шариковые) и низких (роликовые) частотах вращения, применяются в крюках подъемных кранов, механизмах поворота кранов, домкратах и т. д. Их конструктивные разновидности представлены на рис. 1.13: рис. 1.13, а – однорядный подшипник (у. о. – 8000), воспринимает односторонние нагрузки; рис. 1.13, б – по ГОСТ 6874-75 двухрядный подшипник по ГОСТ 7872-89 (у. о. – 38000), воспринимает двусторонние нагрузки, среднее кольцо закрепляется на валу; рис. 1.13, в – подшипник с бочкообразными роликами по ГОСТ 9942-90 (у. о. – 39000), воспринимает и небольшие радиальные нагрузки; рис. 1.13, г – подшипник с короткими цилиндрическими роликами (у. о. – 9000).

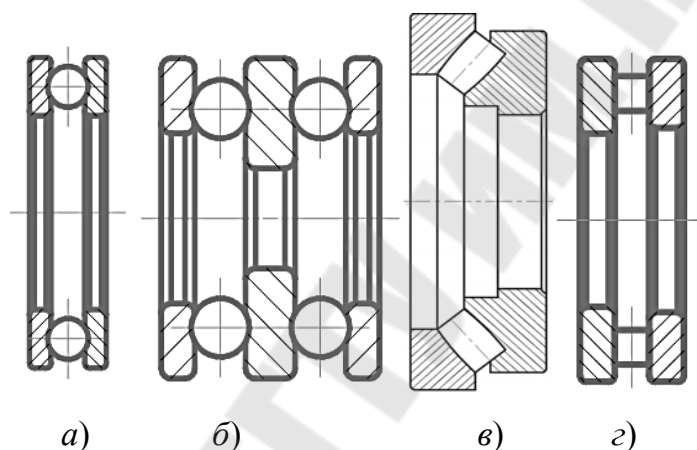


Рис. 1.13. Конструктивные разновидности шариковых подшипников

Подшипники роликовые упорные воспринимают большие осевые нагрузки. Допускают значительно меньшие скорости вращения по сравнению с подшипниками других типов.

Упорные роликоподшипники выпускаются следующих конструкций: рис. 1.13, г – одинарные с цилиндрическими роликами с массивным сепаратором (у. о. – 9000). Одинарные двухрядные с цилиндрическими роликами с массивным сепаратором, в гнездо которого вместо одного длинного ролика устанавливаются два коротких ролика разной длины (у. о. – 889000). Это делается для уменьшения проскальзывания, возникающего между роликами и дорожками качения колец. С цилиндрическими роликами без колец с массивным сепаратором (у. о. – 899000). Твердость и точность роликов должны быть такими же, как и у колец подшипника. С игольчатыми роликами с одним кольцом и штампованным сепаратором (у. о. – 109000). Твер-

дость и точность роликов должны быть такими же, как и у колец подшипника. Двойные с цилиндрическими роликами с массивным сепаратором (у. о. – 59000), которые воспринимают осевую нагрузку в обоих направлениях. Одинарные с коническими роликами с бортами на «тугом» и «свободном» кольцах, с массивным сепаратором (у. о. – 19000). Одинарные с коническими роликами бессепараторные в кожухе (у. о. – 29000). Одно кольцо с бортом, другое – плоское. Обладают максимальной грузоподъемностью, при этом у них небольшие габаритные размеры. Металлический кожух обеспечивает неразборность подшипника. Это облегчает монтаж в процессе сборки подшипникового узла. Со сферическими роликами с массивным и штампованным сепаратором (у. о. – 39000) – рис. 1.13, в. Данный тип подшипника воспринимает большие осевые и небольшие радиальные нагрузки. Самоустанавливаются относительно центра сферической дорожки качения свободного кольца.

У каждого вида подшипника есть свои особенные характеристики, которые зависят от его конструкции и определяют его пригодность для определенных условий эксплуатации. Помимо базовых подшипников существуют энергосберегающие подшипники с жесткими допусками и низким уровнем вибрации, которые отлично подходят для малогабаритных электродвигателей. Сферические и тороидальные роликоподшипники – самоустанавливающиеся – способны выдерживать очень высокие нагрузки. Эти уникальные свойства делают их востребованными в механизмах, работающих при больших нагрузках, а также при перекосе валов. Поскольку выбор подшипника зависит от множества факторов, нет универсальных правил. При выборе стандартных подшипников важно учитывать доступное пространство, виды нагрузок, перекос, точность вращения, частоту вращения, трение, уровень шума, жесткость, осевое смещение, условия монтажа, уплотнения.

Также выбор подшипника может зависеть от общей стоимости подшипникового узла и расходов на закупку и хранение подшипников. Основные критерии при разработке подшипникового узла включают грузоподъемность, ресурс, влияние трения, допустимые частоты вращения, внутренний зазор, варианты смазки и уплотнения.

Пространство, доступное для установки, имеет значительное значение при выборе подшипника, так как часто размеры подшипника определяются конструкцией оборудования. Например, диаметр вала определяет диаметр отверстия подшипника. Для валов малого диа-

метра подходят все виды шарикоподшипников, но наиболее распространены радиальные шарикоподшипники. Для установки валов большого диаметра помимо радиальных шарикоподшипников применяются цилиндрические, конические, сферические и тороидальные роликоподшипники. При ограниченном пространстве в радиальном направлении предпочтение отдается подшипникам с маленькой высотой сечения. Это могут быть игольчатые роликоподшипники без колец, со штампованным наружным кольцом или с внутренним кольцом или без него. Также могут использоваться другие типы подшипников с диаметром серии 8 или 9.

Величина нагрузки часто определяет размер подшипника. Роликоподшипники обычно выдерживают более тяжелые нагрузки, чем шарикоподшипники того же размера. Подшипники с большим количеством тел качения способны выдерживать большие нагрузки, так как они без сепаратора. Шарикоподшипники применяются при легких и средних нагрузках, в то время как роликоподшипники применяются при более высоких нагрузках.

Деформация вала под действием нагрузок приводит к угловому перекосу. Радиальные шарикоподшипники и цилиндрические роликоподшипники обладают большей жесткостью и способны выдерживать небольшой перекосяк. Сферические и упорные подшипники способны компенсировать угловые отклонения, вызванные неточной обработкой корпусных деталей или ошибками монтажа.

Допустимая рабочая температура ограничивает предельные частоты вращения подшипников, поэтому для высоких частот вращения выбирают подшипники с низким уровнем тепловыделения. Шарикоподшипники и самоустанавливающиеся шарикоподшипники обеспечивают наивысшую частоту вращения. Упорные подшипники, напротив, работают на меньших частотах вращения из-за центробежных сил.

Подшипники качения, известные как «антифрикционные», все же обладают некоторым уровнем трения. Основной причиной трения являются деформации тел качения под нагрузкой. Шарикоподшипники имеют более низкий момент трения по сравнению с роликоподшипниками.

В случаях, когда важно минимизировать уровень шума, выбор подшипника играет определяющую роль. Жесткость подшипника характеризуется деформацией под нагрузкой. Роликоподшипники имеют более высокую жесткость по сравнению с шарикоподшипниками.

## 1.4. Условные обозначения подшипников качества

Система условных обозначений подшипников установлена по следующим признакам:

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

Все эти параметры обозначаются цифрами, которые нанесены на торце одного из колец подшипника. Наибольшее количество цифр в основной части условного обозначения может быть семь. Наименьшее количество цифр – две. Порядок отсчета цифр в условном обозначении подшипника ведут справа налево, а расположение знаков условных обозначений должно соответствовать схеме (рис. 1.14). Нули при этом, стоящие левее последней значащей цифры, опускаются.

Схема расположения цифр в основном обозначении данных подшипников приведена на рис. 1.14 [5].

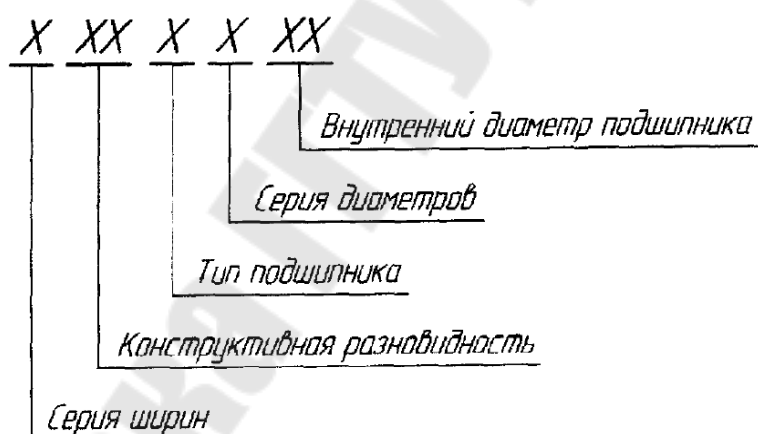


Рис. 1.14. Расположение цифр в основном условном обозначении подшипников с внутренними диаметрами от 20 до 495 мм (исключая подшипники с диаметрами 22, 28, 32 и 500 мм)

Две первые цифры справа образуют число, которое обозначает диаметр отверстия внутреннего кольца подшипника. Для подшипников с  $d = 20\text{--}495$  мм внутренний диаметр определяют умножением этого числа на 5.

Подшипники с внутренним диаметром более 495 мм обозначаются дробью, знаменатель которой указывает размер внутреннего диаметра, а цифры числителя – размерную серию, тип и конструктив-

ные особенности в установленном для всех подшипников порядке, считая, что две цифры в обозначении уже использованы.

Для подшипников с  $d < 9$  мм первая цифра в обозначении (справа) указывает размер внутреннего диаметра в мм. При этом на третьем месте ставится цифра 0.

Обозначения подшипников с внутренним диаметром  $d = 10-20$  мм представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Внутренний диаметр подшипника, мм	Условное обозначение внутреннего диаметра	Пример условного обозначения подшипника
10	00	100
12	01	101
15	02	102
17	03	103

Третья цифра справа обозначает серию диаметров и совместно с седьмой цифрой, обозначающей серию ширин, определяет размерную серию подшипника (табл. П.1.1), которые установлены в межгосударственном стандарте ГОСТ 3478-2012.

Тип подшипника указывается четвертой цифрой справа (табл. П.1.2).

Пятая или пятая и шестая цифры справа обозначают конструктивную особенность подшипников.

С целью более полной характеристики подшипника слева и справа от основного обозначения могут проставляться дополнительные знаки в виде цифр или букв.

Класс точности подшипника указывается слева цифрой, отделенной тире от основного обозначения. Слева от класса точности проставляются группа радиального зазора и ряд момента трения. При нормальной группе радиального зазора и нормальном классе точности их обозначения опускаются. Например: A125 – 3000205, где 3000205 – основное обозначение подшипника; 5 – класс точности; 2 – группа радиального зазора; 1 – ряд момента трения; А – категория подшипника.

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, Т с одним из дополнительных требований по повышенным нормам уровня вибрации, волнистости и отклонению от круглости поверхностей качения, мо-

менту 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.

Обозначения: 1, 2, 3, ..., 9, расположенные слева от обозначения класса точности подшипника характеризуют различные величины (ряды) радиальных зазоров. Обозначения: 1, 2, 3, ..., 9, 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.

Справа через тире 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.

Дополнительные знаки справа от основного обозначения располагаются в следующем порядке:

- обозначение материала деталей подшипника;
- конструктивные изменения деталей подшипника;
- специальные требования по шероховатости, покрытиям;
- температура отпуска колец подшипника;
- разновидности смазочных материалов для подшипников закрытого типа;
- требования по шуму.

Таблица 1.2

Дополнительные обозначения	Отличительные признаки
А	Подшипник повышенной грузоподъемности
Б	Сепаратор из безоловянистой бронзы
Г	Сепаратор массивный из черных металлов
Д	Сепаратор из алюминиевых сплавов
Е	Сепаратор из пластических материалов
К	Конструктивные изменения деталей подшипника
Л	Сепаратор из латуни
Р	Детали подшипника из теплостойких сталей
С	Вид смазочного материала для подшипников закрытого типа
Т	Специальные требования к температуре отпуска деталей
У	Специальные технические требования (по шероховатости, радиальному зазору, осевой игре, монтажной высоте, покрытиям поверхности и прочее)
Х	Кольца и тела качения из цементируемой стали
Ш	Специальные требования по уровню шума
Ю	Часть деталей или все детали из нержавеющей стали
Я	Кольца и тела качения из редко применяемых материалов (пластмасса, углепластик, стекло, керамика)

Наличие цифр после дополнительного знака в условном обозначении означает номер исполнения.

Условные знаки, приведенные в табл. 1.2, не распространяются на обозначения подшипников, отличительные признаки которых составляют особенность их основной конструкции. К таким подшипникам относятся:

- шарикоподшипники радиальные со штампованными стальными сепараторами;
- шарикоподшипники сферические двухрядные со штампованными стальными сепараторами;
- шарикоподшипники упорные со стальными штампованными стальными сепараторами;
- роликоподшипники радиальные однорядные и многорядные с массивными латунными сепараторами;
- шарикоподшипники радиально-упорные со стальными штампованными стальными сепараторами;

- роликподшипники сферические двухрядные массивными латунными сепараторами;
- роликподшипники радиальные с витыми и игольчатыми роликами со стальными сепараторами;
- роликподшипники конические со стальными штампованными сепараторами;
- роликподшипники упорные с массивными латунными сепараторами.

### **Оборудование и принадлежности**

Набор подшипников качения различных типоразмеров и штангенциркуль.

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с общими сведениями, классификацией, характеристиками и условными обозначениями подшипников качения.
2. Ознакомиться с конструкцией подшипников, указанных преподавателем.
3. Замерить ширину, наружный и внутренний диаметры подшипников.
4. Выполнить эскизы подшипников с указанием габаритных размеров.
5. Расшифровать условные обозначения и дать краткую характеристику подшипников.

### **Содержание отчета о проделанной работе**

1. Наименование и цель работы.
2. Общие сведения о подшипниках качения (достоинства, недостатки, материал, классификация).
3. Расшифровка условных обозначений подшипника.
4. Эскиз подшипника (с размерами).
5. Краткая характеристика подшипника (воспринимаемая нагрузка, способность к фиксации вала в осевом направлении).

### **Контрольные вопросы**

1. Назначение подшипников качения. Каковы их достоинства и недостатки?
2. Из каких деталей состоят подшипники качения?

3. Классификация подшипников качения по форме тел качения и по направлению воспринимаемой нагрузки.
4. Основные типы шарикоподшипников и роликоподшипников по конструкции.
5. Особенности конструкции сферических и игольчатых подшипников. Область применения данных подшипников.
6. Сколько имеется классов точности подшипников?
7. Из каких материалов изготавливают сепараторы, тела качения и кольца?
8. Как расшифровывается основное условное обозначение подшипника?
9. Что характеризует дополнительное условное обозначение подшипника?
10. Как определить тип подшипника качения по его маркировке?
11. Что характеризуют буквы, расположенные справа от основной маркировки подшипника качения?
12. Как определить внутренний диаметр подшипника качения по его маркировке?

### Пример выполнения практической части лабораторной работы

1. Условное обозначение (УО) подшипника: 6-7305А:  
 – основное УО: 000 7305;  
 – дополнительное УО: 6-; А.
2. Расшифровка основного УО:



2.1. Внутренний диаметр подшипника:

$$d = 5 \cdot 5 = 25 \text{ мм.}$$

2.2. Тип подшипника:

7 – роликовый конический.

- 2.3. Размерные серии подшипников по диаметру и ширине:  
3 и 0 – размерная серия по диаметру средняя, по ширине – узкая.
- 2.4. Конструктивные разновидности:  
00 – однорядные;
- 2.5. Эскиз подшипника (рис. 1.15).

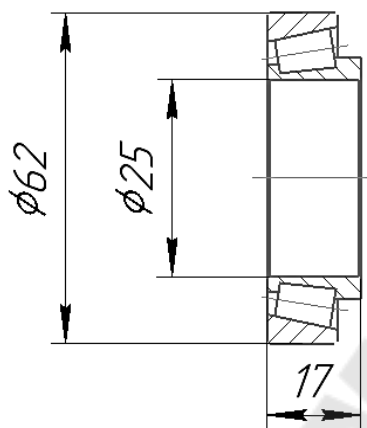


Рис. 1.15. Эскиз подшипника

3. Расшифровка дополнительного УО:
- 3.1. Класс точности: 6-й.
- 3.2. Радиальный зазор: 0 – зазор по нормальному ряду;
- 3.3. Дополнительные знаки справа от основного обозначения:  
А – подшипник повышенной грузоподъемности.
4. Краткая характеристика подшипника.

Применяется при низких и средних скоростях (15 м/с), отличается удобством сборки и разборки, регулировки зазоров и компенсации износа. Направление воспринимаемых нагрузок – радиальное и осевое только в одну сторону.

## **Лабораторная работа № 2**

### **ИЗУЧЕНИЕ ТИПОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ**

Цель работы: ознакомиться с основными схемами установки подшипников качения. Изучение конструкций уплотнений подшипниковых узлов. Изучение способов установки, а также регулировки и смазки подшипников.

#### **Общие сведения**

Подшипниковый узел используется как опора вращающегося вала. Чаще всего подшипниковый узел состоит из нескольких подшипников, но все зависит от требований, предъявляемых к подшипниковой опоре, при необходимости он может состоять из одного подшипника. Обычно подшипниковый узел служит для опоры и фиксации вала в радиальном и осевом направлениях относительно корпуса, или других неподвижных элементов. В зависимости от назначения, нагрузок, требуемых геометрических допусков и экономических соображений, различные подшипниковые узлы могут иметь следующие конструкции: фиксирующие и плавающие подшипниковые узлы, регулируемые подшипниковые узлы, плавающие подшипниковые узлы.

Подшипниковые узлы должны обладать: простотой конструкции, необходимой жесткостью и прочностью, возможностью регулировки осевых зазоров, совершенной системой смазки, возможностью предотвращать заклинивание, обеспечивать требуемую работоспособность.

#### **2.1. Конструкции подшипниковых узлов цилиндрических редукторов**

Конструкция подшипникового узла во многом зависит от типа зубьев колес. В редукторах с прямозубыми колесами осевые усилия в зацеплениях отсутствуют. Но при этом не исключены толчки случайного характера в осевом направлении, поэтому в одной из опор подшипник фиксируют по внутреннему и наружному кольцам (рис. 2.1–2.3). А чтобы исключить заклинивание тел качения подшипников во второй опоре при температурном расширении, ее выполняют «плавающей» (при расстоянии между опорами 450 мм).

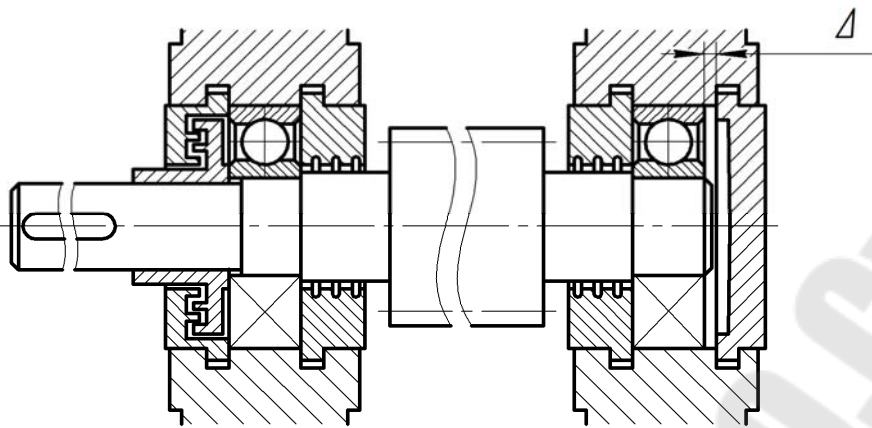


Рис. 2.1. Подшипниковый узел с «плавающим» правым подшипником

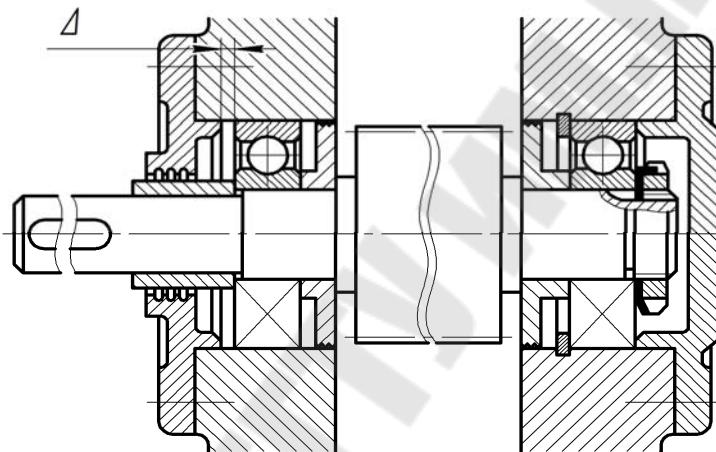


Рис. 2.2. Подшипниковый узел с «плавающим» левым подшипником

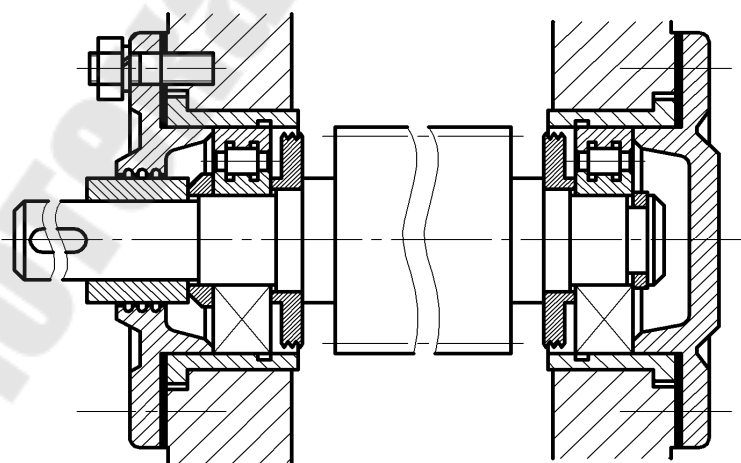


Рис. 2.3. Вал на радиальных роликовых подшипниках; с «плавающим» правым подшипником (подшипник без бортов на наружном кольце)

Узел, состоящий из фиксирующего и плавающего подшипников, обычно применяется в промышленных конструкциях для компенсации теплового расширения и сжатия валов. В нем фиксирующая опора на одном конце вала обеспечивает осевую фиксацию вала, подшипниковая опора на противоположной стороне вала является плавающей и обеспечивает возможность осевого смещения вала вследствие температурного расширения во избежание возникновения внутренних нагрузок в подшипниках. В качестве фиксирующих используются радиальные подшипники, способные компенсировать комбинированные (радиальные и осевые) нагрузки. К ним относятся радиальные шарикоподшипники, двухрядные или спаренные однорядные радиально-упорные шарикоподшипники, самоустанавливающиеся шарикоподшипники, сферические роликоподшипники, спаренные конические роликоподшипники, цилиндрические роликоподшипники.

Чтобы подшипник не воспринимал радиальную нагрузку, его наружное кольцо должно монтироваться с радиальным и осевым зазором в корпусе. Используются два способа компенсации смещения вала из-за температурного расширения в плавающей опоре. Первый способ – использование подшипника, воспринимающего только радиальные нагрузки и обеспечивающего компенсацию осевого смещения вала в подшипнике. Другой метод предполагает использование радиального подшипника, установленного со свободной посадкой в корпусе, которая обеспечивает свободное перемещение наружного кольца в осевом направлении [6].

В опоре с шариковым подшипником обеспечивают необходимый зазор между подшипником и крышкой путем установки регулировочных прокладок между корпусом редуктора и крышкой (рис. 2.1, 2.2). В опоре с цилиндрическими роликами и без бортов на наружном кольце (рис. 2.3) подвижность вала в осевом направлении обеспечивается за счет перемещения роликов по наружному кольцу.

Для уменьшения сил трения на поверхностях скольжения, а значит, и сил сопротивления перемещению вала в осевом направлении «плавающим» выполняют подшипник, менее нагруженный радиальным усилием.

При  $L < 450$  мм возможна установка подшипников «враспор» (рис. 2.4). При этом между подшипником 1 и крышкой 2 необходимо обеспечить зазор за счет установки регулировочных прокладок 3 между крышкой 2 и корпусом 4 редуктора (для шарикоподшипников  $\Delta = 0,2-0,5$  мм; для роликоподшипников  $\Delta = 0,5-1,0$  мм).

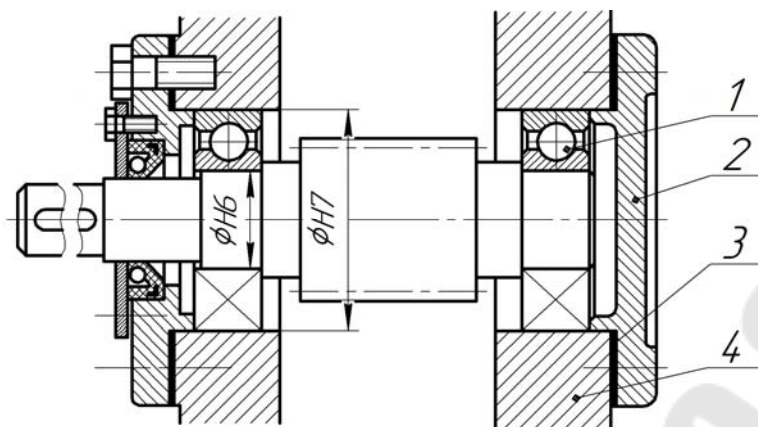


Рис. 2.4. Подшипниковый узел с радиальными подшипниками, установленными «враспор»

В подшипниковых узлах при незначительных нагрузках применяют шарикоподшипники (рис. 2.1, 2.2), при значительных нагрузках – подшипники с цилиндрическими роликами (рис. 2.3), в тяжелонагруженных редукторах – двухрядные конические роликоподшипники.

В редукторах с косозубыми колесами в зацеплениях действуют осевые усилия, передающиеся на опоры валов и зависящие от величины угла  $\beta$  наклона зубьев колес: при  $\beta \leq 9^\circ$  возможна установка шариковых радиальных подшипников (рис. 2.4), при  $\beta > 9^\circ$  устанавливают радиально-упорные шарико- (рис. 2.6, 2.7) или роликоподшипники (рис. 2.5, 2.8).

Установка подшипников «враспор» (рис. 2.5, 2.6) допустима [1] при угле контакта  $\alpha < 12^\circ$  и расстоянии между опорами:

$$L < C\sqrt{d}, \quad (2.1)$$

где  $C$  – коэффициент, величина которого установлена экспериментально; для узлов с радиально-упорными шарикоподшипниками  $C \approx 35$  мм; для узлов с коническими роликоподшипниками  $C \approx 50$  мм;  $d$  – посадочный диаметр вала, мм.

Осевой зазор в подшипниках регулируют набором прокладок между крышкой и корпусом редуктора. Причем с уменьшением зазоров в подшипниках повышаются равномерность распределения нагрузки между телами качения и жесткость узла и снижается вибрация. Однако возрастают потери на трение и уменьшается КПД подшипника.

При  $L > C\sqrt{d}$  одну опору выполняют фиксирующей, другую опору «плавающей» (рис. 2.7, 2.8).

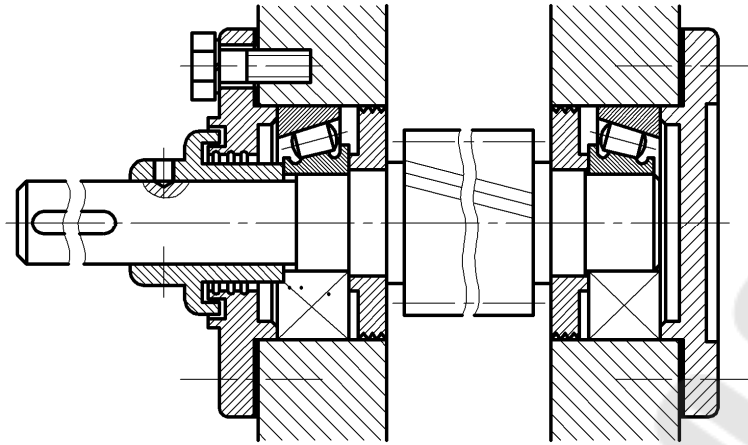


Рис. 2.5. Подшипниковый узел с коническими роликоподшипниками, установленными «враспор» (смазка консистентная)

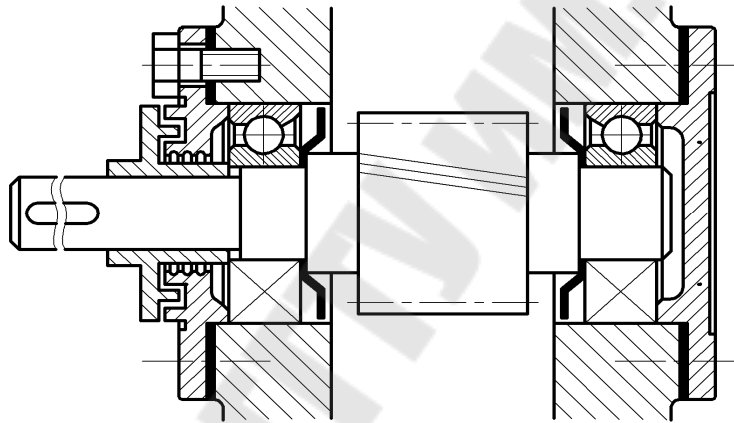


Рис. 2.6. Подшипниковый узел с радиально-упорными шарикоподшипниками, установленными «враспор»

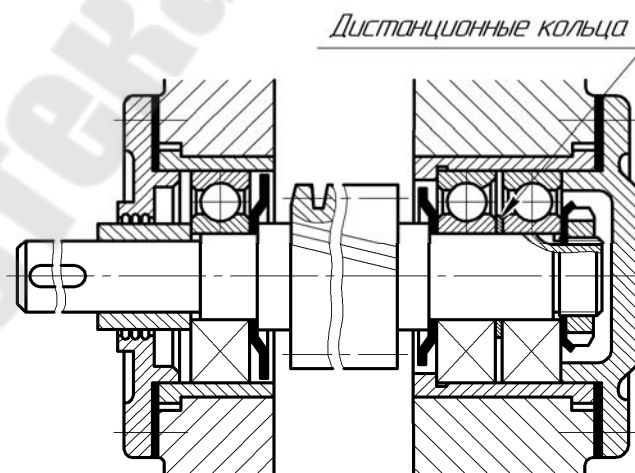


Рис. 2.7. Подшипниковый узел со сдвоенными радиально-упорными шарикоподшипниками и «плавающим» радиальным шарикоподшипнике

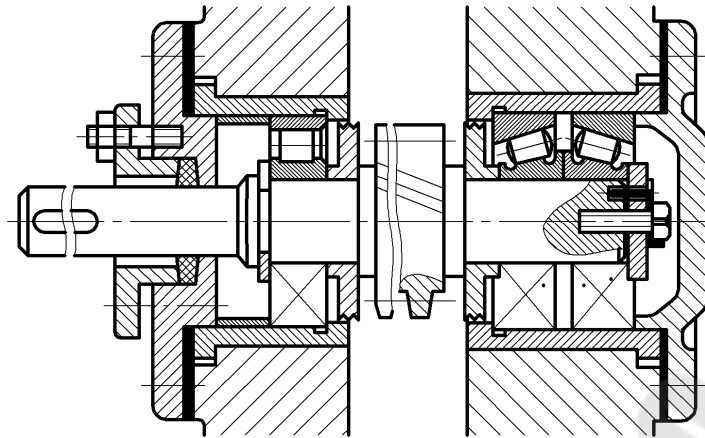


Рис. 2.8. Подшипниковый узел со сдвоенными коническими роликоподшипниками и роликовым подшипнике («плавающая» опора)

Радиально-упорные подшипники с углом контакта  $\alpha > 12^\circ$  требуют минимальных осевых зазоров, что при установке их «враспор» может вызвать заклинивание тел качения при тепловом удлинении вала.

В редукторах с шевронными колесами осевые усилия, действующие на каждый полушеврон, взаимно уравниваются на колесах и передаются на опоры валов. Для обеспечения самоустановки зубчатых колес друг относительно друга опоры тихоходных валов выполняют фиксирующими, других валов редуктора – «плавающими». Для последних целесообразны роликовые подшипники без бортов на наружном кольце (рис. 2.9).

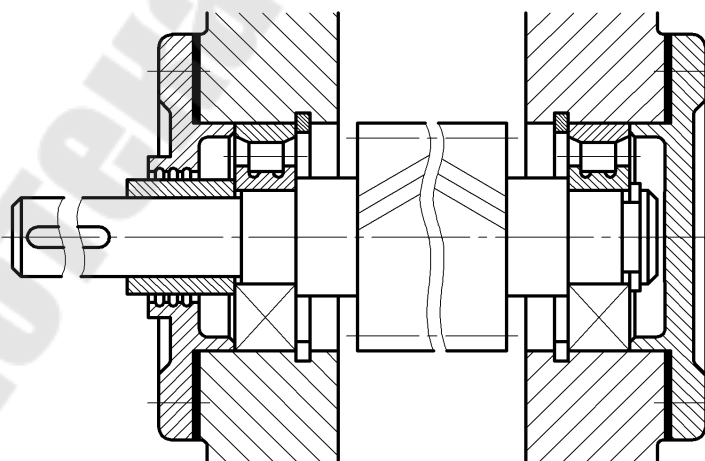


Рис. 2.9. Подшипниковый узел «плавающий» на роликоподшипниках с наружными кольцами без бортов

Вал в осевом направлении перемещается вместе с внутренним кольцом и роликами подшипника. В тяжело нагруженных редукторах применяют двухрядные сферические шарикоподшипники, а в тихоходных редукторах – сферические роликоподшипники и двухрядные конические роликоподшипники. В соосных редукторах опоры, как правило, выполняют по схеме «враспор».

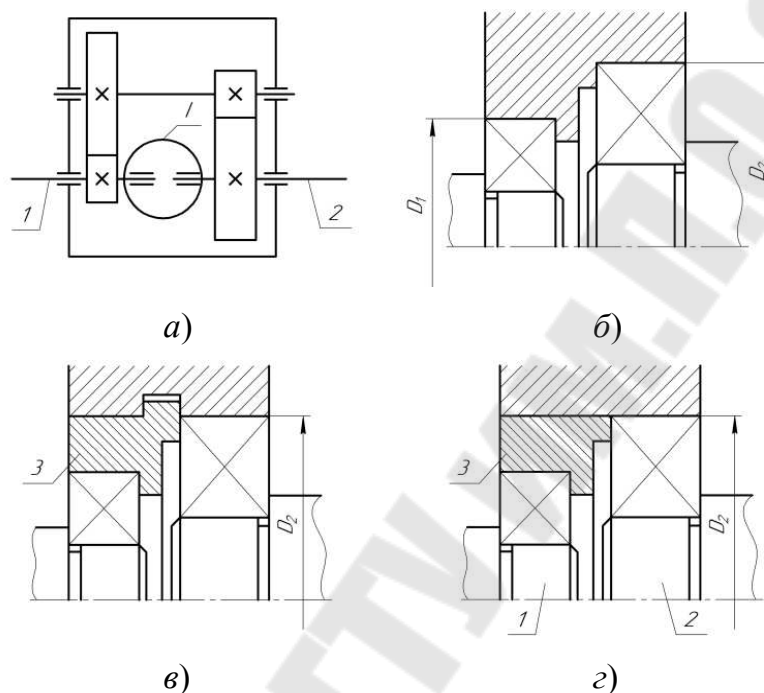


Рис. 2.10. Схема и установка подшипников внутренней опоры соосного редуктора:  
 а – схема соосного редуктора; б – установка подшипников в ступенчатой расточке корпуса;  
 в – установка подшипников в кольце с уступом;  
 г – установка подшипников в кольце без уступа

Отверстие в корпусе редуктора под подшипники быстроходного 1 и тихоходного 2 валов целесообразно выполнять сквозным с применением кольца 3 (рис. 2.10, в, г), так как ступенчатая расточка отверстий (рис. 2.10, б) технологически затруднительна. Кольцо с упорным буртом (рис. 2.10, в) применяют при наличии осевого усилия (косозубые передачи), действующего в сторону быстроходного вала. При этом корпус подшипника должен быть разъемным, что усложняет конструкцию корпуса редуктора. Кольца без упорного бурта (рис. 2.10, г) применяют в передачах с прямозубыми колесами, т. е. при отсутствии осевого усилия, так как при его наличии возможна перегрузка подшипника быстроходного вала.

## 2.2. Подшипниковые узлы конических редукторов

В узлах применяют: при высоких скоростях радиально-упорные шарикоподшипники, при средних и малых скоростях конические роликоподшипники (рис. 2.13–2.16). Радиальные шариковые подшипники, имеющие малую осевую жесткость, практически не применяют.

Схемы установки подшипников быстроходных валов конических редукторов приведены на рис. 2.11, конструкции подшипниковых узлов – на рис. 2.12–2.17. В конструкциях узлов на рис. 2.12, 2.13 (схема 2.11, *а*) осевую нагрузку воспринимают менее нагруженные радиальной нагрузкой подшипники 1, что благоприятно для работы подшипников. Конструкции узлов на рис. 2.14, 2.15 (схема 2.11, *б*) обладают жесткостью и допускают температурные удлинения валов, что устраняет заклинивание подшипников. Возможна установка вала на подшипники разных размеров (рис. 2.15). Однако конструкция узла менее технологична.

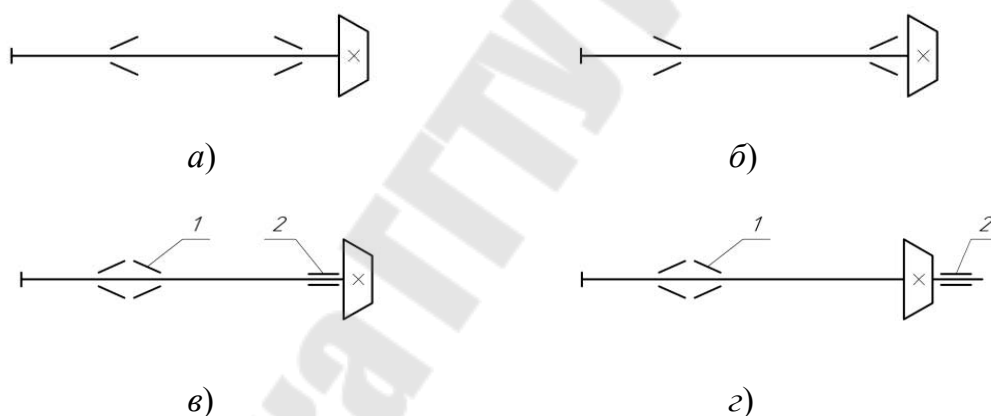


Рис. 2.11. Схемы установки подшипников в опорах валов конических редукторов:

- а* – установка «враспор», колесо консольное; *б* – установка «врастяжку», колесо консольное; *в* – опора 1 – сдвоенная; опора 2 – «плавающая», колесо консольное; *г* – опора 1 – сдвоенная; опора 2 – «плавающая», колесо расположено между опорами

В конструкции узла на рис. 2.16 (схема 2.11, *в*) подшипник с цилиндрическими роликами воспринимает только радиальную нагрузку, а сдвоенные конические роликоподшипники – осевую и радиальную нагрузки. Конструкция узла допускает температурные деформации (осевые) вала при постоянном осевом зазоре в конических подшипниках. При расположении шестерни между опорами (рис. 2.17, схема 2.11, *г*)

возрастает жесткость узла и уменьшается неравномерность распределения нагрузки по длине зуба (из-за уменьшения прогиба и угла поворота шестерни).

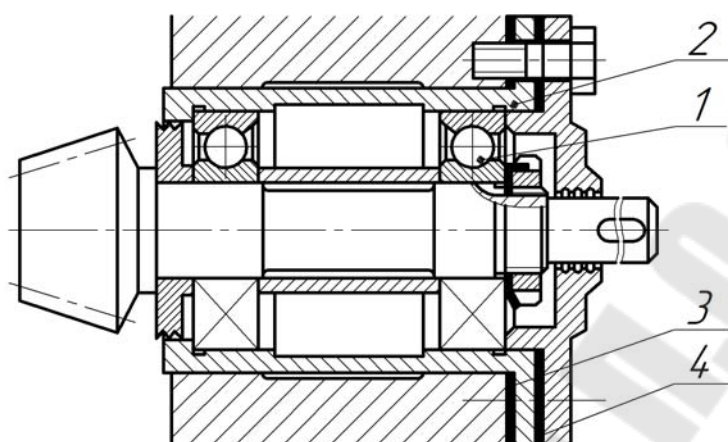


Рис. 2.12. Подшипниковый узел на радиально-упорных шарикоподшипниках

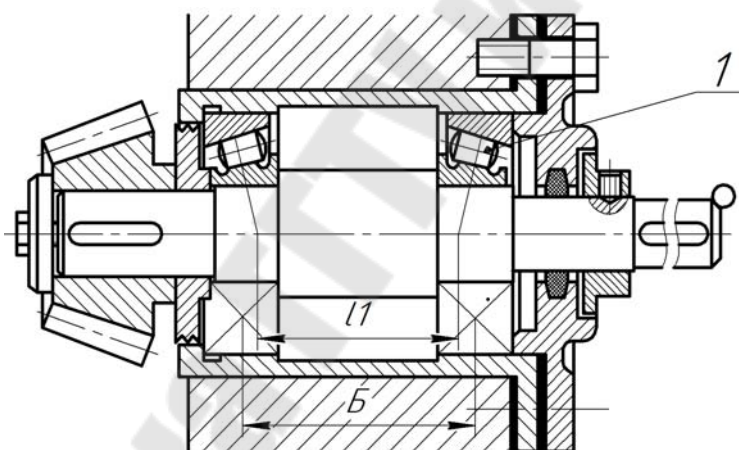


Рис. 2.13. Подшипниковый узел на конических роликоподшипниках

Однако конструкция колес и корпуса редуктора усложняется и данная схема не всегда применима по конструктивным соображениям.

Подшипниковые узлы конических шестерен обычно монтируются в специальных стаканах 2 (рис. 2.12), что облегчает их сборку и регулировку зацепления. Осевой зазор в зацеплении регулируют подбором толщины прокладок 3 между корпусом редуктора и стаканом 2.

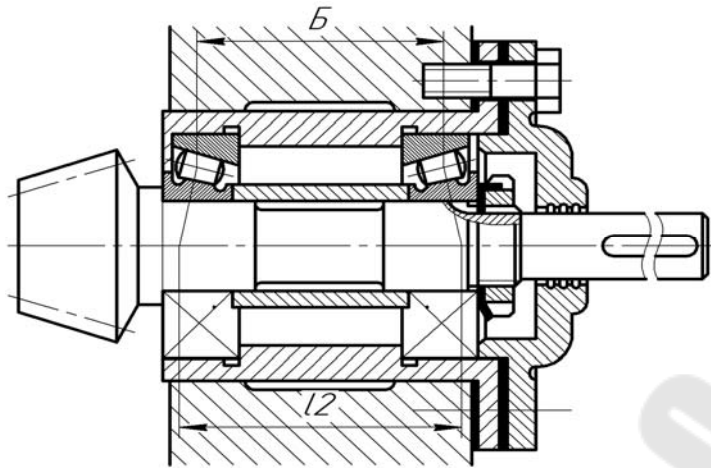


Рис. 2.14. Подшипниковый узел на конических роликоподшипниках (вариант, допускающий температурные удлинения вала)

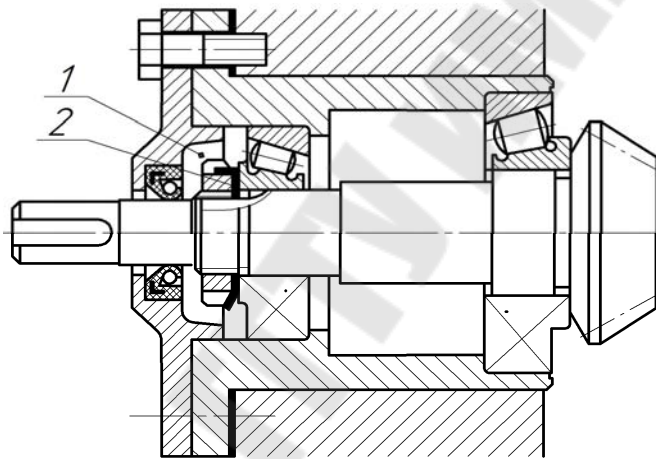


Рис. 2.15. Подшипниковый узел на конических роликоподшипниках разного диаметра

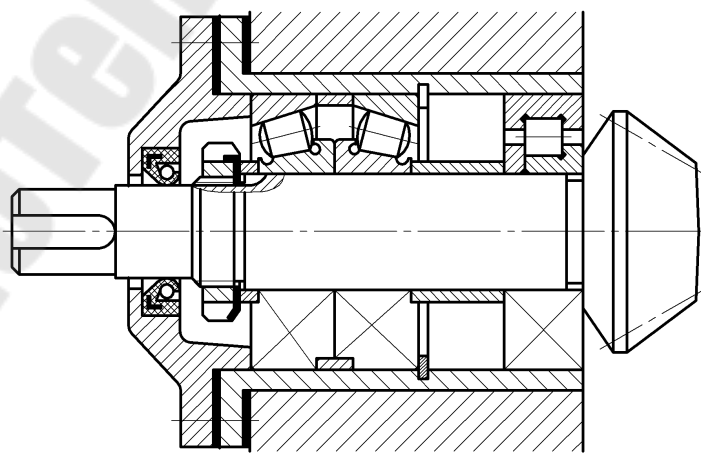


Рис. 2.16. Подшипниковый узел на роликоподшипниках: левая опора – фиксирующая, правая – «плавающая»

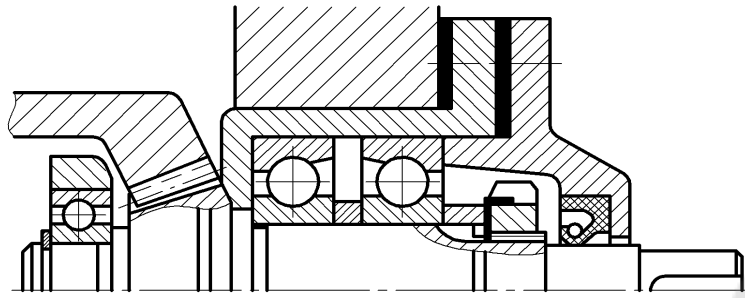


Рис. 2.17. Подшипниковый узел с расположением зубчатого венца между опорами

Осевые зазоры в зацеплениях регулируют набором прокладок 4 между стаканом 2 и крышкой (рис. 2.12) или установочной гайкой 1 со стопорной шайбой 2 (рис. 2.15).

Ведомые конические зубчатые колеса обычно располагают между опорами их валов, установленных на конических роликоподшипниках «враспор» (рис. 2.6).

### 2.3. Подшипниковые узлы червячных редукторов

На опоры червяков действуют значительные осевые усилия, поэтому, если не удастся подобрать радиально-упорные подшипники, возможно применение упорных подшипников, воспринимающих только осевую нагрузку и работающих совместно с радиальными подшипниками [5]. Для облегчения монтажа и демонтажа червяка диаметр расточки в корпусе редуктора выполняют больше диаметра вершин червяка.

При межосевом расстоянии  $a_w \leq 150-180$  мм и расстоянии между опорами  $L < 400$  мм вал червяка устанавливают «враспор» (рис. 2.5, 2.6). При  $L > 400$  мм одну опору выполняют фиксирующей, другую – «плавающей» (аналогично рис. 2.7, 2.8).

Валы, имеющие значительные консольные нагрузки, устанавливают на роликовых сферических или сдвоенных конических подшипниках.

### 2.4. Радиальная фиксация подшипников

Чтобы обеспечить требуемую грузоподъемность, кольца подшипника должны иметь контакт с посадочными поверхностями по всей ширине дорожки качения. Опора должна быть жесткой и может быть

обеспечена цилиндрической или конической посадочной поверхностью или плоской опорной поверхностью (кольца упорного подшипника). Класс точности посадочных мест подшипников должен быть соответствующим. Поверхность посадочных мест не должна прерываться канавками или отверстиями, если это не требуется специальными условиями. Кольца подшипника должны быть зафиксированы таким образом, чтобы избежать проворота под нагрузкой. Поэтому необходимая величина опорной поверхности и достаточная радиальная фиксация могут быть достигнуты тогда, когда кольца устанавливаются с требуемой степенью натяга. Если кольца подшипника будут зафиксированы непрочно, это может привести к повреждению подшипников и сопряженных с ним деталей. В случае плавающего подшипника необходимо компенсировать осевое смещение, поэтому использование посадки с натягом не является возможным. В случаях, когда стандартно применяется посадка с натягом, но в конкретном случае необходима свободная посадка, должны приниматься специальные меры для ограничения износа, который неизбежно возникнет из-за проскальзывания кольца подшипника на своем посадочном месте.

Условия вращения относятся к кольцу подшипника и рассматриваются применительно к направлению действующей нагрузки. Существуют следующие условия: вращающаяся нагрузка, неподвижная нагрузка, нагрузка в произвольном направлении.

Если кольцо подшипника вращается при неподвижной нагрузке или кольцо неподвижно при вращающейся нагрузке, нагрузка называется вращающейся. Тяжелые нагрузки, которые не вращаются, но постоянно меняют направление, считаются вращающимися нагрузками. При такой нагрузке, если посадка достаточно свободная, кольцо подшипника проворачивается, это приводит к износу поверхностей. Для предотвращения этого кольцо устанавливают на посадочном месте с соответствующим натягом.

Если кольцо подшипника и нагрузка являются неподвижными или кольцо и нагрузка вращаются с одинаковой скоростью, нагрузка считается неподвижной. В таких условиях кольца подшипника обычно не проворачиваются на своих посадочных местах, поэтому не обязательно устанавливать их с натягом.

В высокоскоростном оборудовании возникает нагружение в произвольном направлении, что способствует появлению вибраций, колебаний и ударных нагрузок. Направление такой нагрузки невозможно

спрогнозировать. При таких условиях работы необходимо, чтобы оба кольца подшипника были установлены с натягом. Для внутреннего кольца обычно используется величина натяга, рекомендуемая при воздействии вращающейся нагрузки. Однако если наружное кольцо должно иметь свободное осевое перемещение в корпусе, можно использовать чуть более свободную посадку, чем та, что рекомендуется для вращающейся нагрузки.

Степень посадки внутреннего кольца с натягом на посадочном месте на валу должна определяться на основании величины нагрузки, действующей на подшипник. Обычно внутреннее кольцо подшипника деформируется пропорционально действующей нагрузке. Чем выше нагрузка, тем большая степень натяга требуется. В условиях работы при вибрации и ударных нагрузках следует выбирать более плотную посадку.

Если подшипник установлен с натягом на вал или в корпус, получается, что кольцо подшипника растягивается или сжимается, а значит и уменьшается внутренний зазор. Величина внутреннего зазора подшипника может меняться, но допустимый минимум должен оставаться всегда. Иногда посадка с натягом может быть настолько плотной, что для предотвращения нежелательного преднатяга рекомендуется использовать подшипники с начальным зазором больше нормального.

Уменьшить внутренний зазор подшипника могут и другие факторы, например, высокая температура внутреннего кольца по сравнению с наружным. Во время работы кольца подшипника обычно нагреваются до более высокой температуры, чем детали, на которых они установлены, как следствие, посадка внутреннего кольца может ослабиться а, в свою очередь, расширение наружного кольца может препятствовать его требуемому осевому перемещению в корпусе. Если выделяемое при трении тепло в подшипнике недостаточно быстро рассеивается, это также может ослабить посадку внутреннего кольца. В некоторых случаях трение уплотнений подшипника может вызывать тепловыделение, что будет способствовать ослаблению посадки внутреннего кольца. Поэтому очень важно контролировать разницу температур в подшипниковом узле.

Для оборудования, в котором требуется высокая степень точности вращения, рекомендуется посадка с натягом. Свободная посадка может снизить жесткость и повысить вибрацию. Посадочные места

подшипников должны соответствовать как минимум качеству точности IT5 для вала и IT6 для корпуса. Также должны применяться жесткие допуски общего биения.

Для обеспечения достаточной опоры колец подшипника, установленных в тонкостенных корпусах, корпусах из легких сплавов или на полых валах, должны использоваться допуски на размеры, обеспечивающие более плотные посадки, чем те, что обычно рекомендуются для толстостенных стальных или чугунных корпусов или сплошных валов. Также применяются более легкие посадки для материалов валов, имеющих коэффициент теплового расширения выше, чем обычная сталь.

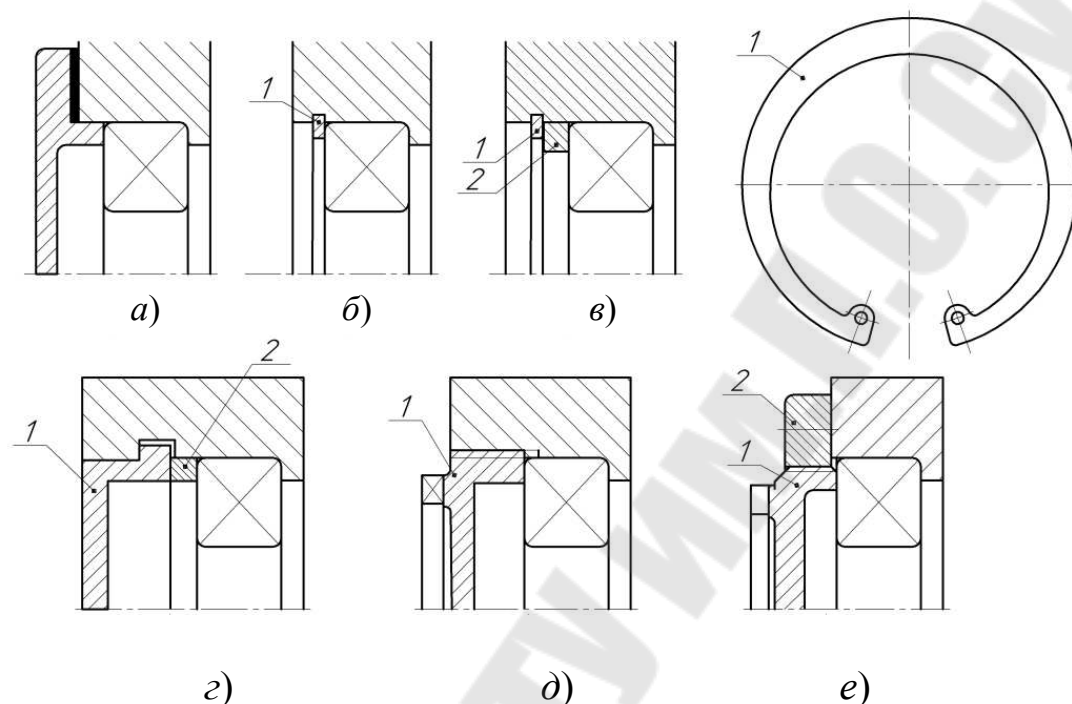
Подшипники, имеющие посадку с зазором, более просты в монтаже и демонтаже, чем подшипники, имеющие посадку с натягом. Но если необходимы простота монтажа, но при этом посадка с натягом, необходимо применять разборные подшипники или подшипники с коническим отверстием. Подшипники с коническим отверстием могут устанавливаться на гладких или ступенчатых валах с помощью крепежных и стяжных втулок или непосредственно на конические шейки валов.

Если подшипники в плавающей опоре не могут компенсировать осевое смещение внутри подшипника, необходимо обеспечить свободное перемещение в осевом направлении наружного кольца на посадочном месте. Это может быть обеспечено за счет свободной посадки кольца, на которое воздействует неподвижная нагрузка. Если наружное кольцо нагружено неподвижной нагрузкой, а подшипник для компенсации смещения должен иметь возможность осевого перемещения в корпусе, можно установить закаленную втулку в отверстие корпуса, которая предотвратит повреждение подшипником своего посадочного места.

## 2.5. Способы крепления подшипников

Способы крепления подшипников в корпусе редуктора приведены на рис. 2.18: рис. 2.18, *a* – привертной крышкой (наиболее распространенный способ); рис. 2.18, *б* – стопорным кольцом 1 (пружинным), для обеспечения контакта между торцами подшипника и кольца устанавливают компенсаторную шайбу 2 (рис. 2.18, *в*), толщину которой определяют при монтаже; рис. 2.18, *г* – врезной крышкой 1, применяют при разъемных корпусах; рис. 2.18, *д* – винтом 1; рис. 2.18, *е* –

винтом *1*, ввинчиваемым во фланец *2*, прикрепляемый к корпусу редуктора; способ исключает нарезание резьбы большого диаметра в корпусе (чугунном) редуктора и повышает надежность резьбового соединения (при стальной крышке *2*).



*Рис. 2.18.* Крепление подшипников в корпусе:  
*а* – крышкой; *б* – пружинным стопорным кольцом *1*;  
*в* – пружинным стопорным кольцом *1* с компенсаторным  
 кольцом *2*; *г* – врезной крышкой *1* и компенсаторным  
 кольцом *2*;  
*д* – винтом *1*; *е* – винтом *1*, заворачиваемым во фланец *2*

Способы крепления подшипников на валу приведены на рис. 2.19: рис. 2.19, *а* – вал в осевом направлении фиксируют упором в выступ корпуса *1* редуктора (сверху) или в торец крышки *2*; такая схема применима при установке подшипников «враспор»; рис. 2.19, *б* – пружинным стопорным кольцом *1*; этот способ обычно применяют в «плавающих» опорах; рис. 2.19, *в* – упорной гайкой *1* со стопорной шайбой *2*; рис. 2.19, *г*, *д* – концевой шайбой *1* с болтами *2*; самоотвинчивание болтов предупреждают стопорными шайбами (планками) *3*; рис. 2.19, *е* – упорной разрезной гайкой *1* со стяжным винтом *2*, при завинчивании которого возрастает сила трения в резьбовом соединении, препятствующая самоотворачиванию гайки *1*.

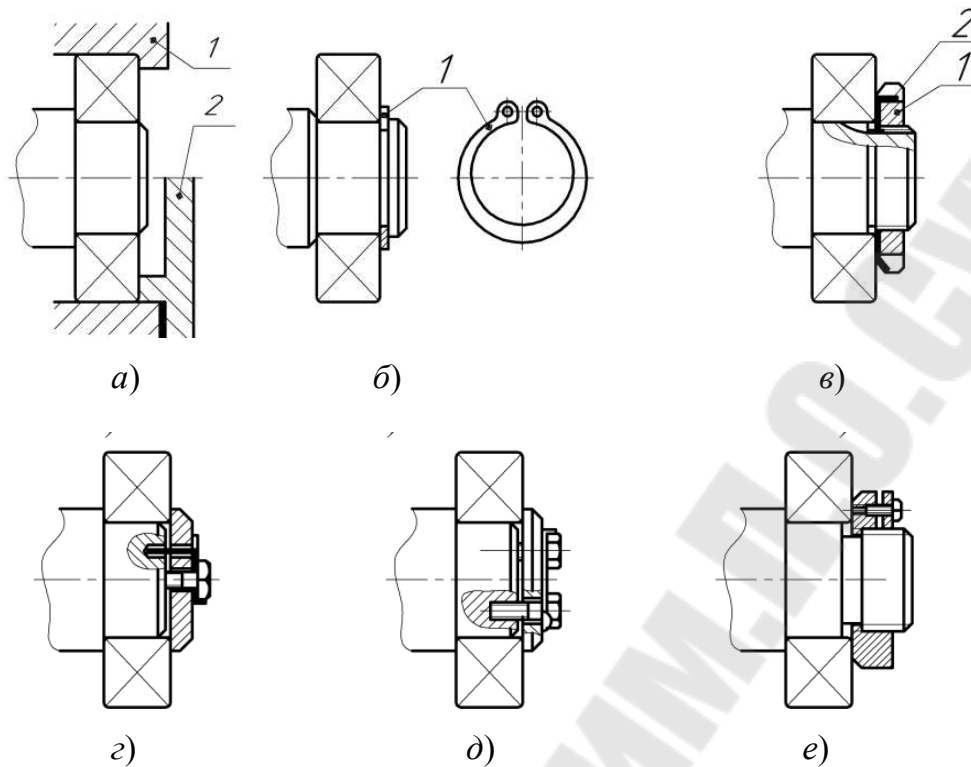


Рис. 2.19. Крепление подшипников на валу:

*a* – односторонним упором в борт вала; *б* – пружинным стопорным кольцом *1*; *в* – упорной гайкой *1* с предохранительной шайбой *2*; *г* – концевой шайбой с болтом; *д* – концевой шайбой с двумя болтами; *е* – упорной разрезной гайкой со стяжным винтом

## 2.6. Способы регулирования осевых зазоров фиксирующих опор

Способы регулирования осевых зазоров фиксирующих опор приведены на рис. 2.20: рис. 2.20, *a–г* – осевым перемещением внешних колец подшипника; рис. 2.20, *д, е* – внутренних колец подшипника. Осевые зазоры в подшипниках регулируют: рис. 2.20, *a* – подбором толщин металлических прокладок *1*; способ достаточно точен при наличии четырех прокладок с толщинами 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 мм; рис. 2.20, *б* – гайкой *1*; рис. 2.20, *в* – винтом *1*, ввинчиваемым во фланец *2*; рис. 2.20, *г* – винтом *1* и шайбой *2*, самоустанавливающейся благодаря сферической поверхности винта *1*; этот способ точнее, чем в конструкциях на рис. 2.20, *б, в*; рис. 2.20, *д* – концевой шайбой *1*, под которую устанавливают набор прокладок *2*; шайбу к валу крепят винтами (аналогично рис. 2.20, *г* или рис. 2.20, *д*); рис. 2.20, *е* – упорной гайкой *1* со стопорной шайбой *2*.

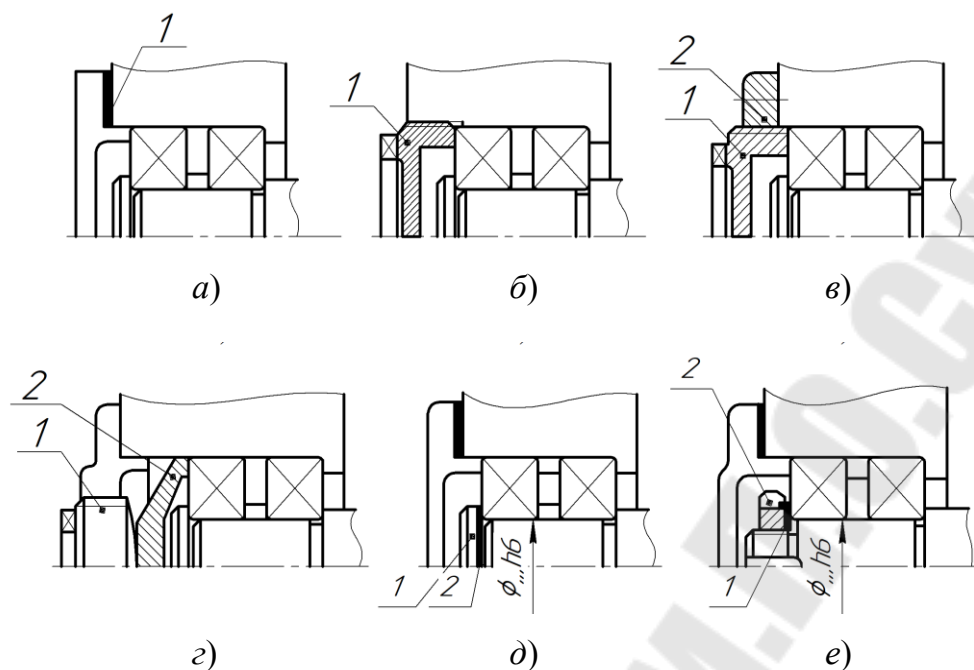


Рис. 2.20. Регулирование подшипников фиксирующих опор:  
*a* – набором прокладок 1; *б* – гайкой 1; *в* – гайкой 1, заворачиваемой во фланец 2; *г* – винтом 1 и самоустанавливающей шайбой 2;  
*д* – набором прокладок 2 и концевой шайбой 1;  
*е* – упорной гайкой 1 с предохранительной шайбой 2

Для облегчения перемещения внутреннего кольца подшипника по валу (рис. 2.20, *д*, *е*) применяют посадки  $h6$  или  $js6$  (посадки несколько ослаблены по сравнению с обычной посадкой  $K6$ , рис. 2.20, *а–г*). Или при установке подшипников «враспор» осевые зазоры регулируют только в одной опоре перемещением наружного кольца подшипника (аналогично способам на рис. 2.20, *а–г*). При правильно отрегулированных подшипниках вал свободно проворачивается от руки.

## 2.7. Смазка и уплотнение подшипников

Для обеспечения долговечности подшипников качения необходимо использовать смазку, которая помогает достичь расчетного ресурса, предотвращает прямой контакт между поверхностями тел качения и элементами системы подшипникового узла, такими как дорожки качения и сепараторы. Смазка защищает подшипники от износа и коррозии. Выбор подходящего смазочного материала и метода смазывания зависит от рабочих условий. Для смазки подшипников можно использовать различные варианты пластичных смазок, масел или других материалов. Этот выбор зависит от частоты вращения

и рабочей температуры, а также от таких факторов, как вибрация и нагрузка. Важно использовать минимальное количество смазочного материала для надежного смазывания подшипника. Свойства смазочного материала ухудшаются из-за механической работы, старения и загрязнения, поэтому необходимо регулярно обслуживать и заменять смазку или масло. Подшипники без уплотнений или защитных шайб требуют дополнительного смазывания, в то время как подшипники с уплотнениями имеют достаточное количество смазки на весь срок службы. Такие подшипники обычно не требуют повторного смазывания при нормальных условиях эксплуатации. Пластичная смазка является более предпочтительным вариантом по сравнению с маслом, так как она лучше удерживается в узле подшипника и защищает его от загрязнений и конденсата.

Подшипники и подшипниковые узлы со встроенными уплотнениями или защитными шайбами поставляются с пластичной смазкой, заложенной на весь срок службы подшипника. В нормальных рабочих условиях срок службы пластичной смазки в уплотненных подшипниках превышает срок службы самого подшипника, поэтому, за некоторым исключением, повторное смазывание таких подшипников не требуется. Для рассмотрения работы подшипников под нормальными рабочими условиями подразумевается следующее: нагрузки постоянны по величине и направлению, нагрузки равны рекомендуемой минимальной нагрузке, постоянная частота вращения, не превышающая допустимую.

Количество используемой пластичной смазки зависит от условий работы. Недостаточное количество смазки приводит к возникновению контакта металлических поверхностей и преждевременному выходу подшипника из строя. Избыточное количество пластичной смазки вызывает быстрое повышение рабочей температуры подшипника, особенно при больших частотах вращения.

Пластичная смазка также должна защищать подшипник от коррозии и не должна вымываться из полости подшипника в случае попадания воды. Тип загустителя определяет способность пластичной смазки противостоять вымыванию водой. Наиболее устойчивыми к вымыванию водой являются пластичные смазки на основе таких загустителей, как литиевый и кальциевый комплексы, а также полимо-чевина. Антикоррозийные свойства пластичных смазок определяются характеристиками используемого в них ингибитора коррозии.

Если срок службы пластичной смазки меньше расчетного ресурса подшипника, подшипники качения должны повторно смазываться. Повторное смазывание необходимо выполнять до ухудшения свойств используемого смазочного материала [7].

Назначение уплотнений заключается в сохранении смазки и предотвращении проникновения загрязняющих веществ в рабочую среду. Для эффективного уплотнения необходимо обладать определенными характеристиками: достаточной податливостью для выравнивания неровностей поверхности, достаточной прочностью для выдерживания давления, способностью функционировать в широком диапазоне температур, устойчивостью к воздействию химических веществ, минимизацией трения, тепловыделения и износа.

Уплотнения подразделяются на несколько видов: статические, динамические, бесконтактные, сильфонные и мембранные. Статические уплотнения контактируют с неподвижными поверхностями и эффективность их работы зависит от способности к деформации при установке. Примерами статических уплотнений являются прокладки и O-образные кольца. Динамические уплотнения контактируют с поверхностями, совершающими движение, и должны сохранять смазку, предотвращать попадание загрязняющих веществ, разделять среды и выдерживать перепады давления. Существует несколько видов динамических уплотнений, включая сальниковые уплотнения и поршневые кольца. Широко распространены радиальные манжетные уплотнения вала, которые контактируют как с неподвижными, так и вращающимися деталями. Бесконтактные манжетные уплотнения валов обеспечивают узкий зазор между неподвижной уплотняющей кромкой и вращающейся деталью. Этот зазор может быть расположен в осевом, радиальном или комбинированном направлениях. Бесконтактные уплотнения, от простых уплотнений щелевого типа до многоступенчатых лабиринтов, практически не имеют трения и не подвержены износу.

Сильфонные и мембранные уплотнения используются для уплотнения деталей, имеющих ограниченную свободу перемещения.

Уплотнения подшипниковых узлов должны защищать их, при этом износ должен быть минимальным в любых условиях работы. Для того чтобы правильно выбрать уплотнения, следует учитывать: необходимый тип смазочного материала; окружную скорость сопряженных поверхностей уплотнения; возможность перекоса вала; бие-

ние и concentricity, наличие свободного пространства; трение уплотнения о сопряженную поверхность; влияние окружающей среды, стоимость.

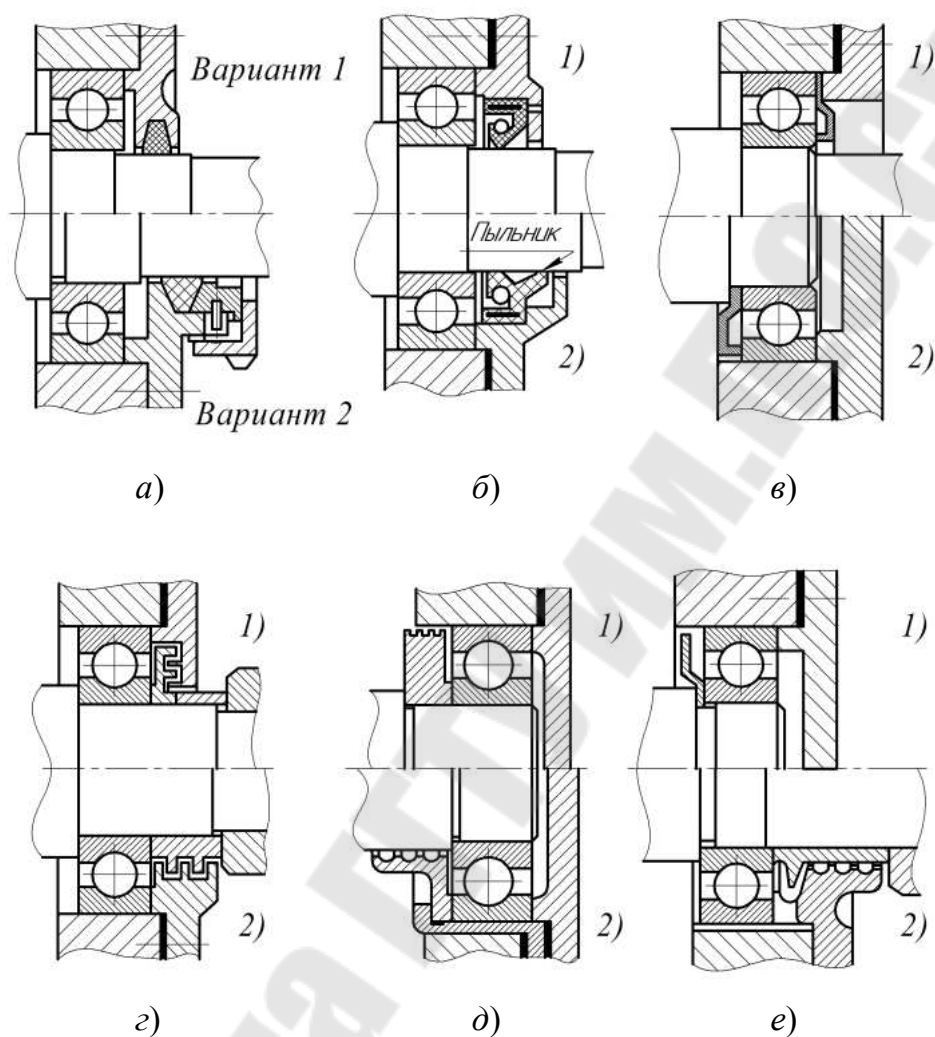


Рис. 2.21. Уплотнения подшипников качения:

- a* – войлочное (вариант 1 – с войлочным кольцом, 2 – с войлочным кольцом и поджимной гайкой);
- б* – манжетное ( 1 – с одной уплотняющей кромкой, 2 – с двумя уплотняющими кромками);
- в* – торцовое (1 – шайба подвижная, 2 – вращающаяся);
- г* – лабиринтное (1 – осевое, 2 – радиальное);
- д* – щелевое (1 – с защитной вращающейся шайбой, 2 – неподвижной шайбой);
- е* – вариант 1 – с защитной шайбой; вариант 2 – комбинированное центробежное

Эффективность бесконтактных уплотнений зависит от уплотняющего действия узкого зазора между валом и корпусом [11]. Этот зазор может быть расположен в радиальном, осевом или комбинированном направлении. Такие уплотнения могут иметь простую щеле-

вую конструкцию радиального уплотнения вала или более сложную конструкцию лабиринтного типа. Во всех перечисленных случаях контакт в уплотнениях отсутствует, поэтому они практически не создают трение и не подвержены износу. Бесконтактные уплотнения не подвержены воздействию твердых частиц загрязняющих веществ и особенно рекомендуются для использования при высоких окружных скоростях и в условиях высоких температур.

Экономичным решением является оснащение подшипников защитными шайбами или контактными уплотнениями с одной или обеих сторон подшипника. Подшипники, уплотненные с обеих сторон, не требуют технического обслуживания. Данные подшипники используются в сухих и относительно чистых рабочих условиях. Защитные шайбы также используются в тех случаях, когда важно снизить трение по скоростным или температурным соображениям.

Подшипники с контактными уплотнениями предпочтительны для узлов, которые работают в условиях средней загрязненности, где присутствует влага или требуется продолжительный срок службы без технического обслуживания.

Самым простым внешним уплотнением является щелевое уплотнение, которое образует небольшой зазор между поверхностью вала и отверстием корпуса. Такое уплотнение достаточно для подшипников, работающих в условиях сухой и незагрязненной среды. Смазка проникает в зазор подшипника, заполняет канавки и не дает проникнуть в подшипниковый узел пыли, грязи и прочим загрязнениям. Если применяется смазывание маслом и вал расположен горизонтально, то на валу или в отверстии корпуса протачивают спиральные канавки. Они служат для возврата вытекающего масла в полость подшипника. Поэтому важно, чтобы вал вращался только в одном направлении. Одно- или многоступенчатые лабиринтные уплотнения дороже и эффективнее, чем простые щелевые уплотнения. Эффективные и недорогие лабиринтные уплотнения могут быть изготовлены из уплотнительных шайб. Для улучшения уплотняющего действия защитных шайб на вал нередко устанавливают вращающиеся диски. При смазывании маслом для этой же цели используют отражательные кольца, канавки или диски. Масло, задерживаемое маслоотражательным кольцом, собирается в канале корпуса и возвращается в масло-сборник корпуса через соответствующие маслоотводящие каналы.

Войлочные уплотнения просты и экономичны, они применяются при смазывании пластичной смазкой. Войлочные уплотнения могут использоваться при окружных скоростях до 4 м/с и рабочих температурах до 100 °С. Если необходимо повысить качество работы войлочного уплотнения, то в качестве вторичного уплотнения делают простое лабиринтное уплотнение. Еще один тип уплотнений, относящийся к простым, компактным и недорогим, – это металлические уплотнения. Уплотнения фиксируются за счет прижатия к корпусу наружным кольцом или к валу внутренним кольцом и оказывают упругое осевое давление на другое кольцо. После определенного периода приработки эти уплотнения превращаются в бесконтактные за счет образования очень узкого щелевого зазора.

## **2.8. Монтаж и демонтаж подшипников качения**

Подшипники качения являются надежными компонентами оборудования, которые могут иметь продолжительный срок службы при условии их правильного монтажа и технического обслуживания. Необходимыми условиями для правильного монтажа являются точность, следование инструкциям, чистая рабочая среда и соответствующие инструменты. Выполнить правильный монтаж подшипников зачастую гораздо сложнее, чем это кажется на первый взгляд, в особенности если это касается крупногабаритных подшипников.

Монтаж подшипников должен производиться в сухом, чистом помещении, на удалении от станочного и другого оборудования во избежание попадания пыли и металлических частиц. Если монтаж подшипника проводится в незащищенном месте, как это часто бывает в случае крупногабаритных подшипников, необходимо принять меры по защите подшипника и окружающего оборудования от попадания пыли, грязи и влаги. Это можно сделать, накрыв или обернув подшипники и другие детали полиэтиленовой пленкой или фольгой.

Все необходимые детали, инструменты, оборудование и технические инструкции должны быть подготовлены до начала монтажа. Также рекомендуется предварительно изучить все чертежи и инструкции, чтобы определить правильный порядок и расположение деталей при их сборке. Подшипники следует извлекать из упаковки только непосредственно перед монтажом, чтобы избежать их загрязнения. Если существует вероятность загрязнения в результате неправильного обращения или повреждения упаковки, подшипники следует промыть специальным составом и высушить перед монтажом.

Следует убедиться в чистоте корпусов, валов, уплотнений и других компонентов подшипниковых узлов. Необходимо уделить особое внимание резьбовым отверстиям, фаскам и канавкам, где могут скапливаться металлические частицы и стружка, оставшиеся после обработки. Кроме того, необработанные поверхности литых корпусов должны быть очищены от формовочной смеси, а все заусенцы удалены. По завершении очистки и сушки всех компонентов следует проверить допуски на размеры и форму каждого элемента. Удовлетворительная работа подшипника будет обеспечена лишь в том случае, если все сопряженные детали выполнены с требуемыми допусками. Контроль диаметра цилиндрических валов и посадочных поверхностей корпусов обычно производится соответствующими инструментами в двух поперечных сечениях и в четырех направлениях (рис. 2.22). Контроль конических посадочных мест на валу может осуществляться с помощью кольцевого калибра, конусного калибра, а также синусной линейки.

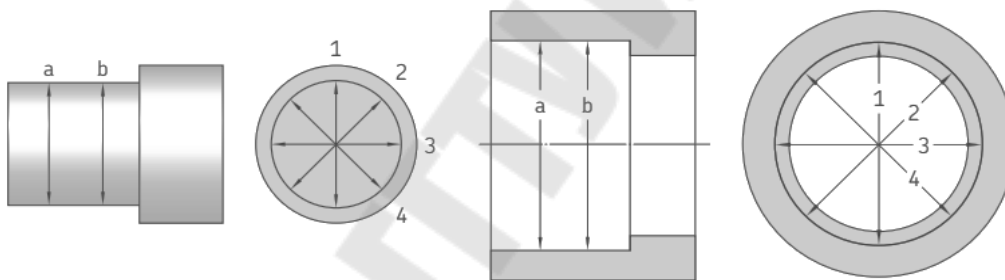


Рис. 2.22. Контроль диаметра вала и посадочных поверхностей корпуса

Рекомендуется фиксировать все результаты замеров. При измерениях важно, чтобы детали и измерительные приборы имели примерно одинаковую температуру. Это особенно важно для крупногабаритных подшипников и их сопряженных деталей.

Обычно консервант, которым обрабатываются подшипники на заводе, удалять не требуется. Достаточно лишь протереть наружные и внутренние поверхности. Однако если подшипник будет смазываться пластичной смазкой или работать в условиях очень высоких или очень низких температур, или смазочный материал не совместим с консервантом, то подшипник необходимо промыть и тщательно высушить. Подшипники с уплотнениями или защитными шайбами заполняются пластичной смазкой на заводе и не должны промываться перед монтажом.

Некоторые крупногабаритные подшипники с наружным диаметром  $D > 420$  мм могут поставляться покрытыми относительно толстым слоем плотного консерванта. Такие подшипники необходимо тщательно промыть уайт-спиритом или другим безопасным моющим средством и просушить.

В зависимости от типа и размера подшипника могут использоваться механический и гидравлический методы монтажа, а также монтаж в нагретом состоянии. В любом случае важно, чтобы кольца подшипника, сепараторы, тела качения или уплотнения не подвергались прямым ударам и чтобы монтажное усилие никогда не передавалось через тела качения. Для посадки с натягом на посадочные поверхности следует предварительно нанести тонкий слой маловязкого масла. Перед монтажом подшипника с посадкой с зазором на посадочную поверхность необходимо нанести антифреттинговую пасту.

При монтаже неразборных подшипников первым обычно монтируют кольцо, имеющее более тугую посадку. В случае не очень тугой посадки монтаж малогабаритных подшипников производится легкими ударами молотком по втулке, прижатой к торцу монтируемого кольца подшипника. Во избежание перекоса удары должны равномерно распределяться по окружности кольца. Для монтажа большинства подшипников, как правило, используются прессы. Если необходимо напрессовать подшипник одновременно на вал и в корпус, монтажное усилие должно быть в равной степени распределено между обоими кольцами, а опорные поверхности монтажного инструмента должны лежать в одной плоскости.

При монтаже самоустанавливающихся подшипников использование промежуточного монтажного кольца позволяет избежать перекоса наружного кольца в момент ввода подшипника и вала в отверстие корпуса. В случае разборных подшипников внутреннее кольцо может устанавливаться независимо от наружного кольца, что упрощает монтаж, особенно когда оба кольца имеют посадку с натягом. При установке вала с уже смонтированным на нем внутренним кольцом в корпус с наружным кольцом необходимо внимательно следить за отсутствием перекоса колец, возникновение которого может вызвать задиры на дорожках и телах качения. При монтаже цилиндрических или игольчатых роликоподшипников с внутренними кольцами без бортов или внутренними кольцами, имеющими борт с одной стороны, следует использовать направляющую втулку.

В большинстве случаев монтаж крупногабаритных подшипников без нагрева корпуса или самого подшипника невозможен, так как усилие, требуемое для монтажа подшипника, значительно возрастает по мере увеличения его габаритов. Требуемая разница температур между кольцом подшипника и валом или корпусом зависит от степени натяга и диаметра посадочного места подшипника. Запрещается нагревать открытые подшипники до температуры выше 120 °С (250 °F). При нагреве подшипников следует избегать местного перегрева. Для равномерного нагрева подшипников рекомендуется использовать индукционные нагреватели. В случае использования нагревательных плит в процессе нагрева, подшипник должен быть перевернут несколько раз.

Внутренние кольца подшипников с коническим отверстием всегда устанавливаются на вал с натягом. Степень натяга определяется величиной смещения подшипника при посадке на коническое посадочное место на валу, а также на закрепительной или стяжной втулке. По мере смещения подшипника вдоль конического посадочного места его радиальный внутренний зазор уменьшается. Величину уменьшения внутреннего зазора или расстояние осевого смещения можно измерить, чтобы определить степень натяга и требуемую посадку. Рекомендуемые величины уменьшения внутреннего радиального зазора и необходимого осевого смещения для его достижения указаны в соответствующем разделе.

Если после демонтажа подшипников предполагается их повторное использование, усилие, прилагаемое для их демонтажа, никогда не должно передаваться через тела качения. При демонтаже разборных подшипников кольцо с комплектом роликов и сепаратором может быть демонтировано отдельно от другого кольца. В случае неразборных подшипников первым демонтируют кольцо, имеющее более свободную посадку. Демонтаж подшипника, имеющего посадку с натягом, можно производить при помощи инструмента, описание которого приводится ниже. Выбор инструмента зависит от типа подшипника, его размера и величины посадочного натяга.

Демонтаж малогабаритных подшипников с вала может производиться посредством легких ударов молотком по торцу снимаемого кольца через оправку соответствующего размера или, что является предпочтительным, при помощи механического съемника. Захваты съемника устанавливают на внутреннем кольце или на сопряженной детали. Демонтаж выполняется легче, если в заплечиках вала или

корпуса предусмотрены пазы для захватов съемника. В качестве варианта, в заплечике корпуса могут быть выполнены резьбовые отверстия для размещения выжимных болтов. Для демонтажа средне- и крупногабаритных подшипников, как правило, требуется усилие, которое невозможно обеспечить с помощью механического инструмента. Поэтому рекомендуется использовать гидравлические инструменты или метод гидрораспора, а также их сочетание.

Демонтаж при помощи нагревания наиболее удобен для внутренних колец игольчатых роликоподшипников или цилиндрических роликоподшипников типов. Для данных целей существуют два разных инструмента: нагревательные кольца и регулируемые индукционные нагреватели. Нагревательные кольца используются, как правило, для монтажа и демонтажа внутренних колец мало- и среднегабаритных подшипников такого же размера. Нагревательные кольца изготавливаются из легких сплавов. Они имеют радиальные пазы и оснащены теплоизолированными рукоятками.

Демонтаж малогабаритных подшипников может выполняться с помощью механического или гидравлического съемника с установкой захватов на внутреннем кольце. Следует использовать самоцентрирующиеся съемники с подпружиненными захватами, которые позволяют облегчить процесс демонтажа и предотвратить повреждение посадочного места подшипника. Если нет возможности осуществить стягивание с захватом за внутреннее кольцо, следует стягивать подшипники за наружное кольцо или использовать съемник в комбинации со съемной пластиной.

Условия хранения подшипников, уплотнений и смазочных материалов могут отрицательно сказываться на их рабочих характеристиках. Это имеет важное значение для рабочих характеристик, особенно в случае уплотнений и смазочных материалов.

### **Оборудование и принадлежности**

Для выполнения лабораторной работы студентам выдается чертеж подшипникового узла (Приложение).

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с общими сведениями о подшипниковых узлах.
2. Ознакомиться с конструкцией подшипникового узла согласно своему варианту.

3. Определить схему установки подшипников в опорах, «плавающую» и фиксирующую опоры.

4. Указать порядок сборки подшипникового узла, способ регулировки подшипников, тип уплотнения.

5. Выполнить чертеж подшипникового узла с указанием посадочных размеров и со спецификацией.

### **Содержание отчета о проделанной работе**

1. Наименование и цель работы.

2. Краткая характеристика подшипникового узла (схема установки подшипников, способ регулировки, смазки и уплотнения подшипников).

3. Чертеж подшипникового узла со спецификацией.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие конструктивные требования предъявляют к подшипниковым узлам?

2. Каковы схемы установки подшипников качения в цилиндрических и червячных редукторах? Каковы схемы установки подшипников качения в конических редукторах, их достоинства и недостатки?

3. Каковы способы крепления подшипников на валах и в отверстиях корпуса редуктора?

4. Как регулируют осевые зазоры в подшипниках? От чего зависит тип смазки подшипников качения?

5. Каковы виды уплотнений подшипниковых узлов и области их применения?

## Литература

1. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т. / В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2001. – Т. 2. – 912 с.
2. Куклин, Н. Г. Детали машин : учеб. для машиностр. специальностей техникумов / Н. Г. Куклин, Г. С. Куклина – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1987. – 383 с.
3. Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – М. : Академия, 2008 г. – 496 с.
4. Шейнблит, А. Е. Курсовое проектирование деталей машин / А. Е. Шейнблит. – Калининград : Янтар. сказ, 2006. – 457 с.
5. Иванов, М. Н. Детали машин : учеб. для втузов / М. Н. Иванов, В. А. Финогенов. – 12-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2008. – 408 с.
6. Атлас конструкций узлов и деталей машин : учеб. пособие / Б. А. Байков [и др.] ; под ред. О. А. Ряховского, О. П. Леликова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 400 с.
7. Акулов, Н. В. Детали машин : лаборатор. практикум по одному курсу для студентов машиностр. специальностей днев. и заоч. форм обучения / Н. В. Акулов, В. Н. Полейчук, Е. М. Акулова. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2012. – 58 с.
8. Подшипники качения. Типы и конструктивные исполнения : ГОСТ 3395-89. – М. : М-во автомобил. и сельскохоз-в. машиностроения СССР, 1989. – 56 с.
9. Подшипники шариковые и роликовые. Система условных обозначений : ГОСТ 3189-89. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 11 с.
10. Подшипники качения. Общие технические условия : ГОСТ 520-2002. – М. : Стандартиформ, 2003. – 67 с.
11. Конструирование и расчет валов. Подбор подшипников качения : метод. указания к контрол. работе по разделу «Валы, оси и их опоры» для студентов машиностр. специальностей заоч. формы обучения / сост. А. И. Столяров. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2006. – 77 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П.1.1

### Обозначение типов подшипников

Размерная серия	Характеристика по ширине	Обозначение серии	
		3 цифра справа	7 цифра справа
Мелкогабаритные	Разные	0	0
Ненормальные диаметры	Неопределенные	9	0
		8	0
Неопределенные	Неопределенные	7	0
		4	2
Тяжелые	Широкая	4	0
	Узкая	4	0
Средние	Особоширокая	3	3
	Широкая	6	0
	Нормальная	3	1
	Узкая	3	0
Легкие	Особоширокая	2	3
	Широкая	5	0
	Нормальная	2	1
	Узкая	2	0
Особолегкие	Особоширокая	7	3
		1	4
	Широкая	7	2
		1	2
	Нормальная	7	1
		1	0
	Узкая	7	7
		1	7
Сверхлегкие	Особоширокая	9	4
		8	3
	Широкая	9	2
		8	2
	Нормальная	9	1
		8	1
	Узкая	9	7
		8	7

## Обозначение типов подшипников

Тип подшипника	Четвертая цифра справа	Вид подшипника
Шариковый радиальный однорядный	0	
Шариковый радиальный сферический двухрядный	1	
Роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами	2	
Роликовый радиальный сферический двухрядный	3	
Роликовый радиальный с длинными цилиндрическими или игольчатыми роликами	4	
Роликовый радиальный с витыми роликами	5	
Шариковый радиально-упорный однорядный	6	
Роликовый радиально-упорный с коническими роликами (конический)	7	
Шариковый упорный, шариковый упорно-радиальный	8	
Роликовый упорный, роликовый упорно-радиальный	9	

**Подшипники шариковые радиальные однорядные  
(ГОСТ 9338-75)**

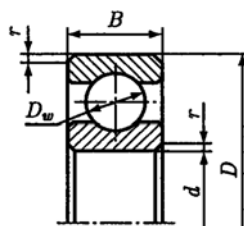


Таблица П.1.3

Обозначение	Размеры, мм					Грузоподъемность, кН	
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r</i>	<i>D<sub>w</sub></i>	<i>C<sub>r</sub></i>	<i>C<sub>0r</sub></i>
Легкая серия							
204	20	47	14	1,5	7,938	12,7	6,2
205	25	52	15	1,5	7,938	14,0	6,95
206	30	62	16	1,5	9,525	19,5	10,0
207	35	72	17	2	11,112	25,5	13,7
208	40	80	18	2	12,700	32,0	17,8
209	45	85	19	2	12,700	33,2	18,6
210	50	90	20	2	12,700	35,1	19,8
211	55	100	21	2,5	14,288	43,6	25,0
212	60	110	22	2,5	15,875	52,0	31,0
213	65	120	23	2,5	16,669	56,0	34,0
214	70	125	24	2,5	17,462	61,8	37,5
215	75	130	25	2,5	17,462	66,3	41,0
216	80	140	26	3	19,050	70,2	45,0
Средняя серия							
304	20	52	15	2	9,525	15,9	7,8
305	25	62	17	2	11,509	22,5	11,4
306	30	72	19	2	12,303	28,1	14,6
307	35	80	21	2,5	14,288	33,2	18,0
308	40	90	23	2,5	15,081	41,0	22,4
309	45	100	25	2,5	17,462	52,7	30,0
310	50	110	27	3	19,050	61,8	36,0
311	55	120	29	3	20,638	71,5	41,5
312	60	130	31	3,5	22,225	81,9	48,0
313	65	140	33	3,5	23,812	92,3	56,0
314	70	150	35	3,5	25,400	104,0	63,0
315	75	160	37	3,5	26,988	112,0	72,5
316	80	170	39	3,5	28,575	124,0	80,0

*Примечание.* Пример обозначения подшипника 209: Подшипник 209 ГОСТ 8338-75.

**Подшипники шариковые радиальные однорядные с канавкой  
под упорное пружинное кольцо (ГОСТ 2893-82)**

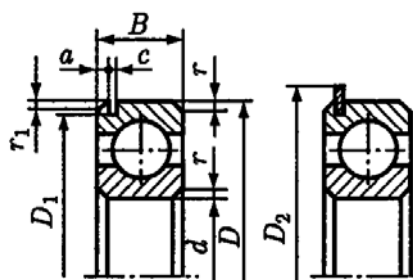


Таблица П.1.4

Обозначение	Размеры, мм				
	<i>d</i>	<i>D</i> <sub>1</sub>	<i>D</i> <sub>2</sub>	<i>a</i>	<i>c</i>
Легкая серия					
50204	20	44,6	52,7	2,46	1,4
50205	25	49,7	57,9	2,46	1,4
50206	30	59,6	67,9	3,28	1,9
50207	35	68,8	78,6	3,28	1,9
50208	40	76,8	86,6	3,28	1,9
50209	45	81,8	91,6	3,28	1,9
50210	50	86,8	96,5	3,28	2,7
50211	55	96,8	106,5	3,28	2,7
50212	60	106,8	116,6	3,28	2,7
50213	65	115,2	129,7	4,06	3,1
50214	70	120,2	134,7	4,06	3,1
50215	75	125,2	139,7	4,06	3,1
50216	80	135,2	148,7	4,90	3,1
Средняя серия					
50304	20	49,7	57,9	2,46	1,4
50305	25	59,6	67,7	3,28	1,9
50306	30	68,8	78,6	3,28	1,9
50307	35	76,8	86,6	3,28	1,9
50308	40	86,8	96,5	3,28	2,7
50309	45	96,8	106,5	3,28	2,7
50310	50	106,8	116,6	3,28	2,7
50311	55	115,2	129,7	4,06	3,1
50312	60	125,2	139,7	4,06	3,1
50313	65	135,2	149,7	4,9	3,1
50314	70	145,2	159,7	4,9	3,1
50315	75	155,2	169,7	4,9	3,1
50316	80	163,6	182,9	5,7	3,5

**Подшипники шариковые радиальные сферические  
двухрядные (ГОСТ 28428-90)**

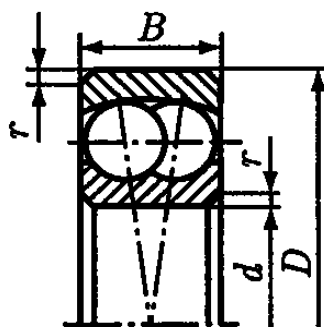


Таблица П.1.5

Обозначение	Размеры, мм				Грузоподъемность, кН	
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r</i>	<i>C<sub>r</sub></i>	<i>C<sub>0r</sub></i>
Легкая серия						
1204	20	47	14	1,5	10,0	3,45
1205	25	52	15	1,5	12,2	4,4
1206	30	62	16	1,5	15,6	6,2
1207	35	72	17	2	16,0	6,95
1208	40	80	18	2	19,3	8,8
1209	45	85	19	2	22,0	10,0
1210	50	90	20	2	22,8	11,0
1211	55	100	21	2,5	27,0	13,7
1212	60	110	22	2,5	30,0	16,0
1213	65	120	23	2,5	31,0	17,3
1214	70	125	24	2,5	34,5	19,0
1215	75	130	25	2,5	39,0	21,6
1216	80	140	26	3,0	40,0	23,6
Средняя серия						
1304	20	52	15	2	12,5	4,4
1305	25	62	17	2	18,0	6,7
1306	30	72	19	2	21,2	8,5
1307	35	80	21	2,5	25,0	10,6
1308	40	90	23	2,5	29,0	12,9
1309	45	100	25	2,5	38,0	17,0
1310	50	110	27	3	41,5	19,3
1311	55	120	29	3	51,0	24,0
1312	60	130	31	3,5	57,0	28,0
1313	65	140	33	3,5	62,0	31,0
1314	70	150	35	3,5	75,0	37,5

Обозначение	Размеры, мм				Грузоподъемность, кН	
	$d$	$D$	$B$	$r$	$C_r$	$C_{0r}$
1315	75	160	37	3,5	80,	40,5
1316	80	170	39	3,5	88,0	45,0

Примечание. Пример обозначения подшипника 1210: Подшипник 1210 ГОСТ 28428-90.

**Подшипники роликовые радиальные с короткими цилиндрическими роликами (ГОСТ 8328-75)**

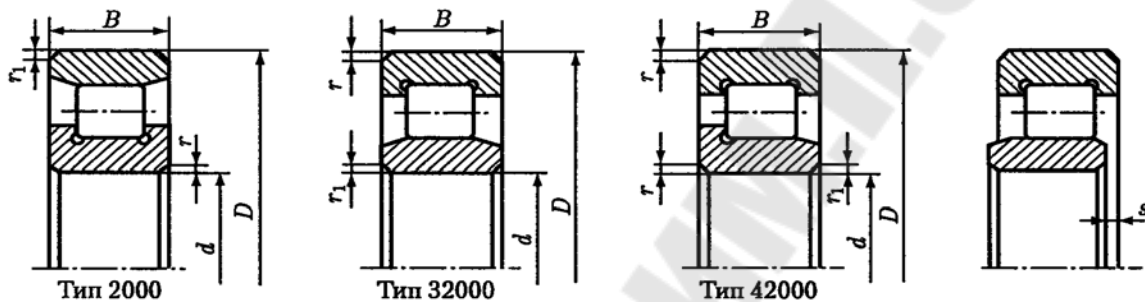


Таблица П.1.6

Обозначение			Размеры, мм						Грузоподъемность, кН	
			$d$	$D$	$B$	$r$	$r_1$	$s^*$	$C_r$	$C_{0r}$
Легкая серия										
2204	322204	422204	20	47	14	1,5	1	1,0	14,7	7,35
2205	322205	422205	25	52	15	1,5	1	1,1	16,8	8,8
2206	322206	422206	30	62	16	1,5	1	1,0	22,4	12,0
2207	322207	422207	35	72	17	2	1	1,1	31,9	17,6
2208	322208	422208	40	80	18	2	2	1,3	41,8	24,0
2209	322209	422209	45	85	19	2	2	1,2	44,0	25,5
2210	322210	422210	50	90	20	2	2	1,2	45,7	27,5
2211	322211	422211	55	100	21	2,5	2,5	1,6	56,1	34,0
2212	322212	422212	60	110	22	2,5	2,5	1,4	64,4	43,0
2213	322213	422213	65	120	23	2,5	2,5	1,3	76,5	51,0
2214	322214	422214	70	125	24	2,5	2,5	1,2	79,2	51,0
2215	322215	422215	75	130	25	2,5	2,5	1,2	91,3	63,0
2216	322216	422216	80	140	26	3	3,0	0,8	106,0	68,0

Обозначение			Размеры, мм					Грузоподъемность, кН		
			$d$	$D$	$B$	$r$	$r_1$	$s^*$	$C_r$	$C_{0r}$
Средняя серия										
2304	322304	422304	20	52	15	2	1	1,0	20,5	10,4
2305	322305	422305	25	62	17	2	2	1,3	28,6	15,0
2306	322306	422306	30	72	19	2	2	1,3	36,9	20,0
2307	322307	422307	35	80	21	2,5	2	1,3	44,6	27,0
2308	322308	422308	40	90	23	2,5	2,5	1,1	56,1	32,5
2309	322309	422309	45	100	25	2,5	2,5	1,1	72,1	41,5
2310	322310	422310	50	110	27	3	3	1,6	88,0	52,0
2311	322311	422311	55	120	29	3	3	1,7	102,0	67,0
2312	322312	422312	60	130	31	3,5	3,5	2,4	123,0	76,5
2313	322313	422313	65	140	33	3,5	3,5	2,5	138,0	85,0
2314	322314	422314	70	150	35	3,5	3,5	2,3	151,0	102,0
2315	322315	422315	75	160	37	3,5	3,5	2,4	183,0	125,0
2316	322316	422316	80	170	39	3,5	3,5	2,3	190,0	125,0

Примечание. Пример обозначения подшипника 2207: Подшипник 2207 ГОСТ 8328-75.

### Подшипники роликовые радиальные с короткими цилиндрическими роликами с одним бортом на наружном кольце (ГОСТ 8328-75)

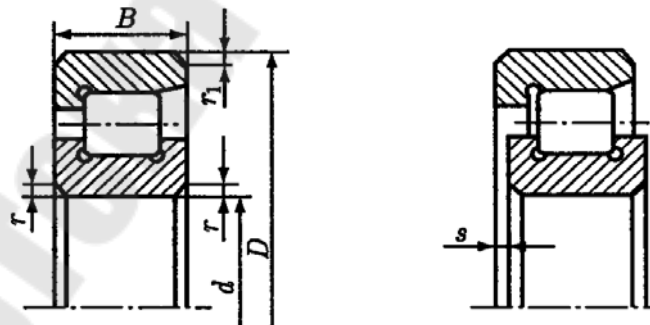


Таблица П.1.7

Обозначение	Размеры, мм						Грузоподъемность, кН	
	$d$	$D$	$B$	$r$	$r_1$	$s^*$	$C_r$	$C_{0r}$
Легкая серия								
12204	20	47	14	1,5	1	1,0	14,7	7,35
12205	25	52	15	1,5	1	1,1	16,8	8,8
12206	30	62	16	1,5	1	1,0	22,4	12,0

Окончание табл. П.1.7

Обозначение	Размеры, мм						Грузоподъемность, кН	
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r</i>	<i>r</i> <sub>1</sub>	<i>s</i> <sup>*</sup>	<i>C<sub>r</sub></i>	<i>C<sub>0r</sub></i>
12207	35	72	17	2	1	1,1	31,9	17,6
12208	40	80	18	2	2	1,3	41,8	24,0
12209	45	85	19	2	2	1,2	44,0	25,5
12210	50	90	20	2	2	1,2	45,7	27,5
12211	55	100	21	2,5	2,5	1,6	56,1	34,0
12212	60	110	22	2,5	2,5	1,4	64,4	43,0
12213	65	120	23	2,5	2,5	1,3	76,5	51,0
12214	70	125	24	2,5	2,5	1,2	79,2	51,0
12215	75	130	25	2,5	2,5	1,2	91,3	63,0
12216	80	140	26	3	3,0	0,8	106,0	68,0
Средняя серия								
12304	20	52	15	2	1	1,0	20,5	10,4
12305	25	62	17	2	2	1,3	28,6	15,0
12306	30	72	19	2	2	1,3	36,9	20,0
12307	35	80	21	2,5	2	1,3	44,6	27,0
12308	40	90	23	2,5	2,5	1,0	56,1	32,5
12309	45	100	25	2,5	2,5	1,1	72,1	41,5
12310	50	110	27	3	3	1,6	88,0	52,0
12311	55	120	29	3	3	1,7	102,0	67,0
12312	60	130	31	3,5	3,5	2,4	123,0	76,5
12313	65	140	33	3,5	3,5	2,5	138,0	85,0
12314	70	150	35	3,5	3,5	2,3	151,0	102,0
12315	75	160	37	3,5	3,5	2,4	183,0	125,0
12316	80	170	39	3,5	3,5	2,3	190,0	125,0

Примечание. Пример обозначения подшипника 12207: Подшипник 12207 ГОСТ 8328-75.

**Подшипники шариковые радиально-упорные однорядные  
(ГОСТ 831-75)**

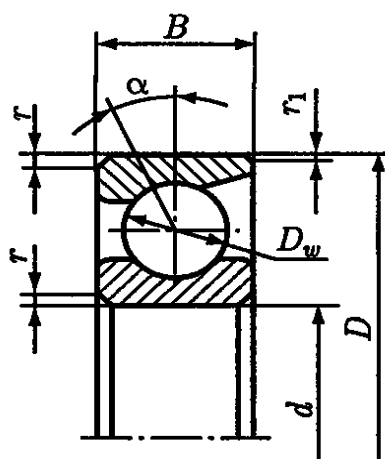


Таблица П.1.8

Обозначение		Размеры, мм					Грузоподъемность, кН			
							$\alpha = 12^\circ$		$\alpha = 26^\circ$	
$\alpha = 12^\circ$	$\alpha = 26^\circ$	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r</i>	<i>D<sub>ω</sub></i>	<i>C<sub>r</sub></i>	<i>C<sub>0r</sub></i>	<i>C<sub>r</sub></i>	<i>C<sub>0r</sub></i>
Легкая серия										
36204	46204	20	47	14	1	7,938	15,7	8,31	14,8	7,64
36205	46205	25	52	15	1	7,938	16,7	9,1	15,7	8,34
36206	46206	30	62	16	1	9,525	22,0	12,0	21,9	12,0
36207	46207	35	72	17	1,1	11,112	30,8	17,8	29,0	16,4
36208	46208	40	80	18	1,1	12,700	38,9	23,2	36,8	21,4
36209	46209	45	85	19	1,1	12,700	41,2	25,1	38,7	23,1
36210	46210	50	90	20	1,1	12,700	43,2	27,0	40,6	24,9
36211	46211	55	100	21	1,5	14,288	58,4	34,2	50,3	31,5
36212	46212	60	110	22	1,5	15,875	61,5	39,3	60,8	38,8
—	46213	65	120	23	1,5	16,669	—	—	69,4	45,9
36214	—	70	125	24	1,5	17,462	80,2	54,8	—	—
—	46215	75	130	25	1,5	17,462	—	—	78,4	53,8
—	46216	80	140	26	2,0	19,050	93,6	65,0	87,9	60,0
Средняя серия										
—	46304	20	52	15	1,1	9,525	—	—	17,8	9,0
—	46305	25	62	17	1,1	11,509	—	—	26,9	14,6
—	46306	30	72	19	1,1	12,303	—	—	32,6	18,3
—	46307	35	80	21	1,5	14,288	—	—	42,6	24,7
36308	46308	40	90	23	1,5	15,081	53,9	32,8	50,8	30,1

Обозначение		Размеры, мм					Грузоподъемность, кН			
$\alpha = 12^\circ$	$\alpha = 26^\circ$	$d$	$D$	$B$	$r$	$D_\omega$	$\alpha = 12^\circ$		$\alpha = 26^\circ$	
							$C_r$	$C_{0r}$	$C_r$	$C_{0r}$
–	46309	45	100	25	1,5	17,462	–	–	61,4	37,0
–	46310	50	110	27	2,0	19,050	–	–	71,8	44,0
–	46311	55	120	29	2,0	20,638	–	–	82,8	51,6
–	46312	60	130	31	2,1	22,225	–	–	100,0	65,3
–	46313	65	140	33	2,1	23,812	–	–	113,0	75,0
–	46314	70	150	35	2,1	25,400	–	–	127,0	85,3
–	46316	80	170	39	2,1	28,575	–	–	136,0	99,0

*Примечание.* Пример обозначения подшипника 36209: Подшипник 36209 ГОСТ 831-75.

**Подшипники роликовые конические однорядные повышенной грузоподъемности,  $\alpha = 12-16^\circ$  (ГОСТ 27365-87)**

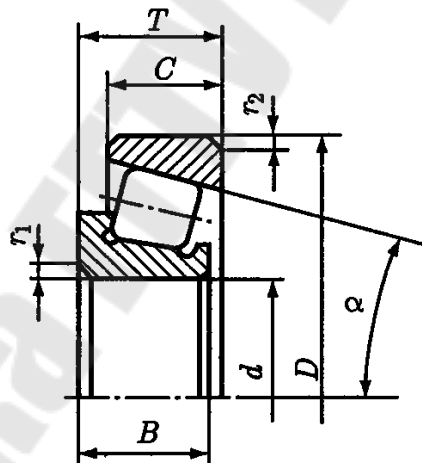


Таблица П.1.9

Обозначение	Размеры, мм							Грузоподъемность, кН				
	$d$	$D$	$T_{\text{наиб}}$	$B$	$C$	$r_1$	$r_2$	$C_r$	$C_{0r}$	$e$	$Y$	$Y_0$
Легкая серия												
7204A	20	47	15,5	14	12	1	1	26,0	16,6	0,35	1,7	0,9
7205A	25	52	16,5	15	13	1	1	29,2	21,0	0,37	1,6	0,9
7206A	30	62	17,5	16	14	1	1	38,0	25,2	0,37	1,6	0,9
7207A	35	72	18,5	17	15	1,5	1,5	48,4	32,5	0,37	1,6	0,9
7208A	40	80	20	18	16	1,5	1,5	58,3	40,0	0,37	1,6	0,9
7209A	45	85	21	19	16	1,5	1,5	62,7	50,0	0,40	1,5	0,8

Обозначение	Размеры, мм							Грузоподъемность, кН				
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>T</i> <sub>наиб</sub>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>r</i> <sub>1</sub>	<i>r</i> <sub>2</sub>	<i>C<sub>r</sub></i>	<i>C</i> <sub>0r</sub>	<i>e</i>	<i>Y</i>	<i>Y</i> <sub>0</sub>
Средняя серия												
7210A	50	90	22	20	17	1,5	1,5	70,4	55,0	0,43	1,4	0,8
7211A	55	100	23	21	18	2,0	1,5	84,2	61,0	0,40	1,5	0,8
7212A	60	110	24	22	19	2,0	1,5	91,3	70,0	0,40	1,5	0,8
7213A	65	120	25	23	20	2,0	1,5	108,0	78,0	0,40	1,5	0,8
7214A	70	125	26,5	24	21	2,0	1,5	119,0	89,0	0,43	1,4	0,8
7215A	75	130	27,5	25	22	2,0	1,5	130,0	100,0	0,43	1,4	0,8
7216A	80	140	28,5	26	22	2,5	2,0	140,0	114,0	0,43	1,4	0,8
7304A	20	52	16,5	15	13	1,5	1,5	31,9	20,0	0,3	2,0	1,1
7305A	25	62	18,5	17	15	1,5	1,5	41,8	28,0	0,3	2,0	1,1
7306A	30	72	21	19	16	1,5	1,5	52,8	39,0	0,31	1,9	1,1
7307A	35	80	23	21	18	2,0	1,5	68,2	50,0	0,31	1,9	1,1
7308A	40	90	25,5	23	20	2,0	1,5	80,9	56,0	0,35	1,7	0,9
7309A	45	100	27,5	25	22	2,0	1,5	101,0	72,0	0,35	1,7	0,9
7310A	50	110	29,5	27	23	2,5	2,0	117,0	90,0	0,35	1,7	0,9
7311A	55	120	32	29	25	2,5	2,0	134,0	110,0	0,35	1,7	0,9
7312A	60	130	34	31	26	3,0	2,5	161,0	120,0	0,35	1,7	0,9
7313A	65	140	36,5	33	28	3,0	2,5	183,0	150,0	0,35	1,7	0,9
7314A	70	150	38,5	35	30	3,0	2,5	209,0	170,0	0,35	1,7	0,9
7315A	75	160	40,5	37	31	3,0	2,5	229,0	185,0	0,35	1,7	0,9
7316A	80	170	43	39	33	3,0	2,5	255,0	190,0	0,35	1,7	0,9

*Примечание.* Пример обозначения подшипника 7206А: Подшипник 7206А ГОСТ 27365-87.

**Гайки круглые шлицевые класса точности А  
(ГОСТ 11871-88), мм**

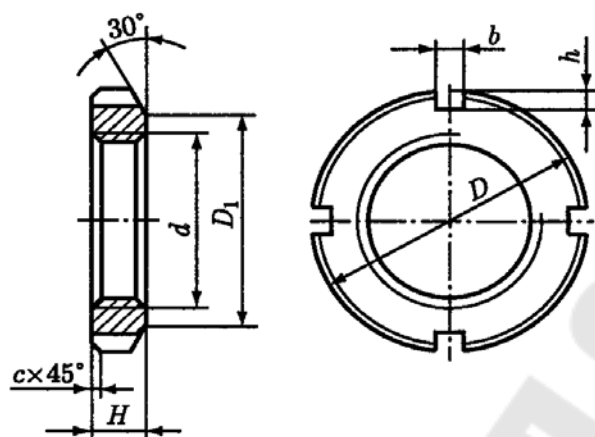


Таблица П.1.10

Резьба, $d$	$D$	$D_1$	$H$	$b$	$h$	$c \leq$
M20 × 1,5*	34	26	8	6	2	1
M22 × 1,5	38	29	10	6	2,5	1
M24 × 1,5*	42	31	10	6	2,5	1
M27 × 1,5	45	35	10	6	2,5	1
M30 × 1,5*	48	38	10	6	2,5	1
M33 × 1,5	52	40	10	8	3	1
M36 × 1,5*	55	42	10	8	3	1
M39 × 1,5	60	48	10	8	3	1
M42 × 1,5*	65	52	10	8	3	1
M45 × 1,5	70	55	10	8	3	1
M48 × 1,5*	75	58	12	8	3,5	1
M52 × 1,5	80	61	12	10	3,5	1
M56 × 2,0*	85	65	12	10	4	1,6
M60 × 2,0	90	70	12	10	4	1,6
M64 × 2,0*	95	75	12	10	4	1,6
M68 × 2,0	100	80	15	10	4	1,6
M72 × 2,0*	105	85	15	10	4	1,6
M76 × 2,0	110	88	15	10	4	1,6
M80 × 2,0*	115	90	15	10	4	1,6
M85 × 2,0	120	98	15	10	4	1,6

Примечания: 1. \* Предпочтительные размеры.

2. Пример условного обозначения гайки с диаметром резьбы  $d = 64$  мм, с мелким шагом и полем допуска резьбы 7Н, из углеродистой стали марки 35 (материал группы 05), с покрытием химическим оксидным и пропитанным маслом (05): Гайка М64 × 2 – 7Н.05.05 ГОСТ 11871-88.

**Шайбы стопорные многолапчатые. Тип Н – нормальные  
(ГОСТ 11872-89), мм**

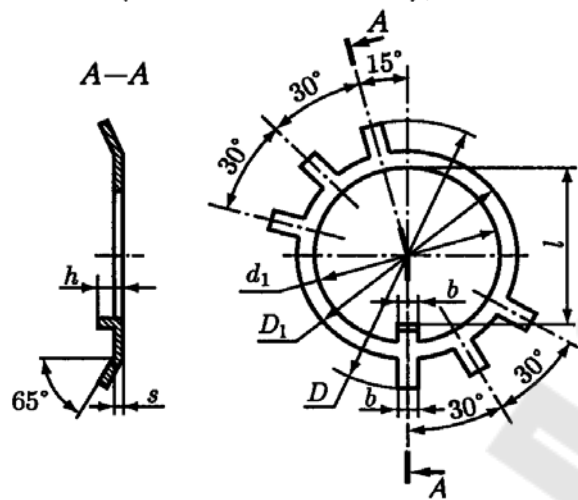


Таблица П.1.11

Резьба, $d$	$d_1$	$D$	$D_1$	$l$	$b$	$h$	$s$
M20 × 1,5	20,5	36	27	17	4,8	4	1,0
M22 × 1,5	22,5	40	30	19	4,8	4	1,0
M24 × 1,5	24,5	44	33	21	4,8	4	1,0
M27 × 1,5	27,5	47	36	24	4,8	5	1,0
M30 × 1,5	30,5	50	39	27	4,8	5	1,0
M33 × 1,5	33,5	54	42	30	5,8	5	1,6
M36 × 1,5	36,5	58	45	33	5,8	5	1,6
M39 × 1,5	39,5	62	48	36	5,8	5	1,6
M42 × 1,5	42,5	67	52	39	5,8	5	1,6
M45 × 1,5	45,5	72	56	42	5,8	5	1,6
M48 × 1,5	48,5	77	60	45	7,8	5	1,6
M52 × 1,5	52,5	82	65	49	7,8	6	1,6
M56 × 2,0	57,0	87	70	53	7,8	6	1,6
M60 × 2,0	61,0	92	75	57	7,8	6	1,6
M64 × 2,0	65,0	98	80	61	7,8	6	1,6
M68 × 2,0	69,0	102	85	65	9,5	7	1,6
M72 × 2,0	73,0	107	90	69	9,5	7	1,6
M76 × 2,0	77,0	112	95	73	9,5	7	1,6
M80 × 2,0	81,0	117	100	76	9,5	7	1,6
M85 × 2,0	86,0	122	105	81	9,5	7	1,6

*Примечание.* Пример обозначения шайбы многолапчатой типа Н для гайки круглой шлицевой с резьбой М64 × 2, из стали марки 08кп (материал группы 01), с покрытием химическим оксидным и пропитанным маслом (05): Шайба Н.64.01.05 ГОСТ 11872-89.

Шайбы стальные уплотнительные, мм

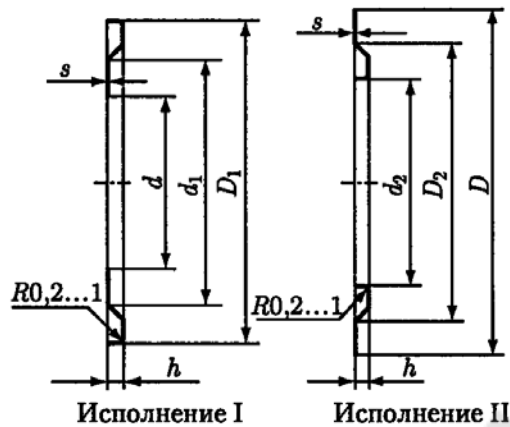


Таблица П.1.12

Диаметры подшипника		Общие размеры		Исполнение 1			Исполнение 2			
$d$	$D$	$s$	$h$	$D_1$	$d$	$d_1$	$d_2$	$D$	$D_2$	
20	47	0,3	2,0	41,2	20	29	25,7	47	37	
	52			44,8			33			27,2
25	52		2,5	47	25	36	31,5	52	42	
	62			54,8			40			32,2
30	62		2,5	56,2	30	44	36,3	62	47	
	72			64,8			48			37,2
35	72		2,5	64,8	35	48	43	72	56	
	80			70,7			54			45
40	80		3	3	72,7	40	57	48	80	62
	90				80,5			60		
45	85	3	3	77,8	45	61	53	85	68	
	100			90,8			75			56
50	90	3	3	82,8	50	67	57,5	90	73	
	110			98,9			80			62
55	100	3	3	90,8	55	75	64,5	100	80	
	120			108,0			89			67
60	110	0,3	3	100,8	60	85	70	110	85	
	130			117,5			95			73
65	120	0,5	3,5	110,5	65	90	74,5	120	95	
	140			127,5			100			76,5
70	125	0,3	3,5	115,8	70	95	79,5	125	102	
	150			137,0			110			82,6
75	130	0,5	3,5	120,5	75	100	85	130	105	
	160			147,0			110			87,2

**Манжеты резиновые армированные для валов  
(ГОСТ 8752-79), мм**

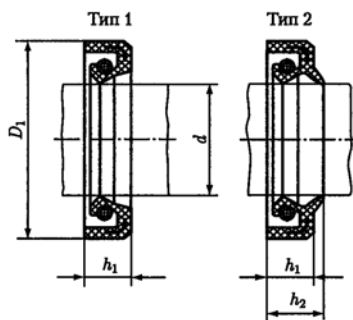


Таблица П.1.13

Диаметр вала, $d$	$D_1$		$h_1$	$h_2$	Диаметр вала, $d$	$D_1$		$h_1$	$h_2$			
	1-й ряд	2-й ряд	1-й и 2-й ряды			1-й ряд	2-й ряд	1-й и 2-й ряды				
20	40	35	8	12	42	62	65	10	14			
		37				44	68					
		38			62							
21		42	10	14	45	65	62			70		
		37	8	12								
22		42	10	14	48	70	65			72		
		35	8	12								
24		42	10	14	50	70	72			75		
		45										
25		42	40	8	12	52	75			80	12	16
25	42	45	10	14	72			10	14			
26	45	40	8	12	55	80	80	12	16			
		47					75	10	14			
28	52	45	10	14	56	80	82	12	16			
		47					60	85	80	10	14	
		50			82	12			16			
30		45			10	14	62	85	80	90	12	16
		47							82			
32		45			10	14	62	85	80	90	12	16
		50							82			
35		58			47	10	14	63	90	85	10	14
					50					65		
					55			80	10		14	
36	52		10	14	65			90	82	12	16	
	55								85			

### Концы валов конические (ГОСТ 12081-72), мм

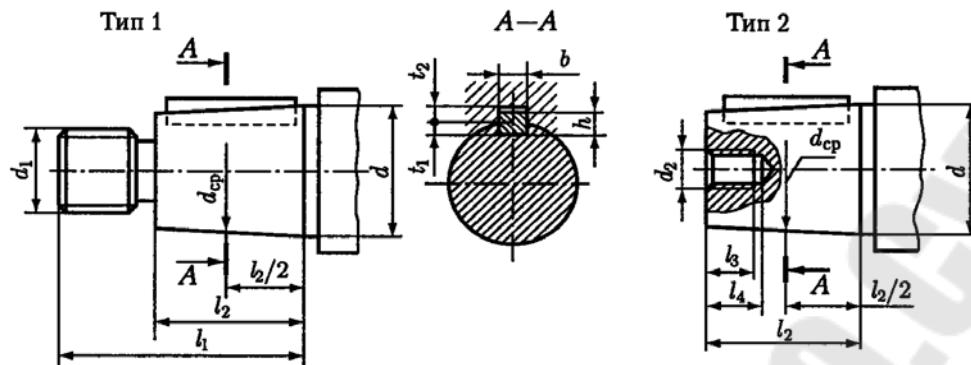


Таблица П.1.14

Номинальный диаметр, $d$	$l_1$	$l_2$	$d_{cp}$	$b$	$h$	$t_1$	$t_2$	$d_1$	$d_2$	$l_3$	$l_4$
20	50	36	18,2	4	4	2,5	1,8	M12 × 1,25	M6	9	11,3
22			20,2								
25	60	42	22,9	5	5	3,0	2,3	M16 × 1,5	M8	14	15,7
28			25,9								
32	80	58	29,1	6	6	3,5	2,8	M20 × 1,5	M10	17	19,0
36			33,1								
40	110	82	35,9	10	8			M24 × 2	M12	20	22,3
45			40,9					12			
50			45,9	14	9	5,5	3,8	M36 × 3	M20	32	35,0
56			51,9								
63	140	105	57,75	16	10	6,0	4,3	M42 × 3	M20	32	35,0
71			65,75	18	11	7,0	4,4	M48 × 3	M24	36	39,3
80	170	130	73,5	20	12	7,5	4,9	M56 × 4	M30	44	47,9
90			83,5								

Примечания: 1. Размеры  $l_1$  и  $l_2$  приведены для исполнения 1 – длинные конические концы валов.

2. На концах валов типа 1 должны быть гайки по ГОСТ 5915-70 или ГОСТ 5916-70 и стопорные шайбы – по ГОСТ 13465-77.

### Концы валов цилиндрические (ГОСТ 12080-66), мм

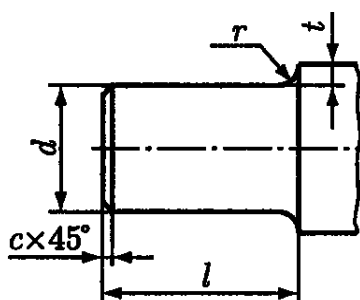


Таблица П.1.15

$d$	$l$		$r$	$c$
	Исполнение			
	1	2		
20, 22	50	36	1,6	1,0
25, 28	60	42		
32, 36	80	58	2,0	1,6
40, 45	110	82		
50, 55	110	82	2,5	2,0
60, 70	140	105		
80, 90	170	130	3,0	2,5
100, 110	210	165		

Примечание. Исполнения концов валов: 1 – длинные; 2 – короткие.

### Шпонки призматические (ГОСТ 23360-78), мм

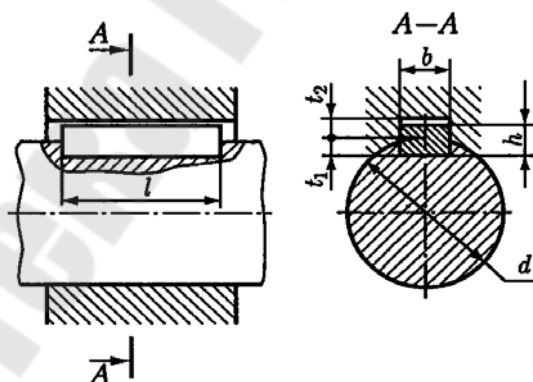


Таблица П.1.16

Диаметр вала, $d$	Сечение шпонки		Фаска у шпонки $s$	Глубина паза		Длина $l$
	$b$	$h$		вала $t_1$	ступицы $t_2$	
Свыше 12 до 17	5	5	0,25–0,4	3	2,3	10–56
17–22	6	6		3,5	2,8	14–70
22–30	8	7		4	3,3	18–90

Диаметр вала, $d$	Сечение шпонки		Фаска у шпонки $s$	Глубина паза		Длина $l$
	$b$	$h$		вала $t_1$	ступицы $t_2$	
30 38	10	8	0,4–0,6	5	3,3	22–110
38 44	12	8		5	3,3	28–140
44 50	14	9		5,5	3,8	36–160
50 58	16	10		6	4,3	45–180
58 65	18	11		7	4,4	50–200
65 75	20	12	0,6–0,8	7,5	4,9	56–220
75 85	22	14		9	5,4	63–250
85 95	25	14		9	5,4	70–280

Примечания: 1. Длину  $l$ , мм, призматической шпонки выбирают из ряда: 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280.

2. Пример обозначения шпонки с размерами  $b = 18$  мм,  $h = 11$  мм,  $l = 80$  мм: шпонка 18 × 11 × 80 ГОСТ 23360-78.

### Шайбы концевые (ГОСТ 14734-69), мм

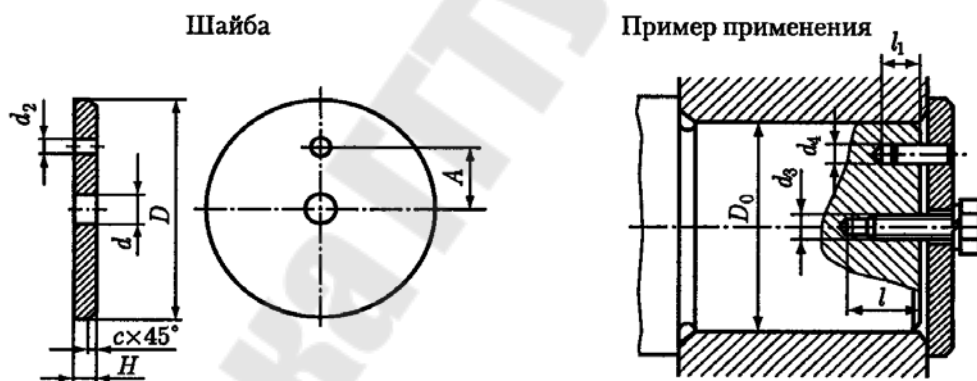


Таблица П.1.17

Обозначение шайбы	$D$	$H$	$A$	$d$	$d_2$	$c$	$D_0$	Болт*	Штифт**
7019-0623	32	5	9	6,6	4,5	1,0	24–28	M6 × 16	4m6 × 12
7019-0623	36		10				28–32		
7019-0623	40		10				32–36		
7019-0623	45		12				36–40		
7019-0623	50		16				40–45		
7019-0623	56		16				45–50		

Обозначение шайбы	$D$	$H$	$A$	$d$	$d_2$	$c$	$D_0$	Болт*	Штифт**
7019-0623	63		20				50–55	M8 × 20	5m6 × 16
7019-0623	67		20				55–60		
7019-0623	71	6	25	9,0	5,5	1,6	60–65		
7019-0623	75		25				65–70		
7019-0623	85		28				70–75		

Примечания: 1. \* Болт по ГОСТ 7798-70.

2. \*\* Штифт по ГОСТ 3128-70. Пример условного обозначения концевой шайбы  $D = 50$  мм: Шайба 7019-0631 ГОСТ 14734-69.

**Болты с шестигранной уменьшенной головкой класса точности В, исполнение 1 (ГОСТ 7796-70), мм**

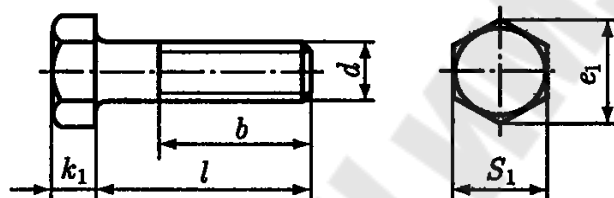


Таблица П.1.18

$d$	$S_1$	$e_1$	$k_1$	$l$	$b$
8	12	13,1	5	8–100	$b = l$ при $l \leq 25$ $b = 22$ при $l \geq 30$
10	14	15,3	6	10–200	$b = l$ при $l \leq 30$ $b = 26$ при $l \geq 35$
12	17	18,7	7	14–260	$b = l$ при $l \leq 30$ $b = 30$ при $l \geq 35$
16	22	23,9	9	20–300	$b = l$ при $l \leq 40$ $b = 38$ при $l \geq 45$
20	27	29,6	11	25–300	$b = l$ при $l \leq 50$ $b = 46$ при $l \geq 55$
24	32	35,0	13	35–300	$b = l$ при $l \leq 60$ $b = 54$ при $l \geq 65$

Примечания: 1. В порядке понижения точности изготовления различают болты классов точности А, В и С.

2. Размер  $l$ , мм, в указанных пределах брать из ряда чисел: 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 220, 240, 260, 280, 300.

Пример условного обозначения болта диаметром резьбы  $d = 12$  мм, длиной  $l = 60$  мм, с крупным шагом резьбы и полем допуска 6g, класса прочности 5.8, с цинковым покрытием (01) толщиной 6 мкм, хромированным: Болт М12 – 6gx60.58.016 ГОСТ 7796-70.

**Шпилька классов точности А и В  
(ГОСТ 22032-76 – ГОСТ 22041-76), мм**

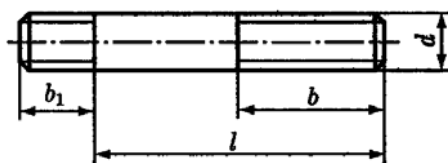


Таблица П.1.19

<i>d</i>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>20</b>
<i>b</i> <sub>1</sub>	8, 10, 14, 16, 20	10, 12, 16, 20, 25	12, 15, 20, 24, 30	16, 20, 25, 32, 40	20, 25, 32, 40, 50
<i>l</i>	<i>b</i>				
16	10	8	–	–	–
20	14	12	–	–	–
25	19	17	16	–	–
30	22	22	21	–	–
35	22	26	24	23	–
40	22	26	30	28	25
45	22	26	30	33	30
48	22	26	30	38	33
50	22	26	30	38	35
55	22	26	30	38	40
60–150	22	26	30	38	46

*Примечание.* Пример условного обозначения шпильки с ввинчиваемым концом длиной  $b_1 = 1,25d$  диаметром резьбы  $d = 16$  мм, крупным шагом и полем допуска резьбы 6g, длиной  $l = 120$  мм, класса точности В, класса прочности 5.8, без покрытия: Шпилька М16 – 6gx120.58 ГОСТ 22034-76.

**Винты с цилиндрической головкой классов точности А и В  
(ГОСТ 1491-80), мм**

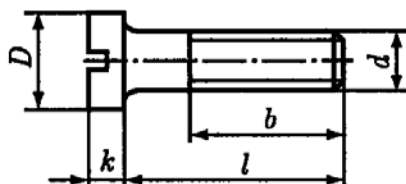


Таблица П.1.20

<i>d</i>	<i>D</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>b</i>
6	10	3,9	8–60	28 <sup>*</sup> , 18
8	13	5	12–80	34 <sup>*</sup> , 22

$d$	$D$	$k$	$l$	$b$
10	16	6	20–100	40 <sup>*</sup> , 26
12	18	7	20–100	46 <sup>*</sup> , 30
16	24	9	30–100	58 <sup>*</sup> , 38
20	30	11	40–120	70 <sup>*</sup> , 46

\*Предпочтительная длина резьбы.

Пример условного обозначения винта с цилиндрической головкой класса точности А, диаметром резьбы  $d = 12$  мм, с крупным шагом и полем допуска резьбы 6g, длиной  $l = 65$  мм, длиной резьбы  $b = 46$  мм, класса прочности 5.6, с цинковым покрытием (01) толщиной 6 мкм, хромированным: Винт А. М12 – 6gx65 – 46.56.016 ГОСТ 1491-80.

### Гайки шестигранные с уменьшенным размером под ключ класса точности В (ГОСТ 15521-70), мм

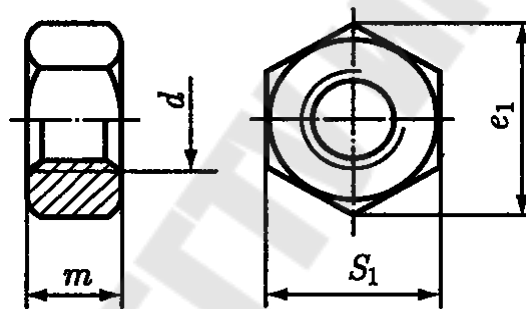


Таблица П.1.21

$d$	8	10	12	16	20	24
$S_1$	12	14	17	22	27	32
$e_1$	13,1	15,3	18,7	23,9	29,6	35
$m$	6,5	8	10	13	16	19

*Примечание.* Пример условного обозначения гайки с диаметром  $d = 12$  мм, с крупным шагом и полем допуска резьбы 6H, класса прочности 5, без покрытия: Гайка М12 – 6H.5 ГОСТ 15521-70.

**Гайки шестигранные (ГОСТ 5915-70), гайки шестигранные низкие (ГОСТ 5916-70) класса точности В, исполнение 1, мм**

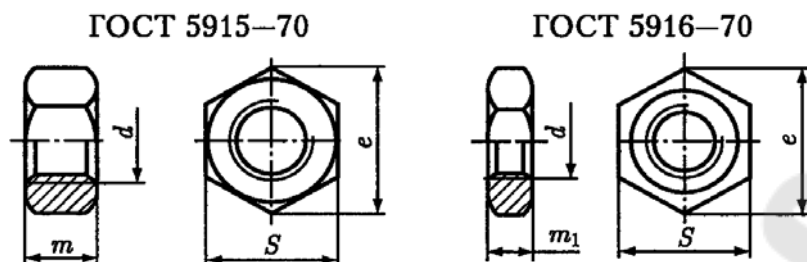


Таблица П.1.22

<i>d</i>	12	16	20	24	30	36	42	48
<i>S</i>	19	24	30	36	46	55	65	75
<i>e</i>	20,9	26,2	33	39,6	50,9	60,8	71,3	82,6
<i>m</i>	10	13	16	19	24	29	34	38
<i>m</i> <sub>1</sub>	6	8	10	12	15	18	21	24

*Примечание.* Пример условного обозначения гайки с диаметром  $d = 12$  мм, с крупным шагом и полем допуска резьбы 6Н, класса прочности 5, без покрытия: Гайка М12 – 6Н.5 ГОСТ 5915-70.

**Шайбы пружинные, тип Н – нормальные, исполнение 1 (ГОСТ 6402-70), мм**

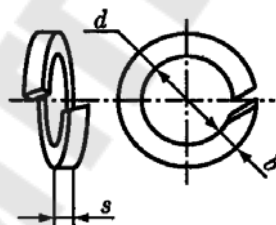


Таблица П.1.23

Номинальный диаметр резьбы болта, винта, шпильки	<i>d</i>	<i>s = b</i>
8	8,2	2,0
10	10,2	2,5
12	12,2	3,0
16	16,3	3,5
20	20,5	4,5
24	24,5	5,5
27	27,5	6,0

*Примечание.* Пример условного обозначения нормальной пружинной шайбы из стали 65Г для болта, винта, шпильки диаметром резьбы 12 мм: Шайба 12 65Г ГОСТ 6402-70.









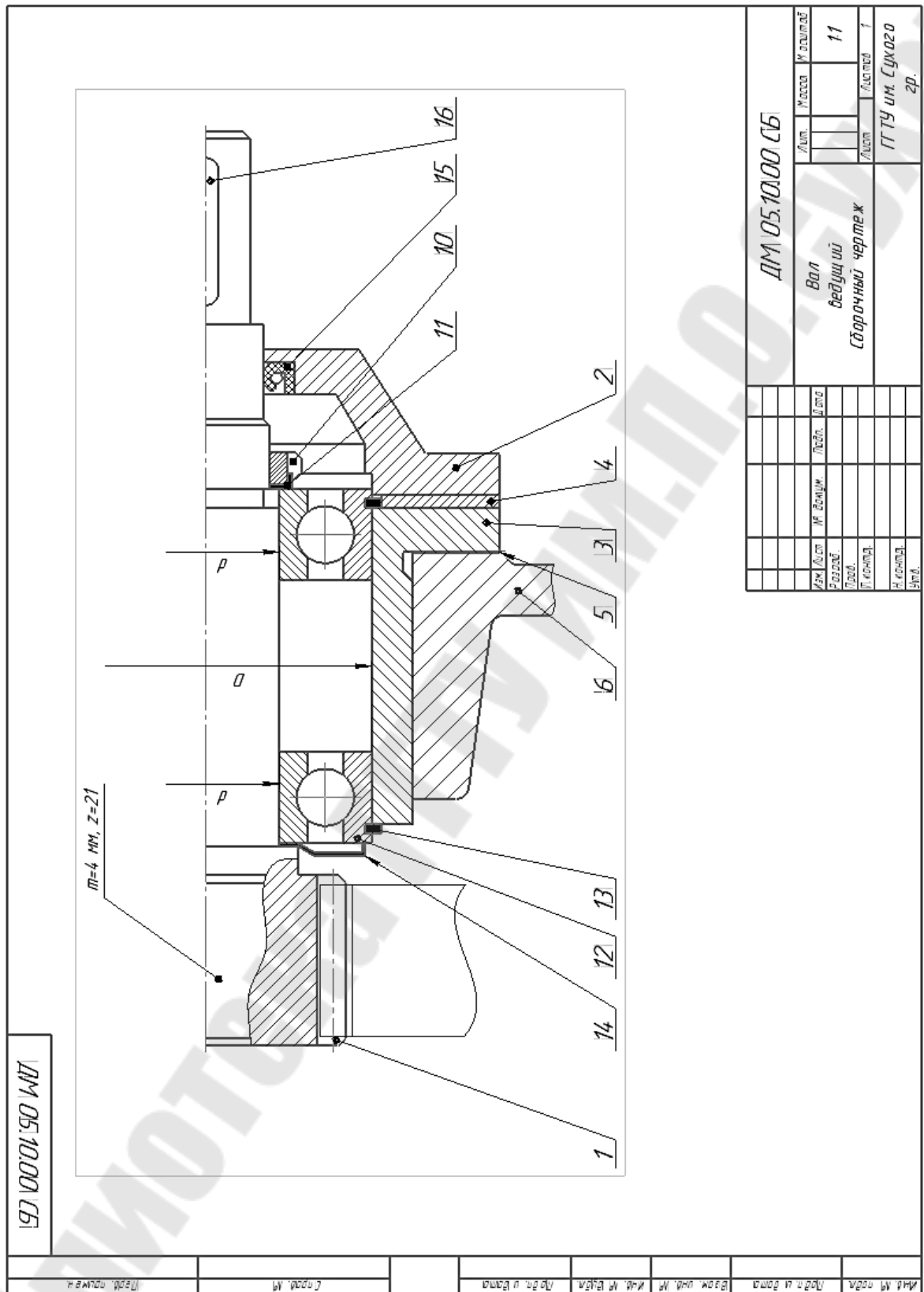
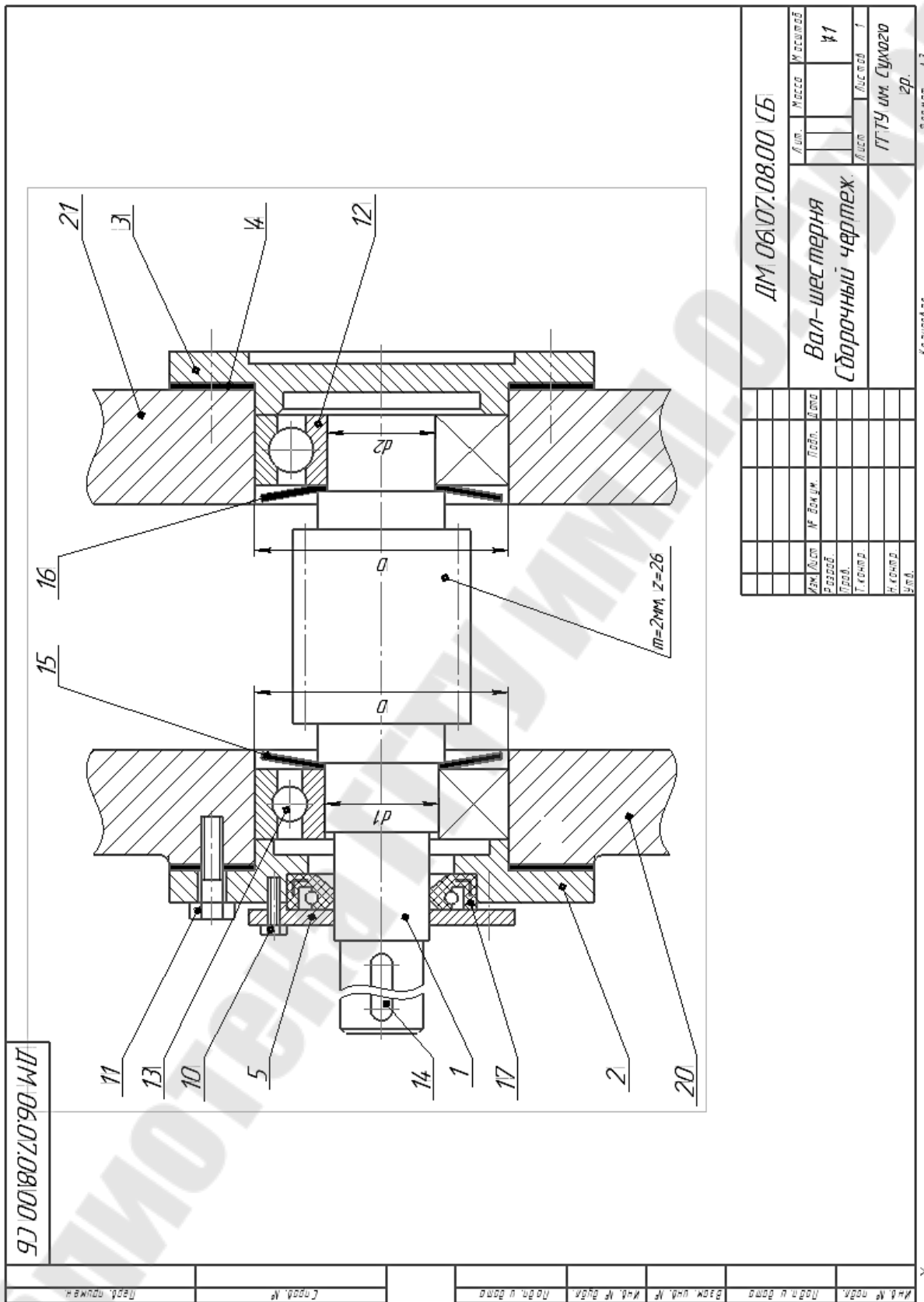


Рис. П.1.5. Вариант задания № 5



ДМ 06.07.08.00.16		Лист	Масса	Масштаб
Вал-шестерня		№ докум.	№ детали	41
Сборочный чертёж		Исполн.	Провер.	Т.к.н.ч.р.
И.К.С.О.Р.		ГГТУ им. Сухова		
И.С.В.		гр.		
Кап.п.р.о.б.а.л.		Формат А3		

Рис. П.1.6. Вариант задания № 6

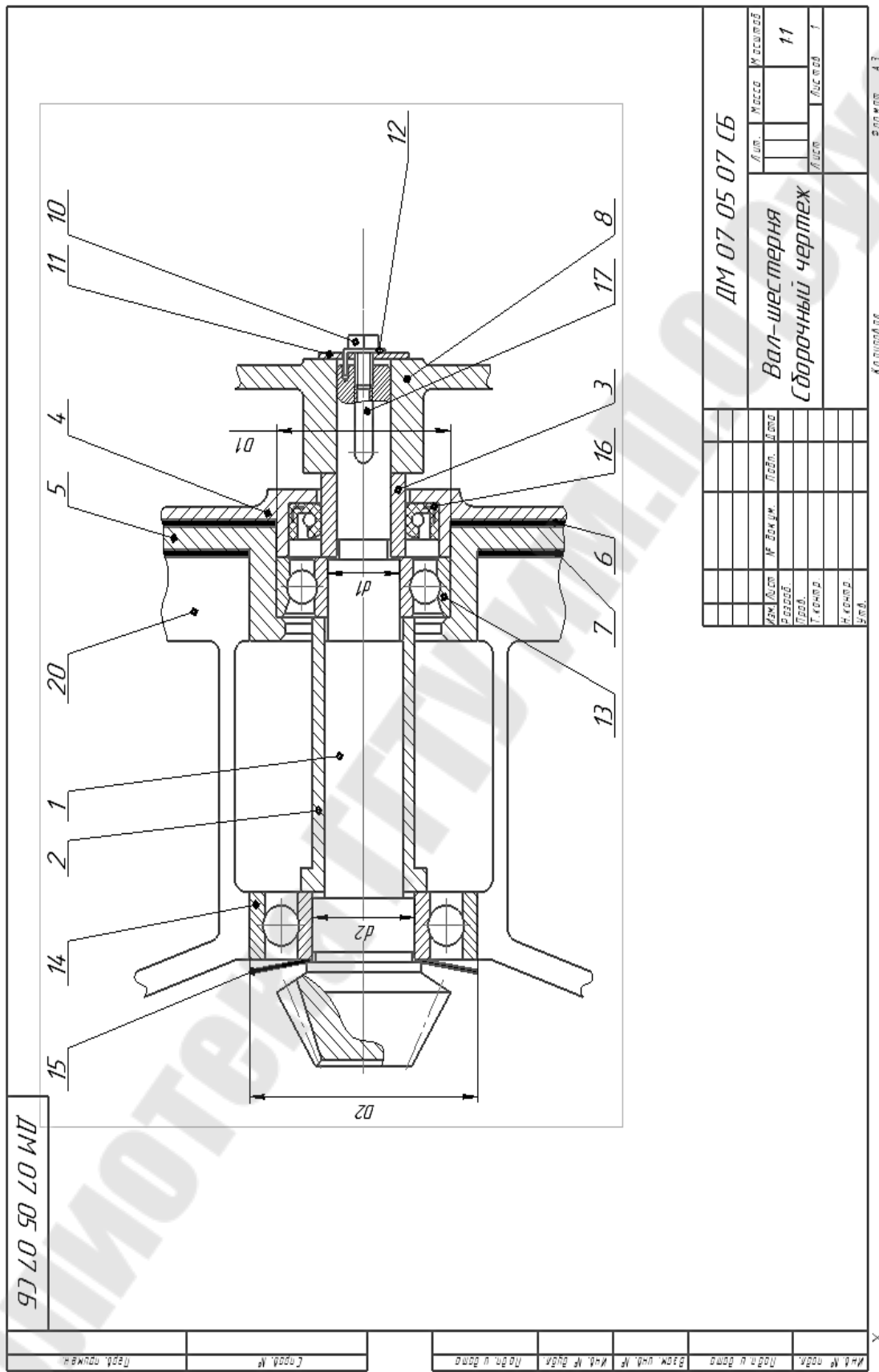


Рис. II.1.7. Вариант задания № 7



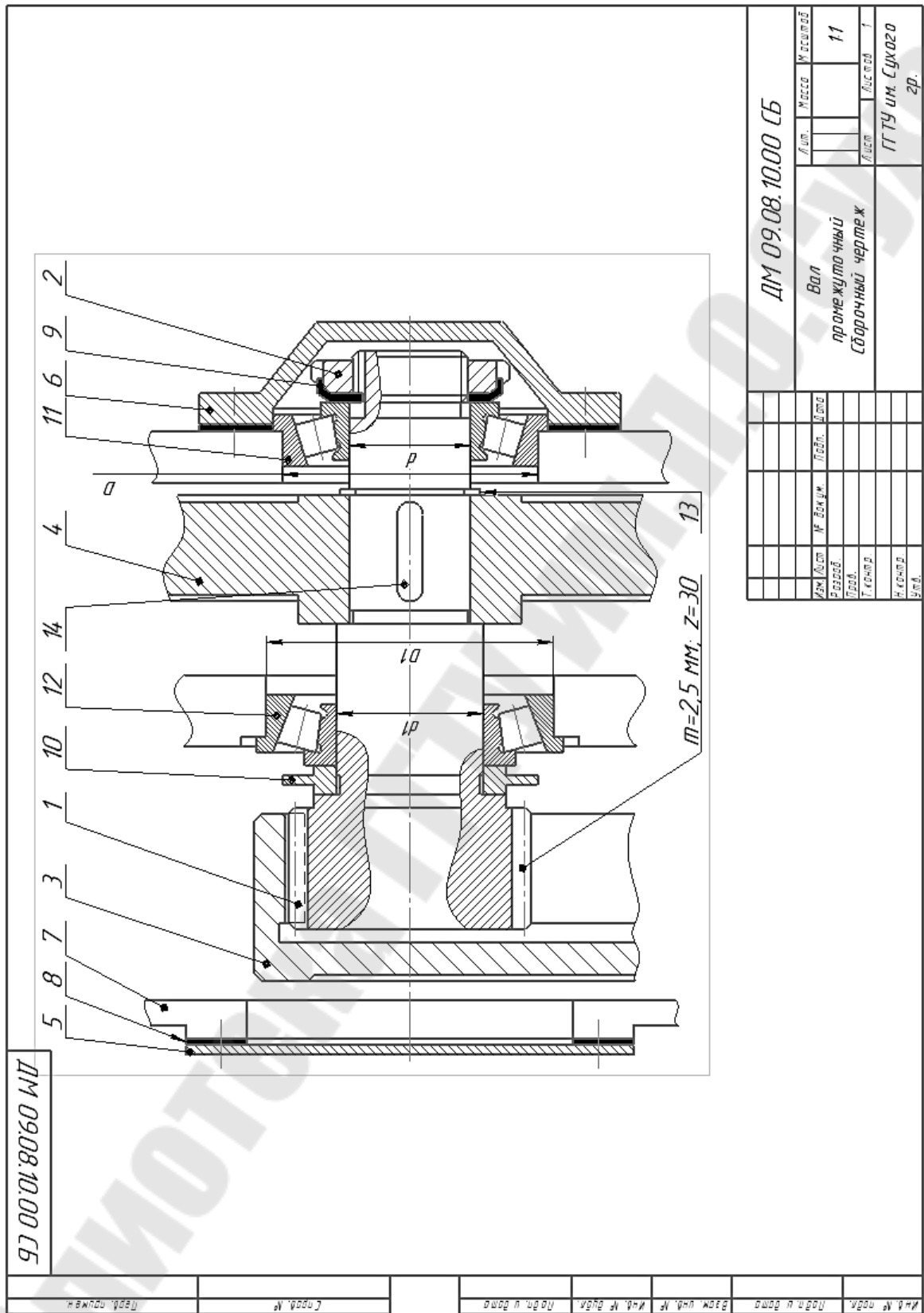


Рис. 11.1.9. Вариант задания № 9



## Содержание

Предисловие.....	3
<i>Лабораторная работа № 1. Изучение конструкции подшипников качения.....</i>	<i>5</i>
1.1. Назначение, область применения, материалы для их изготовления .....	5
1.2. Классификация подшипников качения .....	9
1.3. Основные типы подшипников и их характеристики.....	11
1.4. Условные обозначения подшипников качения.....	21
<i>Лабораторная работа № 2. Изучение типовых конструкций подшипниковых узлов .....</i>	<i>28</i>
2.1. Конструкции подшипниковых узлов цилиндрических редукторов.....	28
2.2. Подшипниковые узлы конических редукторов .....	35
2.3. Подшипниковые узлы червячных редукторов.....	38
2.4. Радиальная фиксация подшипников.....	38
2.5. Способы крепления подшипников.....	41
2.6. Способы регулирования осевых зазоров фиксирующих опор .....	43
2.7. Смазка и уплотнение подшипников .....	44
2.8. Монтаж и демонтаж подшипников качения .....	49
Литература .....	55
Приложение .....	56

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

**Лапко Ольга Алексеевна  
Рюмцев Александр Александрович**

**ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ  
ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ  
И ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ**

**Практикум**

**Электронный аналог печатного издания**

Редактор *Н. Г. Мансурова*  
Компьютерная верстка *Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 05.01.26.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Цифровая печать. Усл. печ. л. 5,11 . Уч.-изд. л. 5,37.

Изд. № 24.

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение  
Гомельский государственный  
технический университет имени П. О. Сухого.  
Свидетельство о гос. регистрации в качестве издателя  
печатных изданий за № 1/273 от 04.04.2014 г.  
пр. Октября, 48, 246746, г. Гомель