

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
Санкт-Петербургский горный университет**

**Кафедра машиностроения**

# **ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА**

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ**

*Методические указания по курсовому проектированию  
для студентов всех направлений подготовки и специальностей*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2021**

УДК 531.8 (073)

**ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА. Проектирование подшипниковых узлов:** Методические указания по курсовому проектированию / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *А.Ю. Кузькин*. СПб, 2021. 24 с.

Рассмотрены примеры основных конструкций подшипниковых узлов, применяемых в цилиндрических, конических и червячных одноступенчатых редукторах. Приведено описание способов крепления подшипников на валу и в корпусе редуктора, способов регулировки зазоров в подшипниках.

Методические указания предназначены для студентов всех направлений подготовки бакалавриата и специалитета, изучающих дисциплину «Прикладная механика» и выполняющих курсовой проект.

Научный редактор проф. *И.П. Тимофеев*

Рецензент к-т. техн. наук *С.В. Казаков* (НПК «Механобр-техника» (АО))

## ВВЕДЕНИЕ

Узлом (сборочной единицей) называется изделие, составные части которого (детали) подверглись соединению между собой сборочными операциями на предприятии-изготовителе. Ключевым элементом, составляющим механику машины, является подшипниковый узел. Основной деталью в подшипниковом узле является подшипник. Он, как опора вращающейся детали, воспринимает силы, действующие на эту деталь. Остальные детали узла обеспечивают крепление колец подшипника на валу и в корпусе, защищают узел от попадания грязи, обеспечивают нужный режим смазки и применяются для регулировки зазоров в подшипнике.

В технике чаще всего применяют двухопорные системы, когда вращающаяся деталь опирается на две опоры. Это связано с тем, что если опора будет только одна, то на подшипник будет действовать момент, перекашивающий кольца подшипника и выводящий его из строя. Установка детали на две опоры исключает появление в опорах реакций в виде момента при любых воздействиях на вращающуюся деталь. В этом случае на подшипник будут действовать только силы.

Многоопорные системы являются статически неопределимыми. В них возможно нагружение опор силами, возникающими от неточности изготовления деталей и от температурных воздействий на них. Эти силы по величине могут превосходить внешние расчётные нагрузки.

Каждая из двух опор может быть плавающей или фиксирующей.

Плавающие опоры допускают осевое перемещение вала в любом направлении. Они воспринимают только радиальную силу.

Фиксирующие опоры ограничивают осевое перемещение вала в одном или в обоих направлениях. Они воспринимают радиальную и осевую силы.

Применяют в основном пять типовых схем двухопорных подшипниковых узлов: с двумя плавающими опорами; с одной плавающей и одной фиксирующей опорой с одним подшипником; с одной плавающей и одной фиксирующей опорой с двумя подшипни-

ками; и две схемы с двумя фиксирующими опорами – «враспор» и «врастяжку».

## 1. ПОДШИПНИКОВЫЙ УЗЕЛ С ДВУМЯ ПЛАВАЮЩИМИ ОПОРАМИ

Вал, установленный на двух плавающих опорах, называется «плавающим валом». Расчётная схема плавающего вала показана на рис. 1.

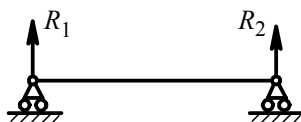


Рис. 1. Схема установки вала на двух плавающих опорах

В этом случае обеспечивается возможность самоустановки плавающего вала относительно другого вала, зафиксированного от осевых перемещений. Такая самоустановка необходима, например, в шевронных передачах. При монтаже передачи в корпус из-за неточностей изготовления размеров деталей средние плоскости шевронных колёс не совпадут. Из-за этой погрешности первоначально в зацепление входят зубья только одного полушеврона. При таком несовпадении возникающая в полушевроне осевая сила стремится сместить колесо вместе с валом вдоль оси вала. Плавающие опоры позволяют это сделать и вал под действием осевой силы перемещается в такое положение, при котором в зацепление войдут зубья обоих полушевронов, а осевые силы, возникающие в них, уравновесятся. Осевая фиксация вала в этом случае осуществляется не в опорах, а в зубьях шевронных колес.

В качестве опор плавающих валов применяют радиальные подшипники. Перемещение конца вала возможно вместе с подшипником по отверстию под подшипник в корпусе, либо самого вала в отверстии внутреннего кольца подшипника, но чаще применяют третью схему. В третьей схеме используют роликовые подшипники с короткими цилиндрическими роликами. Осевое плавание вала обеспечивается за счет смещения внутренних колец подшипников совместно с комплектами роликов относительно наружных колец, а

не за счёт перемещения всего подшипника в отверстии корпуса или по валу.

Это приводит к тому, что значительно уменьшается сила, необходимая для осевого перемещения вала, устраняется изнашивание деталей узла из-за взаимного трения друг о друга.

Одна из распространенных конструкций подшипникового узла с плавающими опорами показанная на рис. 2 а. Здесь наружные кольца подшипников закреплены в корпусе пружинным кольцом 1, а внутренние на валу — пружинным кольцом 2 и втулкой 3. Одним из недостатков этой схемы является необходимость изготовления канавок в корпусе и на валу, а также установка в эти канавки дополнительных деталей – пружинных колец, образующих искусственный упорный буртик. Этому недостатка лишена схема, представленная на рис. 2 б, где в отличие от схемы 1 а применён подшипник с одним буртиком на наружном кольце (в схеме 1 а на наружном кольце подшипника буртиков нет).

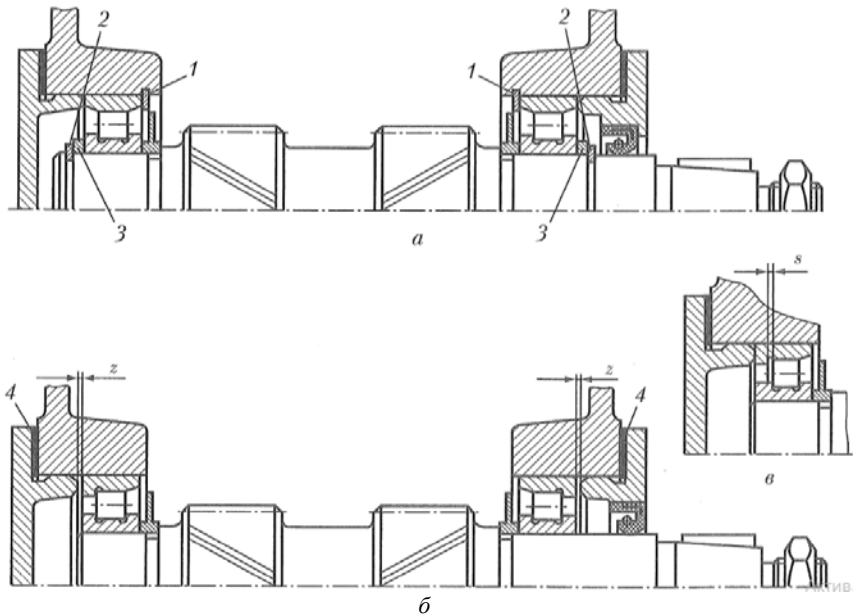


Рис. 2. Плавающий вал шевронной передачи:

1 и 2 – пружинные кольца, 3 – втулка, 4 – комплект регулировочных прокладок

В этой схеме внутренние кольца подшипников закреплены упором в буртик вала. Наружные кольца имеют свободу осевого перемещения на величину зазора  $z$  в сторону крышки подшипника.

На рис. 2 в показано положение деталей подшипника при работе передачи. В начальный момент осевого плавания вала ролики подшипников смещают наружные кольца на некоторую величину в сторону крышек. При этом зазор  $z$  уменьшается и в дальнейшем за счет тепловых деформаций вала выбирается полностью. Найдя свое положение, наружные кольца остаются неподвижными.

Осевое плавание вала происходит за счет смещения внутренних колец совместно с роликами относительно наружных колец. При этом между роликами и бортом наружного кольца при плавании вала имеет место осевой зазор  $s$ .

Важным достоинством этой схемы является возможность регулирования начальной величины осевого смещения наружного и внутреннего колец подшипника с помощью набора металлических прокладок 4 (рис. 2), устанавливаемых под фланцы обеих крышек подшипников.

## **2. ПОДШИПНИКОВЫЙ УЗЕЛ С ОДНОЙ ПЛАВАЮЩЕЙ ОПОРОЙ И ОДНОЙ ФИКСИРУЮЩЕЙ ОПОРОЙ С ОДНИМ ПОДШИПНИКОМ В НЕЙ**

Подшипниковый узел с одной плавающей опорой и второй фиксирующей опорой с одним подшипником в ней применяют для длинных валов с целью компенсации продольного теплового расширения вала при отсутствии, либо при незначительной величине осевых сил, действующих на вал.

В таком виде вал с опорами представляет собой статически определимую систему и может быть представлен в виде балки с одной шарнирно-неподвижной, а другой – шарнирно-подвижной опорами (рис. 3).

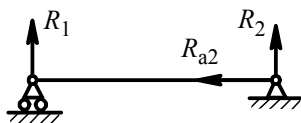


Рис. 3. Схема установки вала на одной плавающей и одной фиксирующей опоре с одним подшипником в ней

Осевую фиксацию по этой схеме применяют, например, для валов цилиндрических прямозубых зубчатых передач. Пример конструкции опор вала, установленного по этой схеме, приведен на рис. 4.

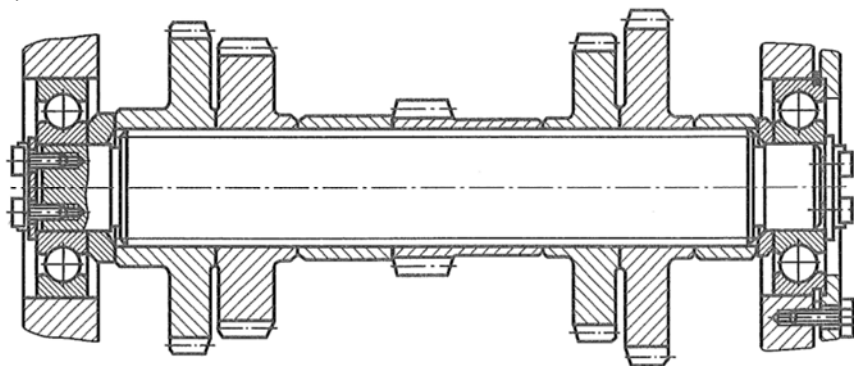


Рис. 4. Пример установки вала на одной плавающей и одной фиксирующей опоре с одним подшипником в ней

В конструкции на рис. 4 фиксирующей является правая опора, где внутреннее кольцо подшипника закреплено на валу концевой шайбой, а наружное закреплено в осевом направлении крышкой, которая прижимает к корпусу пружинное кольцо, расположенное в канавке наружного кольца подшипника.

При выборе какую опору сделать плавающей, а какую – фиксирующей, учитывают ниже приведённые рекомендации.

1. Подшипники обеих опор должны быть нагружены по возможности равномерно, поэтому если на вал действует осевая сила, то плавающей выбирают опору, нагруженную большей радиальной силой. При этом всю осевую силу воспринимает подшипник, нагруженный меньшей радиальной силой.

2. При отсутствии осевых сил плавающей выбирают менее нагруженную опору, чтобы уменьшить сопротивление осевому перемещению подшипника и изнашивание деталей.

3. Если входной (выходной) конец вала соединяют с другим валом муфтой, то фиксирующей принимают опору вблизи этого конца вала.

В фиксирующих опорах рассматриваемой схемы (рис. 3) могут быть установлены шариковые и роликовые радиальные подшипники, способные воспринимать незначительную осевую силу в обе стороны (рис. 5).

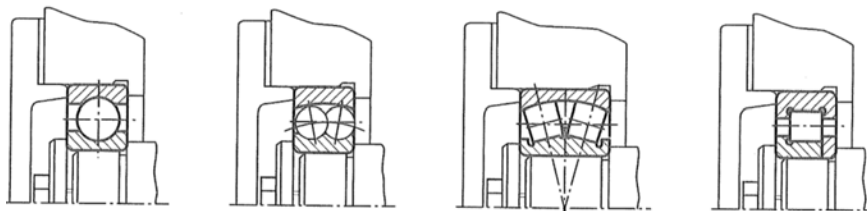


Рис. 5. Фиксирующая опора с одним радиальным подшипником

При реверсивной работе передачи плавающей и фиксирующей опорой могут быть попеременно обе опоры. Примером может служить опора косозубой цилиндрической передачи (рис. 6). При малых осевых силах в ней могут быть применены радиальные шариковые подшипники. При смене направления вращения передачи осевая сила в зацеплении меняет направление на противоположное. На рис. 6 показан момент, когда осевая сила действует вправо и вал с правым подшипником прижат через втулку 1 к правой крышке подшипника. В этом положении фиксирующей является правая опора, а левая будет плавающей. При смене направления вращения передачи осевая сила изменит своё направление. Вал вместе с подшипниками переместится в осевом направлении влево в отверстии корпуса на величину зазора «а» (рис. 6) и фиксирующей станет левая опора. При этом левый подшипник упрётся наружным кольцом в левую крышку подшипника. Подбором длины втулки 1 обеспечивают нужную величину зазора «а».

В конструкции на рис. 7 с привертными крышками подшипников нужную величину зазора устанавливают с помощью набора металлических прокладок 1. Осевой зазор в плавающей опоре на рис. 7 не показан ввиду его малости.



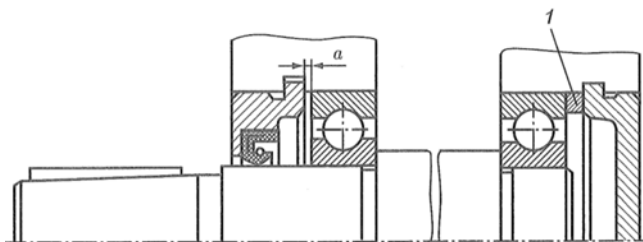


Рис. 6. Пример конструкции подшипникового узла с закладными крышками подшипников

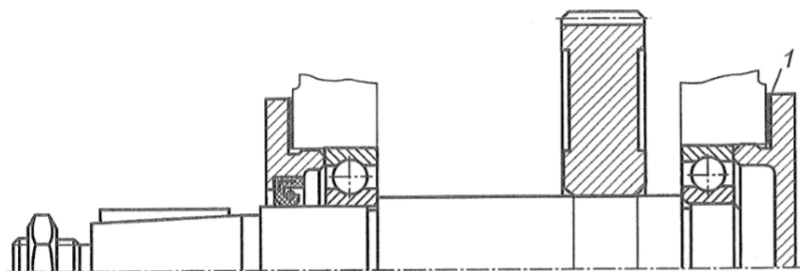


Рис. 7. Пример конструкции подшипникового узла с привертными крышками подшипников

### 3. ПОДШИПНИКОВЫЙ УЗЕЛ С ОДНОЙ ПЛАВАЮЩЕЙ ОПОРой И ОДНОЙ ФИКСИРУЮЩЕЙ ОПОРой С ДВУМЯ ПОДШИПНИКАМИ В НЕЙ

Подшипниковый узел с одной плавающей опорой и второй фиксирующей опорой с двумя подшипниками в ней применяют для длинных валов с целью компенсации продольного теплового расширения вала при действии на него значительных осевых сил. Расчётная схема такого вала представлена на рис. 8.

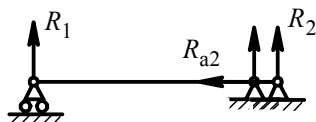


Рис. 8. Схема установки вала на одной плавающей и одной фиксирующей опоре с двумя подшипниками в ней

Применение двух подшипников в одной опоре связано со следующим. При действии на вал больших осевых сил в опоре необходимо устанавливать радиально-упорный подшипник. Однако такой тип подшипников может воспринимать осевую нагрузку только в одну сторону. Поэтому в опору устанавливают два радиально-упорных подшипника, поставленных зеркально относительно друг друга. В такой опоре каждый из подшипников воспринимает осевую силу в одном своём направлении, а опора в целом держит вал в обе стороны.

Типы подшипников и схемы их установки в фиксирующей опоре показаны на рис. 9.

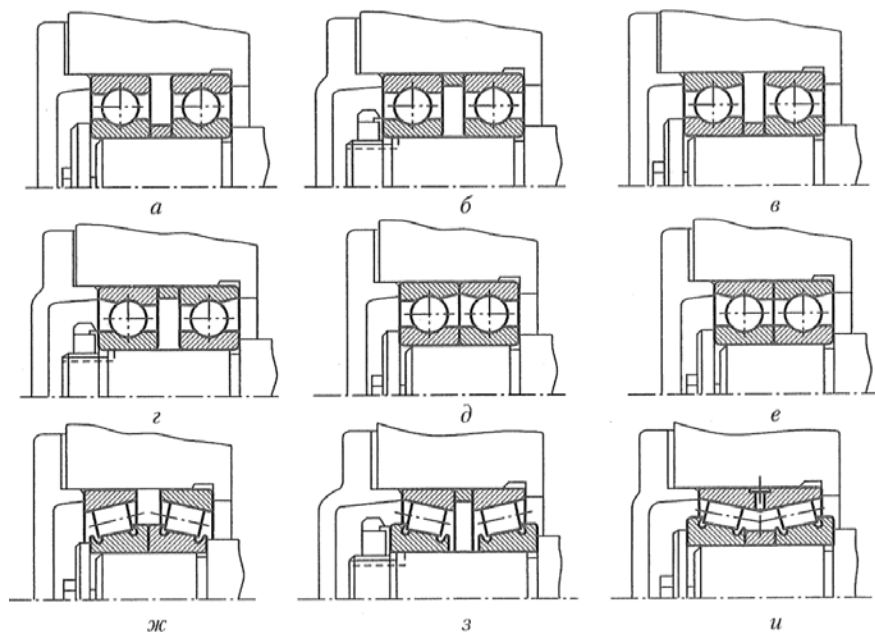


Рис. 9. Типы подшипников и схемы их установки в фиксирующей опоре с двумя подшипниками

Типы подшипников и схемы их установки в плавающей опоре показаны на рис. 10. В схемах 10 а, б, в, д между подшипником и крышкой подшипника устанавливают зазор «*b*» для обеспечения

возможности осевого перемещения наружного кольца подшипника при плавании вала.

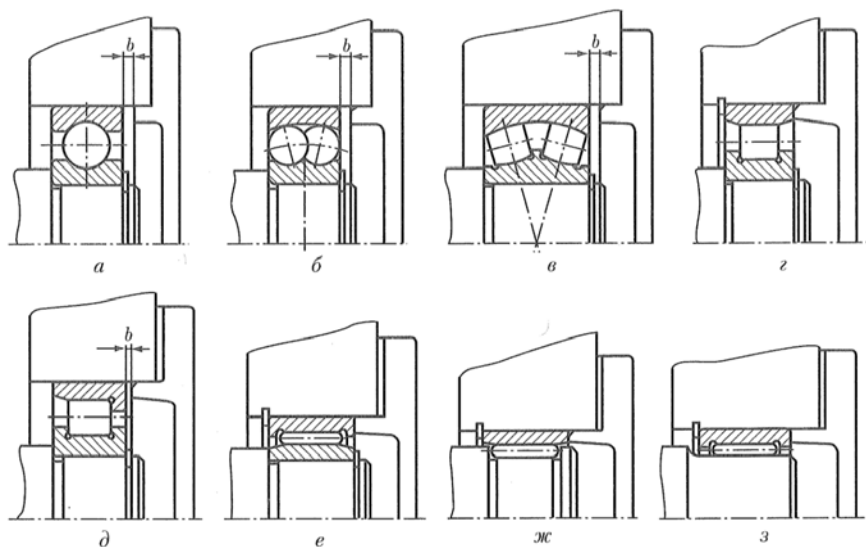


Рис. 10. Типы подшипников и схемы их установки в плавающей опоре

На рис. 11 показаны возможные варианты крепления внутреннего кольца подшипника к валу в плавающей опоре с помощью пружинных колец.

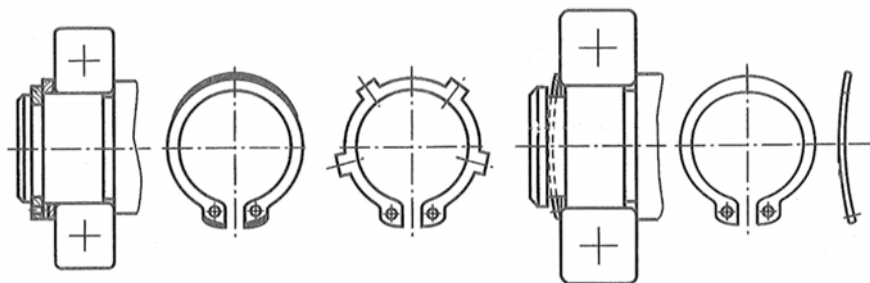


Рис. 11. Варианты конструкций крепления внутреннего кольца подшипника к валу в плавающей опоре с помощью пружинных колец

На рис. 12 показаны возможные варианты крепления внутреннего кольца подшипника к валу в плавающей опоре с помощью шлицевой гайки (рис. 12 а) и концевой шайбы (рис. 12 б, в, г). Стандартные размеры названного крепежа и размеры пазов на валу под язычок стопорной многоланчатая показаны в приложении (табл. 1, 2, 3).

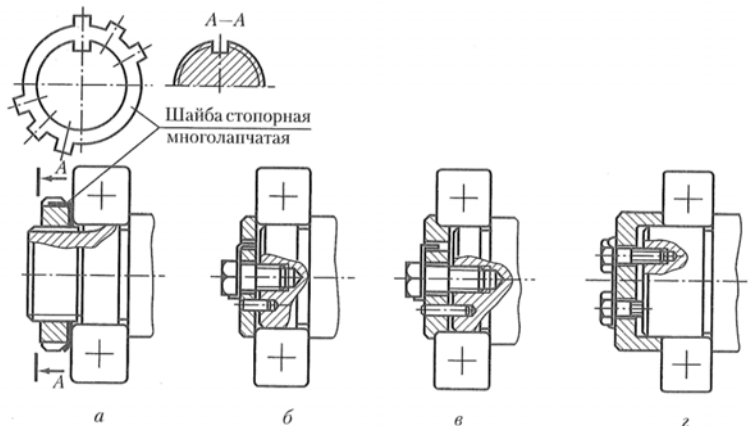


Рис. 12. Варианты конструкций крепления внутреннего кольца подшипника к валу в плавающей опоре с помощью:  
а - шлицевой гайки, б, в, г - концевой шайбы

На рис. 13 приведён пример установки червячного вала по схеме рис. 8.

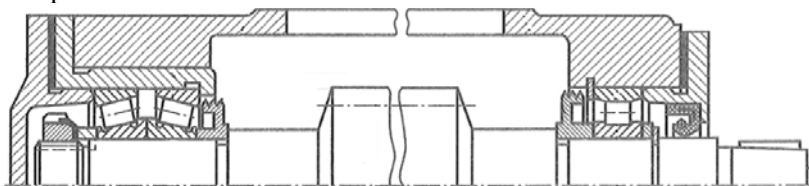


Рис. 13. Вариант конструкции подшипникового узла с одной плавающей и одной фиксирующей опорой с двумя подшипниками для червячного вала

Варианты конструкций подшипниковых узлов с одной плавающей и одной фиксирующей опорой с двумя подшипниками для конического вала-шестерни показаны на рис. 14.

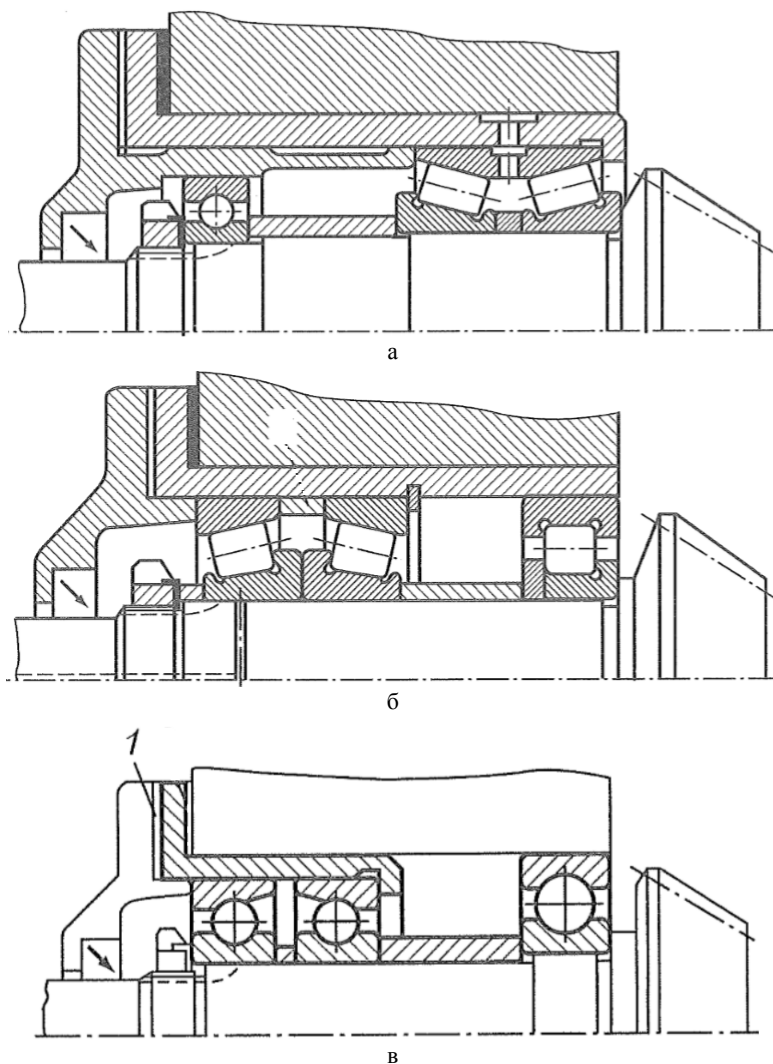


Рис. 14. Варианты конструкций подшипниковых узлов с одной плавающей и одной фиксирующей опорой для конического вала-шестерни

При значительных осевых силах или при требовании уменьшить радиальный размер подшипникового узла в фиксирующей

опоре применяют совместно шариковый упорный двойной подшипник с радиальным шариковым подшипником. Пример такой опоры показан на рис. 15.

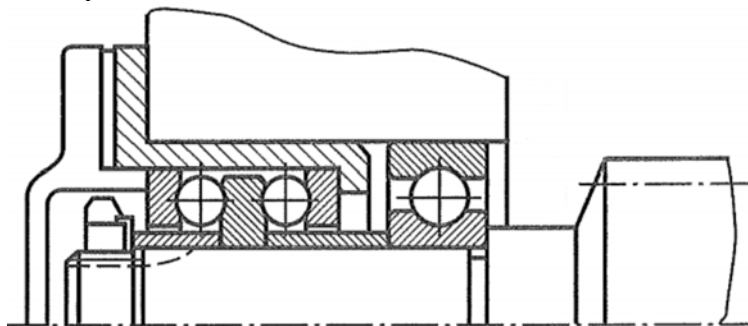


Рис. 15. Варианты конструкции фиксирующей опоры с комбинацией шарикового упорного двойного подшипника с радиальным шариковым подшипником

#### 4. ПОДШИПНИКОВЫЙ УЗЕЛ С ДВУМЯ ФИКСИРУЮЩИМИ ОПОРАМИ ПО СХЕМЕ «ВРАСПОР»

Схема постановки вала «враспор» и действующие в ней на подшипники силы показана на рис. 16. В этом подшипниковом узле обе опоры фиксирующие и одинаковые по конструкции, а сама схема является статически неопределимой.

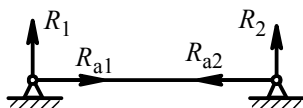


Рис. 16. Схема постановки вала «враспор»

Схема постановки вала «враспор» применяется для коротких валов, так как при большой длине вала из-за температурного расширения на подшипники будут действовать дополнительные осевые силы.

В рассматриваемом узле применяют радиально-упорные подшипники, чаще всего конические роликовые, как более грузоподъемные и менее дорогие. При относительно высоких частотах вращения вала для снижения потерь в опорах и достижения высокой

точности вращения вала устанавливают более дорогие радиально-упорные шариковые подшипники.

Схема «враспор» применяется так же для точной фиксации вала в осевом направлении. Это, прежде всего, необходимо в червячных и зубчатых конических передачах, где при монтаже осуществляют регулировку осевого положения элементов передачи относительно друг друга с последующим удержанием их в этом положении. На рис. 17 показаны примеры установки по схеме «враспор» валов конической зубчатой передачи, а на рис. 18 – примеры установки по названной схеме валов червячной передачи.

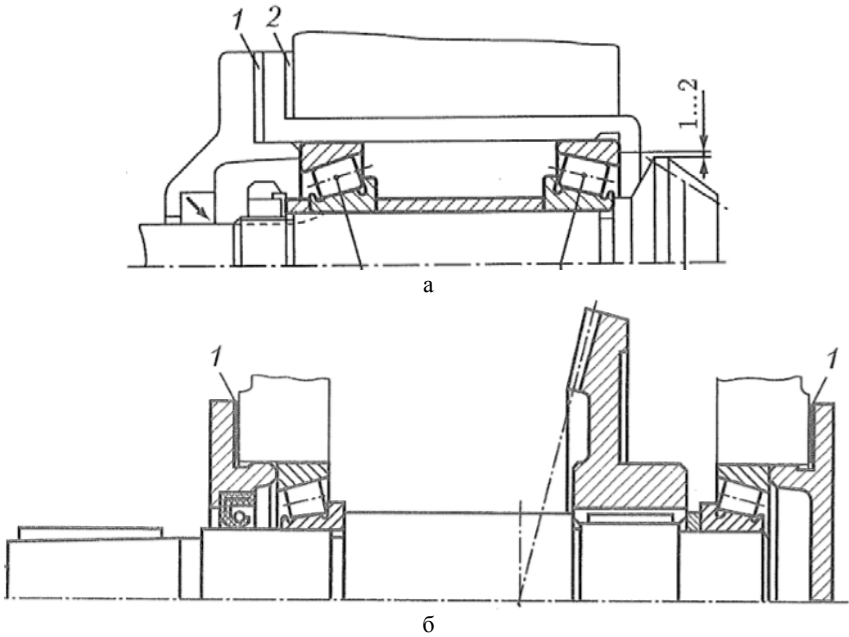


Рис. 17. Установка «враспор» вала:

а – конической шестерни (1 – набор металлических регулировочных прокладок для регулировки зазора в подшипниках, 2 – то же для регулировки зацепления в передаче); б – конического колеса (1 – набор металлических регулировочных прокладок для регулировки зазора в подшипниках и регулировки зацепления в передаче)

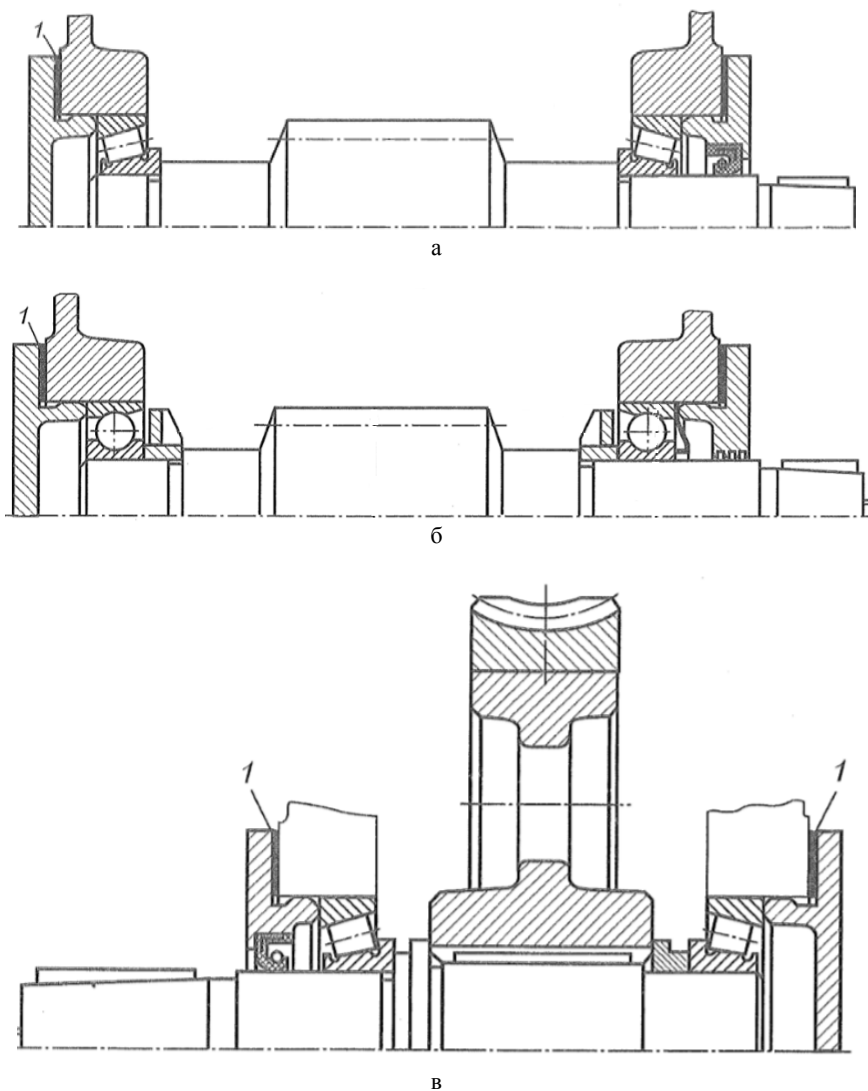


Рис. 18. Установка «впаспор» вала: а, б – червяка (1 – набор металлических регулировочных прокладок для регулировки зазора в подшипниках); в – червячного колеса (1 – набор металлических регулировочных прокладок для регулировки зазора в подшипниках и регулировки зацепления в передаче)



## 5. ПОДШИПНИКОВЫЙ УЗЕЛ С ДВУМЯ ФИКСИРУЮЩИМИ ОПОРАМИ ПО СХЕМЕ «ВРАСТЯЖКУ»

Схема постановки вала «врасстяжку» и действующие в ней на подшипники силы показана на рис. 19. В этом подшипниковом узле обе опоры фиксирующие и одинаковые по конструкции, а сама схема является статически неопределимой.

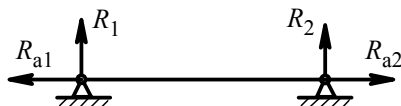


Рис. 19. Схема постановки вала «враспор»

Схема постановки вала «врасстяжку» применяется для коротких валов, так как при большой его длине из-за температурного расширения вала в подшипниках будут возникать большие зазоры.

В рассматриваемом узле применяются те же типы подшипников, что и в схеме «враспор».

Рассматриваемая схема в одноступенчатых редукторах применяется прежде всего для валов конических шестерён. Это связано с тем, что на подшипники, поставленные «врасстяжку» будут действовать меньшие по величине реакции опор, чем на подшипники, поставленные по схеме «враспор» при одинаковом расстоянии между подшипниками. Поэтому данная схема применяется при коротких валах, где расстояние между подшипниками мало. Примеры конструкций валов конических шестерён, поставленных по схеме «врасстяжку» показаны на рис. 20.

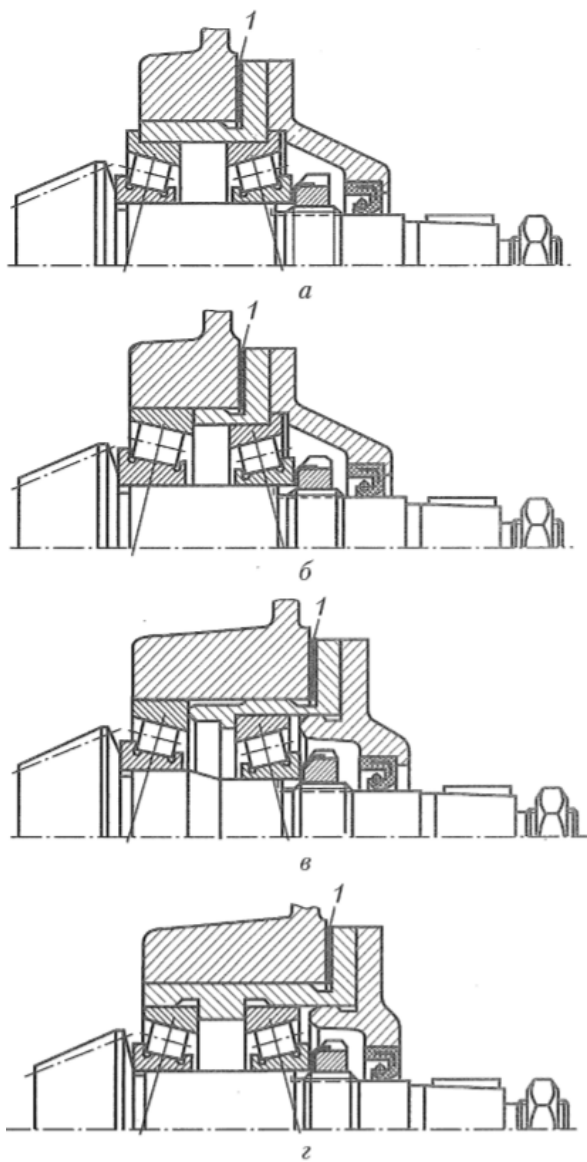


Рис. 20. Примеры постановки вала конической шестерни по схеме «встряжку»

## 6. НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВКИ ЗАЗОРОВ В ПОДШИПНИКАХ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ ОДНОСТУПЕНЧАТЫХ РЕДУКТОРОВ

В конических роликовых подшипниках при сборке редуктора регулируют (устанавливают) зазор. Различают осевой и радиальный зазоры, которые связаны между собой некоторой зависимостью. При изменении зазора в осевом направлении меняется величина зазора в радиальном направлении и наоборот. Зазоры в подшипниковых узлах редукторов регулируют осевым смещением наружных или внутренних колец.

При постановке подшипников «враспор» зазор можно регулировать набором тонких металлических прокладок 1 (рис. 21 а, 14 в, 17 а, г, 18 а, б, в), которые устанавливают под фланец крышки подшипников. Делается это следующим образом. Крышку подшипника изготавливают по длине части, которая вставляется в отверстие, такой, чтобы когда она дойдёт и упрётся в наружное кольцо подшипника фланец крышки ещё не дошёл до корпуса и между корпусом и фланцем оставался некоторый небольшой зазор. Далее крышку приворачивают к корпусу с небольшим усилием так, чтобы она, упёршись в наружное кольцо подшипника, выбрала в нём зазор. В этом положении крышки измеряют величину зазора между фланцем крышки и корпусом. После этого крышку отворачивают, под фланец устанавливают регулировочные прокладки толщиной, равной замеренному зазору, и затягивают винты окончательно.

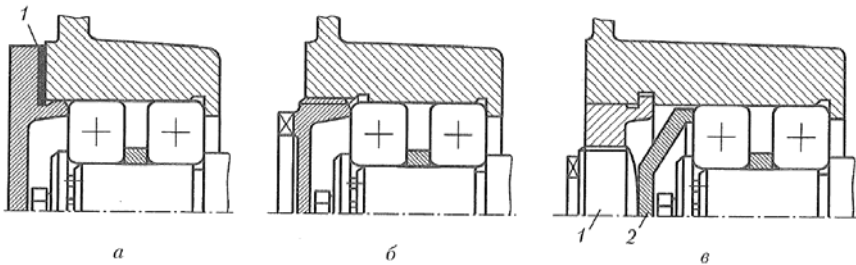


Рис. 21. Способы регулирования зазоров в подшипниках перемещением наружного кольца: а – набором тонких металлических прокладок 1; б – винтом; в – винтом 1 с установочной шайбой 2

Регулирование подшипников можно производить винтом, вворачиваемым в корпус (рис. 21 б).

На рис. 21 в для регулировки зазора применяют винт 1, который вворачивается в крышку подшипника и упирается в самоустанавливающуюся шайбу 2. Этот способ, по сравнению с предыдущим, позволяет более точно распределять нагрузку от винта 1 по окружности наружного кольца подшипника.

При постановке подшипников «врастяжку» зазор в них регулируют осевым перемещением внутреннего кольца. Его поджимают при этом либо торцевой шайбой 1 (рис. 22 а), либо шлицевой гайкой (рис. 22 б). Шлицевую гайку при этом нужно установить так, чтобы шлиц на ней совпал с лапкой стопорящей её шайбы. Это в некоторой степени нарушает точность регулирования. Более точное регулирование возможно при применении гайки со специальным деформируемым бортом (рис. 22 в). После создания в подшипниках требуемого зазора гайку стопорят, вдавливая края борта в пазы вала.

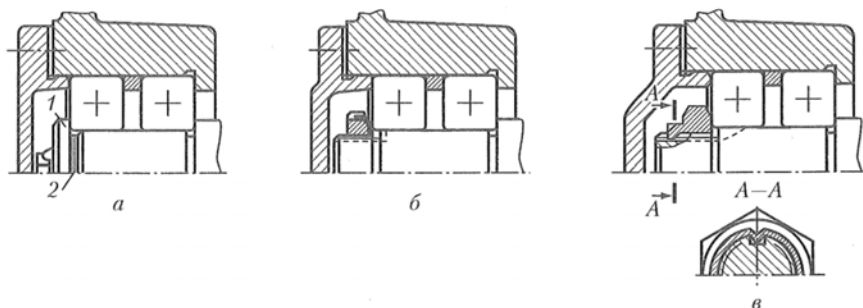


Рис. 22. Способы регулирования зазоров в подшипниках перемещением внутреннего кольца: а – торцевой шайбой 1; б – шлицевой гайкой; в – винтом с деформируемым бортом

## Приложение

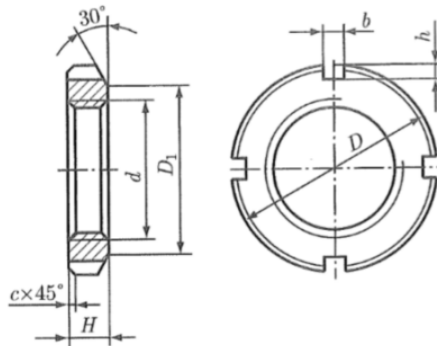


Рис. 23. Гайка круглая шлицевая ГОСТ 11871-88

Таблица 1

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

Резьба, $d$	$D$	$D_1$	$H$	$b$	$h$	$c$
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

Примечание: \* Предпочтительные размеры

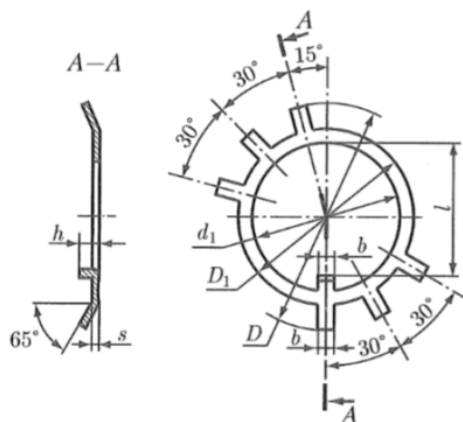


Рис. 24. Шайба стопорная многолапчатая ГОСТ 11872-88

Таблица 2

**Шайбы стопорные многолапчатые. Тип Н нормальные  
(из ГОСТ 11872-88), мм**

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

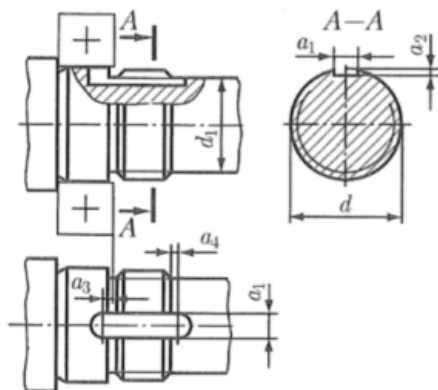


Рис. 25. Конструкция паза под язычок стопорной шайбы

Таблица 3

**Паз под язычок стопорной шайбы**

Резьба, $d$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$d_1$
M20×1,5	5	3,5	3,5	1,0	16,5
M22×1,5	5	3,5	3,5	1,0	18,5
M24×1,5	5	3,5	3,5	1,0	20,5
M27×1,5	5	3,5	4,0	1,5	23,5
M30×1,5	5	3,5	4,0	1,5	26,5
M33×1,5	6	3,5	4,0	1,5	29,5
M36×1,5	6	3,5	4,0	1,5	32,5
M39×1,5	6	3,5	4,0	1,5	35,5
M42×1,5	6	3,5	5,0	1,5	38,5
M45×1,5	6	3,5	5,0	1,5	41,5
M48×1,5	8	3,5	5,0	1,5	44,5
M52×1,5	8	3,5	5,0	1,5	48,0
M56×2,0	8	3,5	5,0	1,5	52,0
M60×2,0	8	3,5	6,0	1,5	56,0
M64×2,0	8	3,5	6,0	1,5	60,0
M68×2,0	10	3,5	6,0	1,5	64,0
M72×2,0	10	3,5	6,0	1,5	68,0
M76×2,0	10	3,5	6,0	1,5	72,0
M80×2,0	10	4,5	6,0	2,0	75,0
M85×2,0	10	4,5	6,0	2,0	80,0

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов – 11-е изд. стер. М: Издательский центр «Академия», 2008. 496 с.
2. Атлас конструкций узлов и деталей машин / под. ред. О.А. Ряховского. М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. / В.И. Анурьев. М: Машиностроение, 2015.

## Оглавление

Введение .....	3
1. Подшипниковый узел с двумя плавающими опорами .....	4
2. Подшипниковый узел с одной плавающей опорой и одной фиксирующей опорой с одним подшипником в ней .....	6
3. Подшипниковый узел с одной плавающей опорой и одной фиксирующей опорой с двумя подшипниками в ней .....	9
4. Подшипниковый узел с двумя фиксирующими опорами по схеме «враспор» .....	14
5. Подшипниковый узел с двумя фиксирующими опорами по схеме «врастяжку» .....	17
6. Некоторые способы регулировки зазоров в подшипниках подшипниковых узлов одноступенчатых редукторов .....	19
Приложение .....	21
Библиографический список .....	24



**ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА**  
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ**

*Методические указания по курсовому проектированию  
для студентов всех направлений подготовки и специальностей*

Сост. *А.Ю. Кузькин*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой  
машиностроения

Ответственный за выпуск *А.Ю. Кузькин*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 10.12.2021. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 1,4. Усл.кр.-отт. 1,4. Уч.-изд.л. 1,2. Тираж 50 экз. Заказ 1115.

Санкт-Петербургский горный университет  
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета  
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2