

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 19.06.2023 21:22:05  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
«  » Локтионова  
«  » 2016 г.

### ВЫБОР И РАСЧЕТ ПОСАДОК СОЕДИНЕНИЙ С ПОДШИПНИКАМИ КАЧЕНИЯ

Методические указания по выполнению лабораторной работы № 3  
по дисциплине «Нормирование точности»

Курск 2016

УДК 621.(923)

Составитель: О.С. Зубкова

Рецензент

Канд. техн. наук, доцент *Е.И. Яцун*

**Выбор и расчет посадок соединений с подшипниками качения:** методические указания по выполнению лабораторной работы №3 по дисциплине «Нормирование точности» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: О.С. Зубкова. Курск, 2016. 22 с., ил. 7, табл. 4, Библиогр.: 22 с.

Излагаются методические указания по выполнению лабораторной работы № 3, относящихся к изучению выбора и расчета параметров соединений с подшипниками качения, рассмотрены виды нагружения колец подшипников, классы точности, условное обозначение на чертежах.

Методические указания соответствуют требованиям ФГОС по направлениям подготовки дипломированных специалистов 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 1,22 . Уч. - изд. л. 1,1 . Тираж 30 экз. Заказ . Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## **Цель работы:**

Научиться рассчитывать подшипниковые посадки.

## **Инструменты и материалы для работы.**

1. Персональный компьютер
2. Справочник по выбору допусков и посадок

## **1. Теоретическая часть**

### **1.1. Точность подшипников качения**

Подшипник – это узел механизма, являющийся опорой для вращающихся валов или других вращающихся деталей. Подшипники качения, работающие при самых разнообразных нагрузках и частотах вращения, должны обеспечивать точность и равномерность перемещений подвижных частей машин и приборов, а также обладать высокой долговечностью. Работоспособность подшипников качения в большой степени зависит от точности их изготовления и характера соединения с сопрягаемыми деталями.

Подшипники качения являются стандартными изделиями, которые изготавливаются на специализированных заводах (ГПЗ). Они обладают полной внешней взаимозаменяемостью по присоединительным поверхностям колец и ограниченной внутренней взаимозаменяемостью между телами качения и дорожками качения. Вследствие особо высоких требований к точности указанных элементов при сборке подшипников используют принцип групповой взаимозаменяемости.

Точность подшипников качения (ГОСТ 520-89), определяется следующими показателями:

- точностью присоединительных поверхностей, т.е. точностью формы и размеров отверстия диаметром  $d$  во внутреннем кольце 01, цилиндрической поверхности диаметром  $D$  наружного кольца 02 и ширины колец  $B$  (рис. 1.1);
- точностью размеров и формы тел качения 3, а также дорожек качения наружного  $K_n$  и внутреннего  $K_v$  колец;
- радиальным биением дорожек качения внутреннего  $R_i$  и наружного  $R_a$  колец;
- непостоянством ширины колец  $U_p$ ;

- биением базового торца внутреннего кольца относительно его отверстия  $S_i$  и наружной поверхности наружного кольца относительно базового торца  $S_a$ ;
- осевым биением дорожки качения внутреннего  $A_i$  и наружного  $A_a$  колец относительно базовых торцов;
- шероховатостью посадочных и торцовых поверхностей колец.

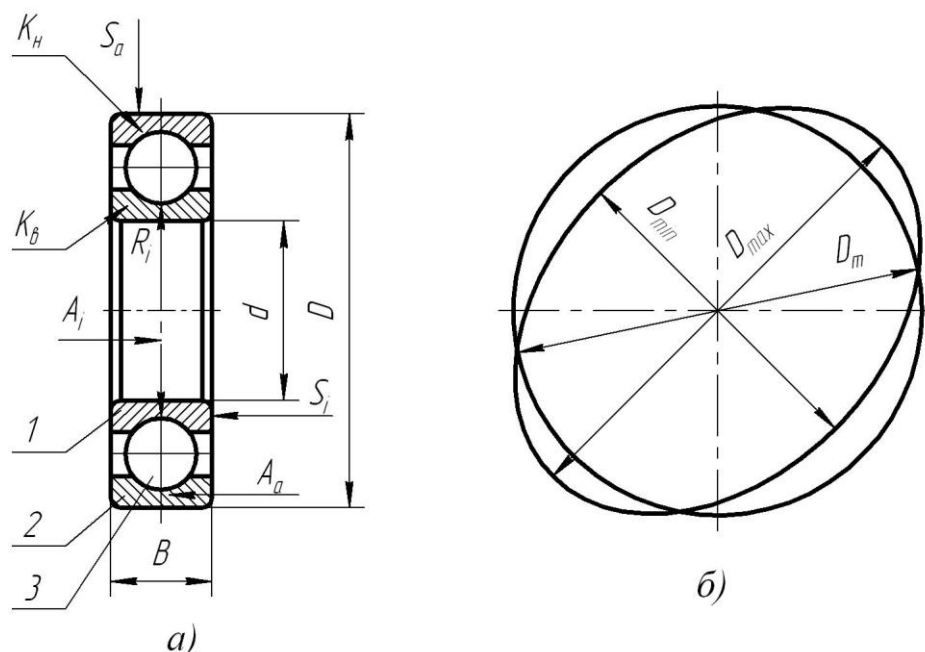


Рис 1.1. Основные параметры подшипников качения

В зависимости от перечисленных параметров точности все типы подшипников качения делят на пять классов точности: 0, 6, 5, 4, 2 (в порядке повышения точности). Класс точности проставляют через тире перед условным обозначением подшипника, например 5–208. Нулевой класс в обозначении не указывают, поскольку он является основным и принят к выпуску для всех типов подшипников качения. Чем выше класс точности, тем более ограничена номенклатура типоразмеров подшипников, изготавливаемых по этому классу. Это объясняется как сужением области их применения, так и существенным повышением относительной стоимости.

С повышением класса точности возрастают точностные требования ко всем элементам подшипников как внутренним, обеспечивающим точность вращения и зазоры, так и внешним, обеспечивающим посадку колец на вал или в корпус изделия. В табл. 1.1 приведены характеристики точности шариковых и роликовых радиальных и шари-

ковых радиально-упорных внутренних колец с номинальным размером присоединительной поверхности  $d = 50 \dots 80$  мм.

Как видно из табл. 1.1 в классах высокой точности требования к точности колец подшипников резко возрастают (в отдельных случаях от 3,75 до 13 раз).

Таблица 1.1

Точность размеров, формы и взаимного расположения поверхностей

Показатели точности	Отклонение, мкм				
	0	6	5	4	2
Класс точности	0	6	5	4	2
Допуск на средний диаметр отверстия $d_m$	15	12	9	7	4
Непостоянство ширины кольца $U_p$	20	15	6	4	1,5
Радиальное биение дорожки качения $R_i$	20	10	5	4	2,5
Биение базового торца относительно отверстия $S_i$	20	15	8	5	4
Осевое биение дорожки качения $A_i$	40	20	8	4	2,5
Допуск на ширину кольца $B$	150	150	150	150	150

Определение годности колец подшипников имеет особенность. Кольца подшипников, находящиеся до монтажа в свободном состоянии, вследствие упругих деформаций могут иметь овальность (рис. 1.1, б). Однако кольца могут оказаться годными даже в том случае, когда у данного подшипника наибольший  $D_{max}$  и наименьший  $D_{min}$  диаметры посадочных поверхностей выходят за допустимые пределы. Это объясняется тем, что кольца многих типов подшипников имеют малую толщину, сравнительно легко деформируются и после сборки с валами или корпусами принимают форму круглых цилиндров, имеющих средние диаметры, определяемые по формулам

$$D_m = 0,5 \cdot (D_{max} + D_{min}) \quad (1.1)$$

$$d_m = 0,5 \cdot (d_{max} + d_{min}) \quad (1.2)$$

В связи с этим стандартом установлены предельные отклонения номинального  $D$ ,  $d$  и среднего  $D_m$ ,  $d_m$  значений диаметров колец. Средние диаметры  $D_m$  и  $d_m$  определяют расчетом по формулам (1.1) и (1.2) как среднее арифметическое наибольшего и наименьшего значений диаметра измеренного в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

**ПРИМЕР 1.1.** Для радиально-упорного шарикоподшипника с номинальным диаметром внутреннего кольца  $d = 60$  мм класса точности 0 отклонения будут следующие:

для среднего диаметра  $d_m$   $ES_m = 0$ ,  $EI = -0,015$  мм;

для номинального диаметра  $d$   $ES = 0,004$ ,  $EI = -0,019$  мм.

Предельные размеры диаметров следующие:

средний диаметр  $d_{m \max} = 60$  мм,  $d_{m \min} = 59,985$  мм;

номинальный диаметр  $d_{\max} = 60,004$  мм,  $d_{\min} = 59,981$  мм.

Случай 1. Если при измерении кольца подшипника оказалось, что  $d_{\max} = 59,997$  мм и  $d_{\min} = 59,983$  мм, т.е. размеры находятся в поле допуска, то такое кольцо считается годным, так как его средний диаметр не выходит за предельные значения, находящиеся в интервале от 59,997 мм до 60,000 мм:  $d_{\max} = 59,997$  мм меньше его наибольшего предельного значения, равного 60,004 мм, а  $d_{\min} = 59,983$  мм больше его наименьшего значения, равного 59,981 мм.

Случай 2. Если при измерении кольца подшипника оказалось, что  $d_{\max} = 60,003$  мм и  $d_{\min} = 59,999$  мм, т.е. размеры находятся в поле допуска. Однако это кольцо признается негодным, так как его средний диаметр выходит за наибольший предельный размер  $d_{m \max} = 60,003$  мм, несмотря на то, что значения  $d$  находятся в пределах допуска.

## 1.2. Условные обозначения подшипников качения

Условные обозначения подшипников содержат большой объем информации о многих свойствах подшипников, поэтому являются очень громоздкими. Это обозначение состоит из знаков основного условного обозначения и знаков, обозначающих дополнительное требование к подшипнику.

Основное условное обозначение подшипника в общем случае содержит следующие параметры:

- размерную серию (серия диаметров и ширины);
- тип и конструктивное исполнение;
- диаметр отверстия.

Дополнительные данные о подшипнике содержат сведения об отличии его от основного исполнения и располагаются справа и слева от основного условного обозначения.

Основное условное обозначение состоит из семи знаков, хотя в отдельных случаях в нем может быть два, три или четыре знака.

Одна или две цифры справа указывают значение диаметра отверстия подшипника: одна цифра, когда диаметр до 10 мм, и две, когда диаметр больше 10 мм. В этом обозначении принят ряд условностей. Так, при диаметре 10 мм в условном обозначении указывается «00»: при 12 мм – «0,1», при 15 мм – «0,2» и при 17 мм – «0,3».

Значения диаметра отверстий, кратные 5, обозначаются числом, которое является частным от деления значения этого диаметра на 5. Таким образом, умножив одну или две последние цифры обозначения на 5, получим значение диаметра отверстия. При диаметре отверстия до 10 мм значение диаметра указывается первой цифрой справа от условного обозначения, а слева от него – указывается цифра «0».

Второй или третьей цифрой справа (в зависимости от значения диаметра отверстия) указывается условный знак серии диаметров, который вместе с серией ширины (указывается седьмой цифрой справа или, что то же самое, первой слева) характеризует серию подшипников, т.е. сверхлегкие, особо легкие, легкие, средние и тяжелые. В ГОСТ 3478-79 установлено девять серий по диаметру (0, 8, 9, 7, 1, 2, 3, 4, 5) и десять серий по ширине (высоте) (7, 8, 9, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6). Серии диаметров перечислены в направлении увеличения размера наружного кольца при одинаковых размерах внутреннего кольца, а серии ширины (высоты) – в порядке увеличения ширины (высоты).

Четвертая цифра справа условно обозначает тип подшипника по воспринимаемой нагрузке и форме тел качения. Так, «0» означает, что «подшипник шариковый радиальный»; «1» – «шариковый радиальный сферический»; ...; «8» – «упорный или упорно-радиальный шариковый» и т.д.

Пятый и шестой знаки справа от основного обозначения характеризуют конструктивные исполнения подшипника. Для этого используют цифры от «00» до «99».

Седьмой знак, как уже упоминалось, означает серию ширины. Здесь есть еще одна условность в обозначении; если серия ширины «0», то она не указывается; если и предыдущие обозначения, т.е. конструктивное исполнение и тип подшипника тоже обозначаются нулями, то и они не указываются. Коротко говоря, с левой стороны основное условное обозначение не должно начинаться с нуля, а если они относятся к данному подшипнику, то это обозначение опускается.

Поэтому может получиться, что основное условное обозначение вместо семи цифр будет состоять из двух цифр.

Приведем несколько примеров основного условного обозначения.

**ПРИМЕР 1.2.** Подшипник 1000094.

1 – серия ширины по ГОСТ 3478-79;

00 – конструктивное исполнение по ГОСТ 3395;

0 – тип подшипника;

0 – диаметр внутренний менее 10 мм;

9 – серия диаметров по ГОСТ 3478-79;

4 – значение диаметра отверстия в мм.

**ПРИМЕР 1.3.** Подшипник 25:

5 – внутренний диаметр;

2 – серия диаметров по ГОСТ 3478-79.

Обозначения других характеристик подшипника опущены. Если рассматривать эту запись слева направо, то серия ширины подшипника «0», конструктивное исполнение «00» и дополнительное обозначение «0» показывает, что диаметр отверстия менее 10 мм.

Дополнительные знаки слева от основного обозначения отделяются от него с помощью тире « – ». Первая цифра слева от основного обозначения указывает класс точности по ГОСТ 520-71, потом группу радиального зазора, момент трения и категорию подшипника.

**ПРИМЕР 1.4.** Подшипник A125-3000205.

5 – 5-й класс по ГОСТ 520-89;

2 – группа радиального зазора;

1 – ряд момента трения;

A – категория подшипника.

Для некоторых подшипников есть ограничения в составе дополнительного оборудования.

Дополнительные знаки справа от основного обозначения указывают на материал деталей, конструктивные изменения, смазку и др. Полная расшифровка этих сведений приведена в приложении ГОСТ 3189-89.

**ПРИМЕР 1.5.** Подшипник A75-3280206ET2C2.

A – категория подшипника;

7 – радиальный зазор по группе 7 ГОСТ 24810;

5 – класс точности 5 *n*\*ГОСТ 520-71;

3280206 – основное условное обозначение подшипника;



Е – сепаратор из пластического материала;

T2 – температура отпуска колец 250 С;

С2 – смазка ЦИАТИМ-221.

Условные обозначения подшипников наносят на любой поверхности подшипника, кроме поверхностей качения.

### 1.3. Поля допусков колец подшипников качения

Классы точности подшипников качения характеризуются допусками на размеры, точность формы и расположения сопрягаемых поверхностей колец подшипников, а для образования посадок необходимо нормировать основные отклонения и направления расположения допусков на размер отверстия внутреннего кольца и размер диаметра наружной поверхности наружного кольца, т.е. нормировать поля допусков.

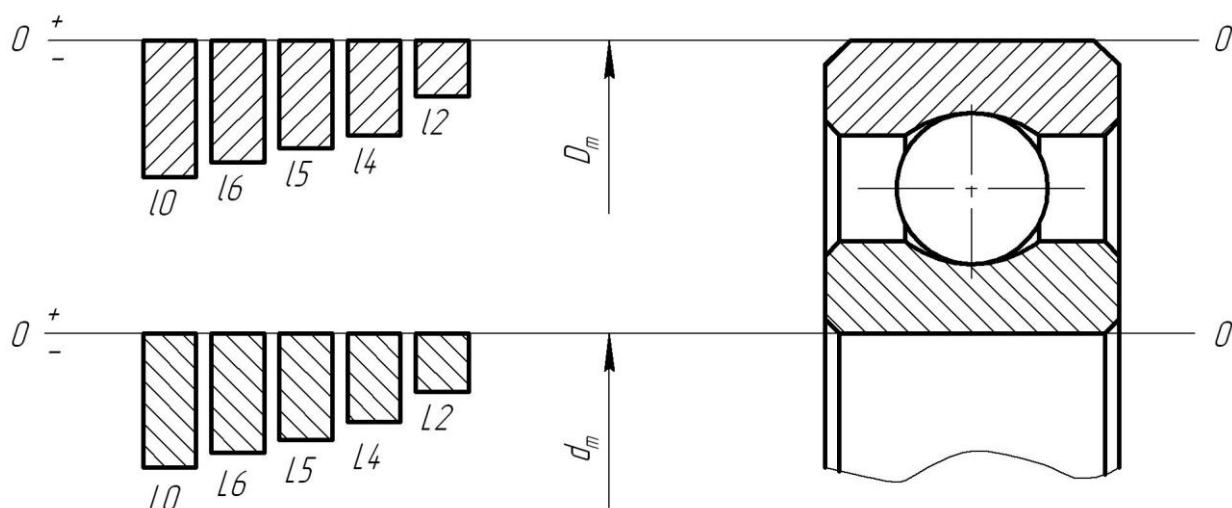


Рис. 1.2. Схема расположения полей допусков на наружный диаметр и диаметр отверстия подшипника

Основное отклонение посадочных мест колец подшипника обозначают латинской буквой *L* (от немецкого *das Lages* – подшипник) для диаметра отверстия и буквой *l* для диаметра наружной поверхности наружного кольца. Поле допуска образуется основным отклонением и рядом точности, который характеризует допуск на размер. Таким образом, для среднего диаметра отверстия подшипника (внутреннего кольца подшипника) установлены поля допусков *L*0, *L*6, *L*5, *L*4, *L*2. Для среднего диаметра вала (наружного кольца подшипника) установлены поля допусков *l*0, *l*6, *l*5, *l*4, *l*2 (рис. 1.2).

Точность размеров, формы и взаимного расположения поверхностей внутренних и наружных колец шариковых и роликовых радиально-упорных подшипников приведены в таблицах приложения 2.

Для сокращения номенклатуры подшипники изготавливают с отклонениями размеров внутреннего и наружного диаметров колец, не зависящих от посадки, по которой их будут монтировать. Для всех типоразмеров верхнее отклонение присоединительных диаметров принято равным нулю. Таким образом, диаметры наружного  $D_m$  и внутреннего  $d_m$  колец приняты соответственно за диаметры основного вала и основного отверстия, а следовательно, посадки наружного кольца с корпусом осуществляют по системе вала, а посадки внутреннего кольца с валом – по системе отверстия. Однако поле допуска на диаметр отверстия внутреннего кольца расположено в «минус» от номинального размера, а не в «плюс», как у обычного основного отверстия, т.е. не «в тело» кольца, а вниз от нулевой линии (рис. 1.2).

При таком перевернутом расположении поля допуска отверстия внутреннего кольца для получения соединений колец с валами с небольшим натягом не нужно прибегать к специальным посадкам, а можно получать их, используя для валов поля допусков  $n6$ ,  $m6$ ,  $k6$ ,  $j6$  или те же поля 5-го и 4-го квалитетов. Соединение вала, имеющего одно из указанных полей (кроме  $j6$ ,  $j5$  и  $j4$ ), с внутренним кольцом подшипника дает посадку с небольшим гарантированным натягом. Посадки с небольшими натягами не применяют из-за тонкостенной конструкции колец подшипников и трудности получения в них требуемых рабочих зазоров. Посадку подшипника качения на вал и в корпус выбирают в зависимости от типа и размера подшипника, условий его эксплуатации, величины и характера действующих на него нагрузок и вида нагружения колец.

#### **1.4. Виды нагружения колец подшипников качения**

Схема «вращается вал» имеет место у подшипников валов коробок передач, у роторов электродвигателей, в центробежных насосах, центрифугах, редукторах и т.п., где внутреннее кольцо вращается вместе с валом. Схема «вращается корпус» лежит в основе работы подшипников в колесах автомобилей, тракторов, самолетов, в роликах конвейеров, когда при работе вращается наружное кольцо. Разли-

чают три вида нагружения колец: местное, циркуляционное, и колебательное (ГОСТ 3325-85).

При местном нагружении действующая на подшипники результирующая радиальная нагрузка  $F_r$  постоянно воспринимается одним и тем же ограниченным участком дорожки качения кольца подшипника и передается соответствующему участку посадочной поверхности вала или корпуса. На рис. 1.3, а вращается внутреннее кольцо, а на рис. 1.3, б вращается наружное кольцо. Неподвижные кольца на этих рисунках испытывают постоянное нагружение, т.е. местное нагружение.

При циркуляционном нагружении действующая на подшипники результирующая радиальная нагрузка  $F_r$  воспринимается и передается телами качения в процессе вращения последовательно по всей длине окружности, а, следовательно, и последовательно по всей посадочной поверхности вала или корпуса. Такой вид нагружения возникает, например, когда кольцо вращается относительно постоянно по направлению радиальной нагрузки, а также, когда нагрузка вращается относительно неподвижного или подвижного кольца. На рис. 1.3, в, г внутреннее кольцо, а на рис. 1.3, д, е наружное кольцо испытывают циркуляционную нагрузку.

При колебательном нагружении неподвижное кольцо подшипника подвергается одновременному воздействию радиальных нагрузок (постоянной по направлению) и вращающейся меньшей или равной по значению радиальной нагрузке. Их равнодействующая совершает периодическое колебательное движение симметричное относительно неподвижной радиальной силы, причем равнодействующая периодически передается соответствующему ограниченному участку посадочной поверхности. На рис. 1.3, ж показано колебательное нагружение наружного кольца, а на рис. 1.3, з – внутреннего кольца, при этом другое кольцо испытывает циркуляционное нагружение.

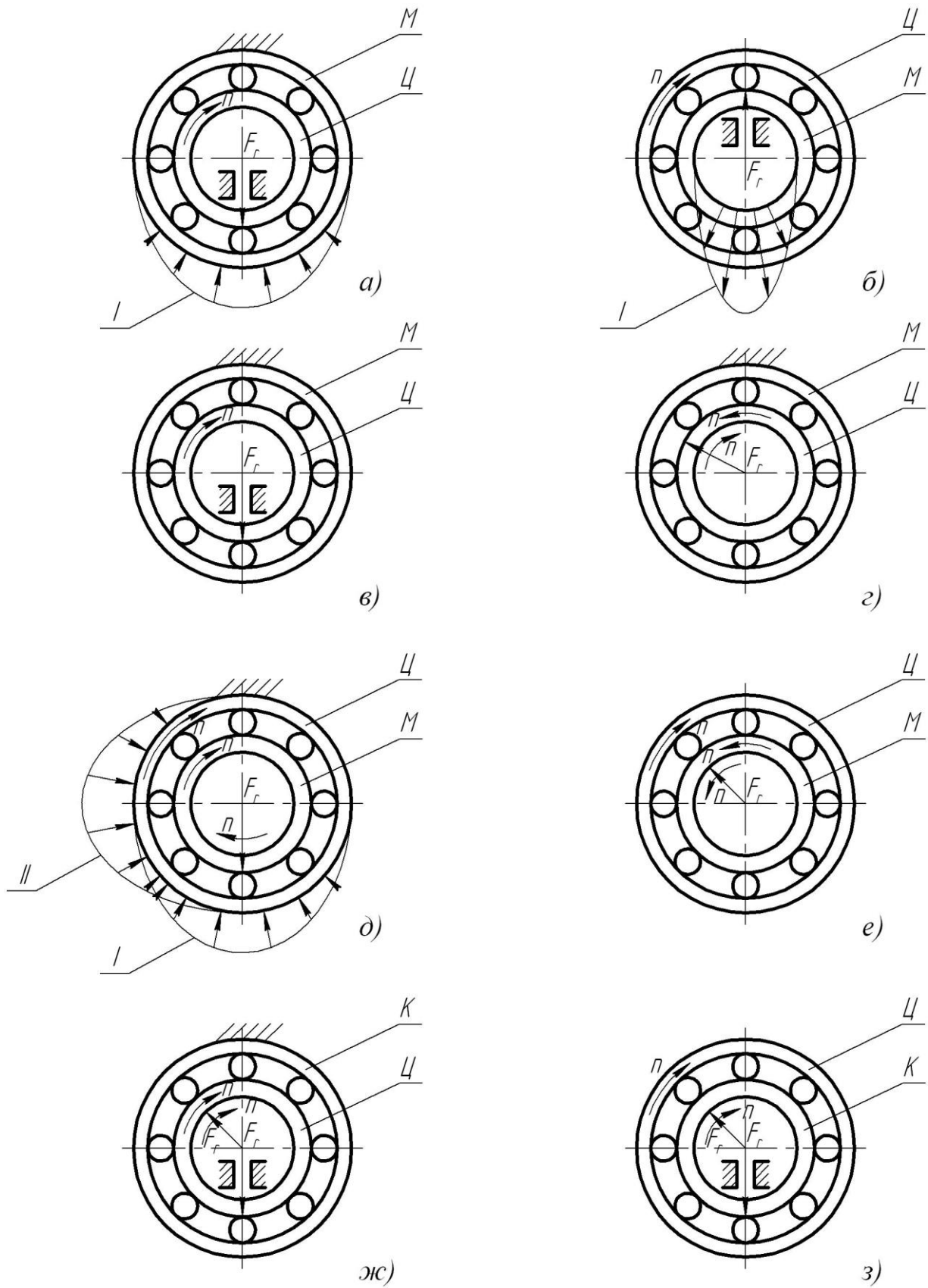


Рис 1.3. Три вида нагружения: *M*- местное; *Ц*- циркуляционное; *K*- колебательное; *I*, *II* - эпюра нагружения.

## 1.5. Выбор посадок подшипников качения на валы и в корпус

Посадку нужно выбирать так, чтобы вращающееся кольцо подшипника было смонтировано с натягом, исключающим возможность обкатки и проскальзывания этого кольца по посадочной поверхности вала или отверстия в корпусе в процессе работы под нагрузкой; другое кольцо нужно монтировать с зазором.

Исходя из этого необходимо:

- при вращающемся вале иметь неподвижное соединение внутреннего кольца с валом; наружное кольцо соединять с корпусом с небольшим зазором;
- при неподвижном вале внутреннее кольцо должно иметь посадку на валу с небольшим зазором, а наружное кольцо – неподвижную в корпусе.

С зазором монтируют то кольцо, которое испытывает местное нагружение. При такой посадке устраняется заклинивание шариков, а кольцо, смонтированное с зазором, под воздействием толчков и вибраций постепенно поворачивается по посадочной поверхности, благодаря чему износ беговой дорожки качения происходит равномерно по всей окружности кольца. Рекомендации по выбору полей допусков валов и отверстий для местно нагруженных колец приведены в табл. 1.2.

Монтаж подшипника с натягом производят преимущественно по тому кольцу, которое испытывает циркуляционное нагружение. Наличие зазора между циркуляционно нагруженным кольцом и посадочной поверхностью детали может привести к развальцовыванию и истиранию металла сопряженной детали, что недопустимо. При циркуляционном нагружении колец подшипников посадки на валы и в корпус выбирают по величине интенсивности радиальной нагрузки  $P_r$  на посадочной поверхности, которые подсчитываются по средним значениям посадочных натягов и приведены в табл. 1.3.

Интенсивность радиальной нагрузки рассчитывается по формуле

$$P_r = \frac{F_r}{b} K_1 K_2 K_3 \quad (1.3)$$

где  $F_r$  – радиальная нагрузка на опору;  
 $b$  – рабочая ширина посадочного места, см;  
 $K_I$  – динамический коэффициент посадки (при перегрузке до 150%, умеренных толчках и вибрациях  $K_I = 1$ ; при перегрузке до 300%, сильных ударах и вибрациях  $K_I = 1,8$ );

Таблица 1.2

Рекомендуемые поля допусков валов и отверстий корпусов под подшипники качения с местно нагруженными кольцами

Типы подшипников	Номинальный диаметр, мм	Поля допусков		
		валов (осей)	отверстий в корпусе	
			неразъемные	разъемные
Нагрузка спокойная или с умеренными толчками и вибрацией, перегрузка до 150%				
Все типы, кроме штампованных игольчатых	До 80	$h5, h6, q5,$	$H6, H7$	$H6, H7, H8^*$
	Свыше 80 до 260	$g6, f6, js6$	$G6, G7$	
	Свыше 260 до 500	$f6, js6$		
Нагрузка с ударами и вибрацией, перегрузка до 300%				
Все типы, кроме штампованных игольчатых и роликовых конических двухрядных	До 80	$h5, h6$	$Js6, Js7$	$Js6, Js7$
	Свыше 80 до 260			
	Свыше 260	$g5, g6$	$H6, H7$	
Роликовые конические двухрядные	До 120	$h5, h6$	$H6, H7$	$Js6, Js7$
	Свыше 120	$g5, g6$		
Нагрузка любая				
Игольчатые штампованные	Все размеры	$k5, k6^{**}$ $Js5, js6^{**}$	$K6, K7^{***}$ $Js6, Js7$	$Js6, Js7$ (в стальной стакан)
*Поля допусков $f6$ и $H8$ применять при частоте вращения не более 60% от предельно допустимой.				
**Соединения подшипников с валами $k5, k6, js5, js6$ осуществляют с помощью селективной сборки.				
***Для корпусов из цветного металла.				

Таблица 1.3

## Допустимые нагрузки на посадочные поверхности вала и корпуса

Диаметр $d$ отверстия внутреннего кольца подшипника, мм		Допустимое значение $Pr$ , кгс/см			
		при посадке на вал			
свыше	до	$js5, js6$	$k5, k6$	$m5, m6$	$n5, n6$
18	80	До 300	300-1400	1400-1600	1600-3000
80	180	600	600-2000	2000-2500	2500-4000
180	360	700	700-3000	3000-3500	3500-6000
360	630	900	900-3500	3500-4500	4500-8000
Диаметр $D$ наружно- го кольца, мм		при посадке в корпус			
		свыше	до	$K6, K7$	$M6, M7$
50	80	До 800	800-1000	1000-1300	1300-2500
180	360	1000	1000-1500	1500-2000	2000-3300
360	630	1200	1200-2000	2000-2600	2600-4000
630	1600	1600	1600-2500	2500-3500	3500-5500

$K_2$ — коэффициент (табл. 1.4), учитывающий степень ослабления посадочного натяга при полом вале или тонкостенном корпусе (при сплошном вале  $K_2= 1,0$ );

$K_3$ — коэффициент неравномерности распределения радиальной нагрузки  $F_r$  между рядом роликов в двухрядных конических роликоподшипниках или между сдвоенными шарикоподшипниками при наличии осевой нагрузки  $F_a$  на опору.

$$b = B - 2r,$$

где  $B$  — ширина подшипника;

$r$  — радиус скругления кромок отверстия внутреннего кольца.

Таблица 1.4

Значения коэффициента  $K$ 

$d_{отв}/d$ или $D/D_{корп}$		Значения коэффициента $K$ для			
		Вала			Корпуса
свыше	до	$D/d$ 1,5	$D/d$ (1,5 2,0)	$D/d$ (2 3)	Для всех подшипников
-	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0
0,4	0,7	1,2	1,4	1,6	1,0
0,7	0,8	1,5	1,7	2,0	1,4
0,8	-	2,0	2,3	3,0	1,8

Примечание.:  $D_{корп}$  — диаметр наружной поверхности тонкостенного корпуса;  
 $d_{отв}$  — диаметр отверстия полого вала.

Значения коэффициента  $K$  зависят от соотношения величин  $F_a$  и  $F_r$ ,

$$K_3 = \frac{F_a}{F_r} \operatorname{ctg} \beta \quad (1.4)$$

где  $\beta$  – угол контакта тел качения с дорожками качения наружного кольца.

Для радиальных и радиально-упорных подшипников с одним наружным или внутренним кольцом  $K=1$ . Зависимость между величиной следующая:

$\frac{F_a}{F_r} \operatorname{ctg} \beta$	до 0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-1,0	св. 1,0
$K_3$	1,0	1,2	1,4	1,6	2

По рассчитанной  $P_r$  и размеру кольца в табл. 1.3. находят рекомендуемую посадку. Пример расположения полей допусков колец подшипников качения и соответствующих им полей допусков валов и отверстий корпусов приведены на рис. 1.4.

**ПРИМЕР 1.6.** Выбрать посадку циркуляционно нагруженного внутреннего кольца радиального однорядного подшипника №205 класса точности 6.

Диаметр отверстия внутреннего кольца  $d = 25$  мм, диаметр наружной поверхности наружного кольца  $D = 52$  мм, ширина подшипника  $B = 15$  мм, радиус скругления  $r = 1,5$  мм. Расчетная радиальная реакция опоры  $F_r = 3000$  Н, нагрузка ударная, перегрузка составляет 200%, осевая нагрузка отсутствует.

Динамический коэффициент посадки  $K_1 = 1,8$ , т.к. перегрузка составляет 300%. Коэффициент  $K_2 = 1$ , согласно табл. 1.2. Коэффициент  $K_3 = 1$ , т.к. осевая нагрузка на опору  $F_a = 0$ . Интенсивность нагрузки определим по формуле 1.3.  $P_r = 450$  кН/м.

По табл. 1.3 заданным условиям соответствует поле допуска  $k6$ , образующее с кольцом посадку.

Когда динамический коэффициент  $K$  найти точно затруднительно, посадку можно определить по минимальному натягу между циркуляционно нагруженным кольцом и поверхностью сопрягаемой с



ним детали. Приблизительно минимальный натяг можно определить по формуле

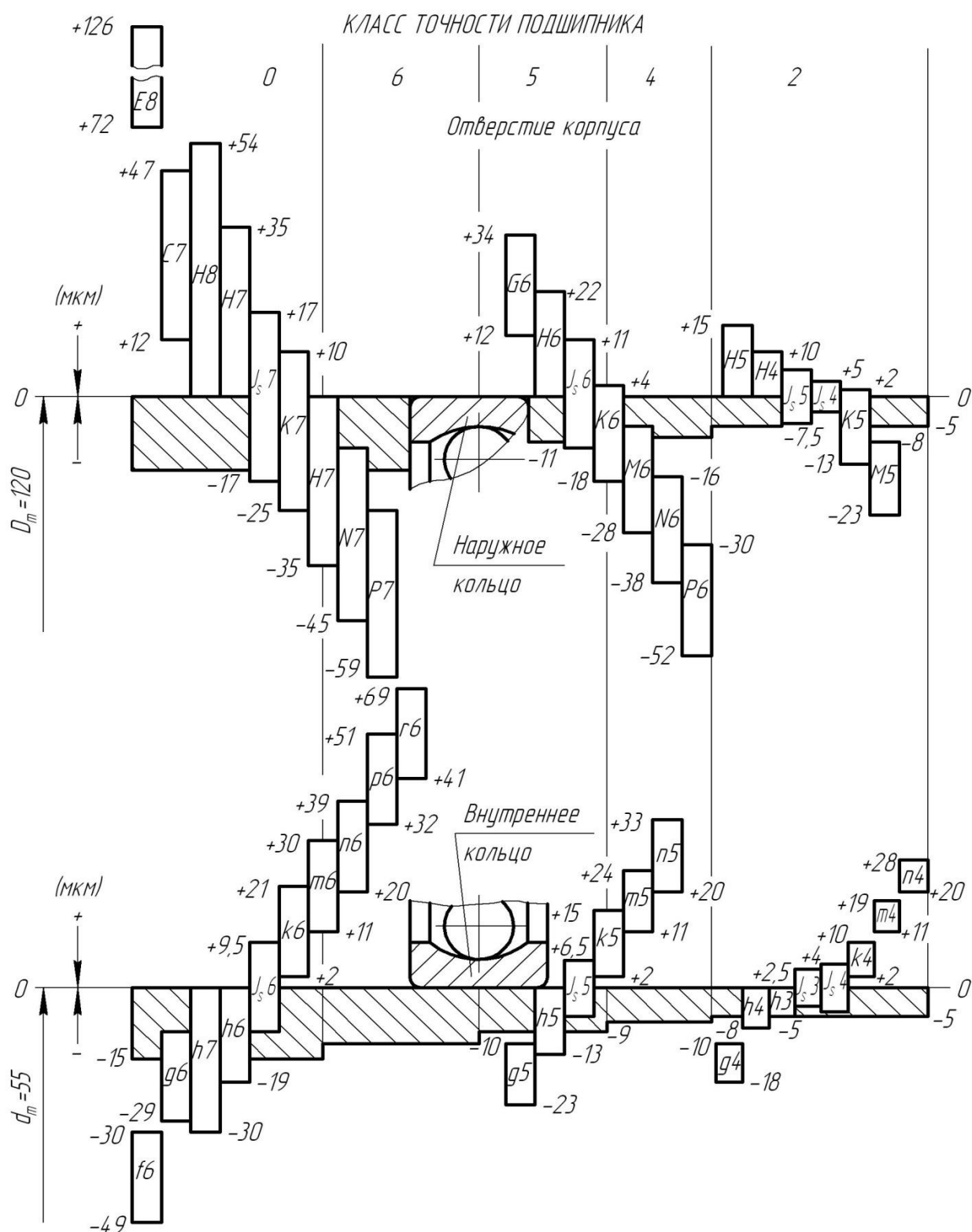


Рис. 1.4. Схема расположения полей допусков на диаметры колец подшипников качения (*KB*- внутреннего; *hB*- наружного), отверстий в корпусах и валов (отклонения в мкм).

$$N_{\min} = \frac{13F_r N'}{10^6 (B - 2r)}, \quad (1.5)$$

где  $F_r$  – радиальная нагрузка;

$N'$  – коэффициент: для легкой серии подшипников  $N' = 2,8$ ;

для средней  $N' = 2,3$ ;

для тяжелой  $N' = 2,0$ .

По найденной величине  $N_{\min}$  выбирают ближайшую посадку. Во избежание разрыва колец подшипника наибольший натяг посадки не должен превышать величину допустимого натяга

$$N_{\text{дон}} = \frac{11,4[\sigma_g]N'd}{(2N'-2)10^3}, \quad (1.6)$$

где  $[\sigma_g]$  – допустимое напряжение на растяжение (для подшипниковой стали  $[\sigma_g] = 400 \text{ МН/м} \approx 40 \text{ кгс/мм}$ ).

При назначении больших натягов необходимо проверять, чтобы после сборки подшипникового узла радиальные зазоры не выходили за допустимые пределы.

## 1.6. Обозначение подшипниковых посадок

Обозначение посадок подшипниковых соединений такое же, как принято в ЕСДП, т.е. в виде дроби, когда в числителе указывают поле допуска отверстия, а в знаменателе – поле допуска вала (рис. 1.5). Одним из полей допусков является поле допуска кольца подшипника.

Обозначение посадки подшипника на вал (в системе отверстия) может иметь вид:

Обозначение посадки подшипника в отверстие корпуса (в системе вала) может иметь вид:

Стандартом допускается, а на производстве этим пользуются, не указывать поле допуска подшипника (рис. 1.5.), так как применение системы отверстия для соединения внутреннего кольца подшипника с валом и системы вала для соединения наружного кольца с отверстием корпуса, является обязательным. Таким образом, на сборочном чертеже допускается в месте посадки указывать только поле допуска размера, который будет обрабатываться по данному чертежу на дан-

ном производстве, и не указывать точность (поле допуска) поверхности подшипника. Такая система многих устраивает, так как является более простой, но существенный недостаток этого обозначения в том, что на чертеже не указывается в явном виде точность используемого подшипника. Однако класс точности подшипника приводится в его обозначении в спецификации к сборочному чертежу.

Обозначения выше приведенных посадок подшипника на вал и в отверстие корпуса будут иметь вид: (рис. 1.5).

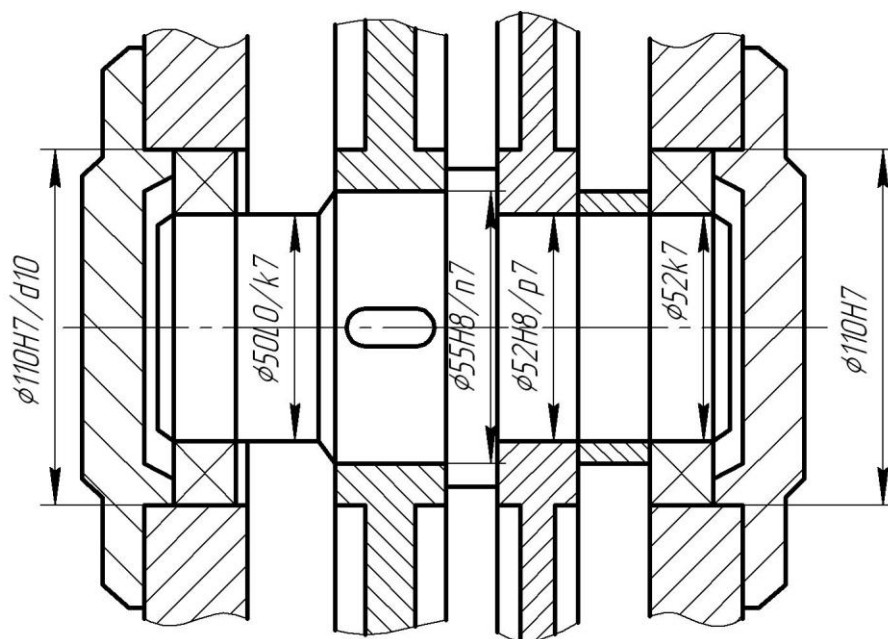


Рис 1.5. Обозначения посадок подшипника на вал и в отверстие корпуса

Обозначения полей допусков деталей, входящих в узел, показанный на рис. 1.5, приведены на рис. 1.6 (за исключением деталей, входящих в правую подшипниковую опору).

Схема расположения полей допусков посадок промежуточного вала редуктора приведена на рис. 1.7.

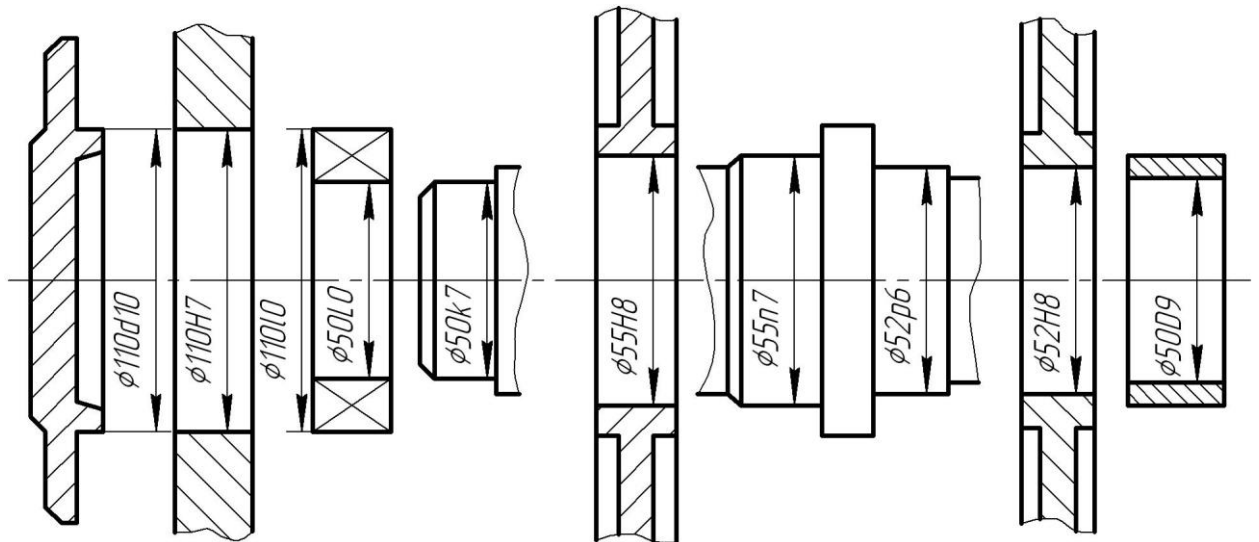


Рис. 1.6 Поля допусков деталей, входящих в узел Г промежуточных валов редуктора

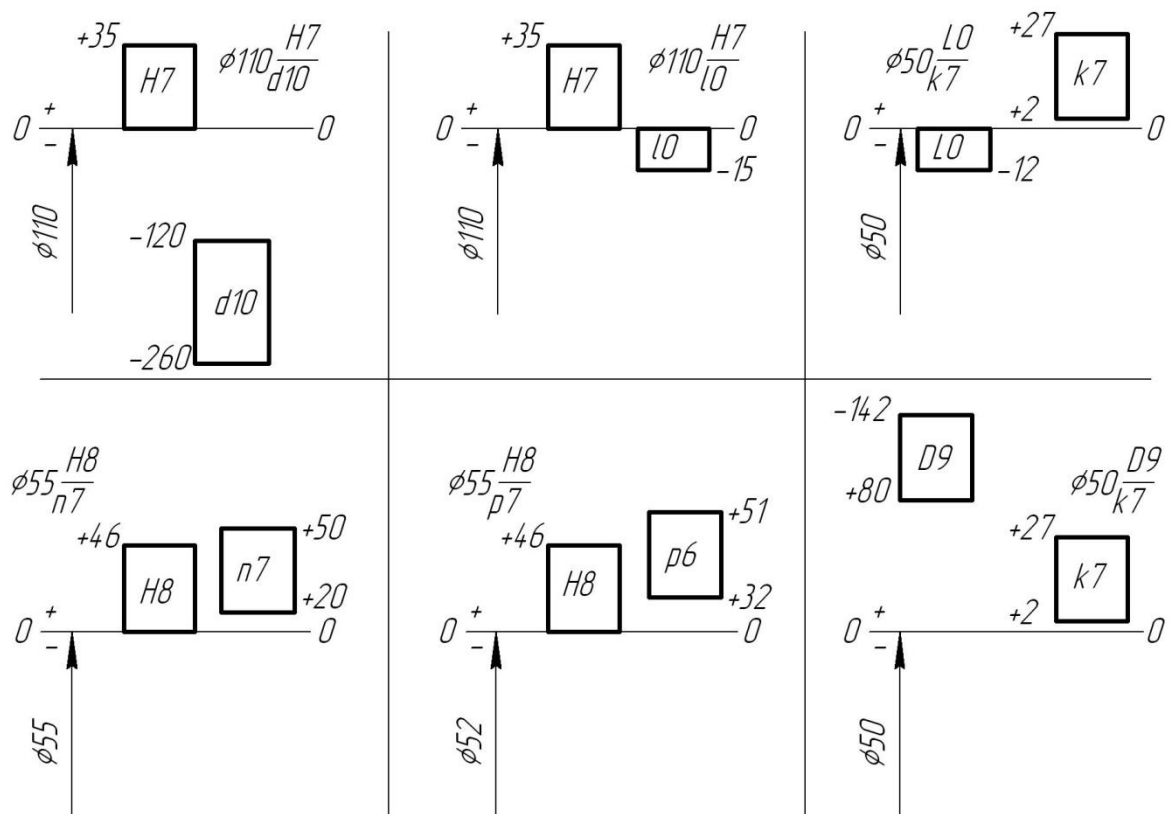


Рис. 1.7. Схема расположения полей допусков посадок промежуточного вала редуктора

## **2. Порядок выполнения работы**

При выполнении лабораторной работы 2 выбор и расчет посадки с натягом аналитическим методом осуществлять в следующей последовательности:

- 1) изучить конструкцию узла и его служебное назначение;
- 2) выбрать подшипниковую посадку;
- 3) рассчитать параметры подшипниковых посадок;

## **3. Контрольные вопросы**

1. Чем система посадок подшипников отличается от системы посадок гладких соединений.

2. Для чего поле допуска внутреннего кольца направлено в «-»?

3. Что такое местное нагружение кольца подшипника?

4. Что такое циркуляционное нагружение кольца подшипника?

5. Что такое колебательное нагружение кольца подшипника.

6. Какие посадки рекомендовано принимать для местно нагруженных колец? Почему?

7. Какие посадки рекомендовано принимать для циркуляционно нагруженных колец? Почему?

8. Как подразделяются подшипники по классу точности.

9. Назовите основные детали подшипника качения.

10. Расшифруйте обозначение подшипника.

11. Расшифруйте обозначения посадок подшипников качения на чертежах.

12. Как соотносится точность посадочных поверхностей с классом точности подшипника?

## **Библиографический список**

1. Емельянов С.Г. Нормирование точности в машиностроении: учебное пособие/ С.Г. Емельянов, Е.А. Кудряшов, Е.И. Яцун, Е.В. Павлов, С.А. Чевычелов, С.А. Сергеев. – Старый Оскол: ТНТ, 2012. – 440 с.

2. Схиртладзе А.Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие. – Старый Оскол : ТНТ, 2010. – 539 с.

3. Палей М.А. Допуски и посадки: Справочник: В 2 ч. Ч. 1/ М.А. Палей, А.Б. Романов, В. А. Брагинский. – 9-е изд., перераб. и доп. –

СПб.: Политехника, 2009. - 530 с.

4. Палей М.А. Допуски и посадки: Справочник: В 2 ч. Ч. 2/М. А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – 9-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 2009. – 629 с.

5. Якушев А. И. и др. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения М.: Машиностроение, 1986.