

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
**Нижекамский химико-технологический институт (филиал)**  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
«Казанский национальный исследовательский  
технологический университет»

**Б.С. Леонтьев, Р.Ф. Галлямов**

# **МЕТРОЛОГИЯ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К КУРСОВЫМ РАБОТАМ**

**Нижекамск  
2011**

**УДК 006**  
**Л 47**

Печатаются по решению редакционно-издательского совета  
Нижекамского химико-технологического института (филиал) ФГБОУ ВПО  
«КНИТУ».

**Рецензенты:**

**Насыров М. Н.**, главный конструктор проектно-конструкторского  
центра ОАО «Нижекамскнефтехим»;

**Латыпов Д. Н.**, кандидат технических наук, доцент.

**Леонтьев, Б. С.**

**Л47** Метрология : методические указания к курсовым работам / Б.С.  
Леонтьев, Р.Ф. Галлямов. – Нижекамск : Нижекамский химико-  
технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2011. – 63 с.

В данной работе представлены методические указания для выполнения  
курсовых работ:

«Посадки гладких цилиндрических соединений»;

«Расчет исполнительных размеров калибров»;

«Выбор посадок подшипников качения»;

«Определение элементов резьбового соединения».

Предназначены для студентов механического факультета всех форм  
обучения, изучающих дисциплину «Метрология, стандартизация,  
сертификация».

Подготовлены на кафедре МАХП НХТИ.

**УДК 006**

© Леонтьев Б. С., Галлямов Р.Ф., 2011

© Нижекамский химико-технологический  
институт (филиал) ФГБОУ ВПО  
«КНИТУ», 2011

## Введение

Одним из главных факторов, влияющих на конкурентоспособность выпускаемой предприятием продукции, является ее качество.

Международная организация по стандартизации определяет качество как совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, которые придают им способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности. Стандарты ИСО серии 9000 установили единый признанный в мире подход к договорным условиям по оценке систем качества, которому соответствует «Государственная система стандартизации Российской Федерации (ГСС)».

В машиностроении создаются и осваиваются новые системы современных, надежных и эффективных машин для комплексной автоматизации производства, что позволило выпускать продукцию высокого качества с наименьшими затратами труда. Большое значение для развития машиностроения имеет организация производства машин и других изделий на основе взаимозаменяемости, создание и применение надежных средств технических измерений и контроля.

Взаимозаменяемость выражается в том, что при сборке узлов, машин и механизмов нет необходимости в подгонке соединяемых деталей и комплектующих изделий, а конечная продукция имеет заданные технические характеристики. Одним из основных условий осуществления взаимозаменяемости является точность деталей, узлов и комплектующих изделий по геометрическим параметрам. К ним относятся точность размеров или нормированные допуски; характер соединения деталей при сборке (посадка); точность формы и расположения поверхностей; шероховатость и волнистость поверхностей.

Взаимозаменяемость обеспечивает:

- гарантированное качество продукции;
- упрощение процесса сборки, который сводится к простому соединению деталей;

- предпосылки к широкой специализации и кооперированию заводов;
- возможность организации поточного производства;
- упрощение ремонта, который сводится к простой замене детали или узла.

Вопросами теории и практики обеспечения единства измерений занимается метрология. Точность размеров, формы и расположения поверхностей, а также шероховатость поверхностей в настоящее время оцениваются долями микрометров (мкм). Поэтому измерение может осуществляться при наличии соответствующих технических средств и отработанной техники проведения измерений. Уровень требуемой точности измерений способна обеспечить стандартизация на международном, региональном и национальном уровне.

Курсовые работы «Посадки гладких цилиндрических соединений», «Расчет исполнительных размеров калибров», «Выбор посадок подшипников качения» и «Определение элементов резьбового соединения» являются составной частью дисциплины «Метрология, стандартизация, сертификация». Они базируются на ЕСДП (единая система допусков и посадок), которая предусматривает посадки в системе отверстия (СА) и в системе вала (СВ). Для построения систем допусков применяют единицу допуска, которую для размеров до 500 мм вычисляют по формуле:

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D$$
, где  $D = \sqrt{D_{\min} \cdot D_{\max}}$  – среднее геометрическое крайних размеров каждого интервала.

Допуск для любого размера определяют по формуле:

$$T = a \cdot i$$

где  $a$  – число единиц допуска, которое зависит от точности посадки (качества) и не зависит от номинального размера.

Таким образом, ряды допусков построены для **каждого диапазона** размеров, которые, в свою очередь, разделены на несколько интервалов. Например, диапазон от 1 до 500 мм содержит 13 интервалов, при этом для

размеров, объединенных в один интервал, значения допусков приняты одинаковыми.

Примечание. В каждом интервале понятие «до» означает включительно.

Допуски и отклонения, устанавливаемые стандартами, относятся к деталям, размеры которых определены при **нормальной температуре**, принятой во всех странах мира равной  $+20^{\circ}\text{C}$ .

Варианты заданий на курсовые работы по дисциплине «Метрология, стандартизация, сертификация» представлены в Приложении 1.

# 1. Курсовая работа №1

## «Посадки гладких цилиндрических соединений»

### 1.1. Общие сведения

Понятия о размерах и отклонениях, допусках и посадках определены ГОСТ 25346–89 «Единая система допусков и посадок» (ЕСДП).

**Номинальный** – это размер, относительно которого определяются предельные размеры и который служит началом отсчета отклонений.

**Действительным** называется размер, полученный в результате измерения с допустимой погрешностью.

**Предельные** – это два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которому может быть равен действительный размер годной детали. Бóльший из них называют наибольшим предельным размером, мёньший – наименьшим предельным размером.

**Предельное отклонение** – это алгебраическая разность между предельным и номинальным размерами. Предельные отклонения подразделяют на верхнее и нижнее.

**Верхнее отклонение**  $ES, es$  – это алгебраическая разность между наибольшим предельным размером и номинальным.

**Нижнее отклонение**  $EI, ei$  – это алгебраическая разность между наименьшим предельным размером и номинальным.

**Допуск**  $T$  – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или алгебраическая разность между верхним и нижним отклонениями (отверстие:  $T = D_{\max} - D_{\min}$  или  $T = ES - EI$ ; вал:  $T = d_{\max} - d_{\min}$  или  $T = es - ei$ ).

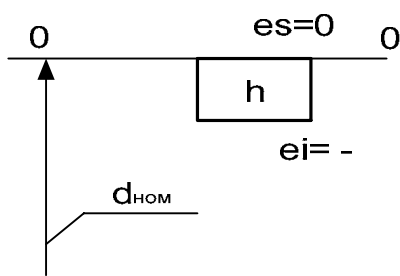
**Поле допуска** – это поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. При графическом изображении поле допуска заключено между двумя линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям относительно нулевой линии.

**Нулевая линия** – это линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладываются отклонения размеров при графическом изображении допусков и посадок. При горизонтальном расположении нулевой линии положительные отклонения откладываются вверх от нее, а отрицательные – вниз. При этом ось изделия всегда располагают под схемой. Нулевая линия отмечена цифрой 0.

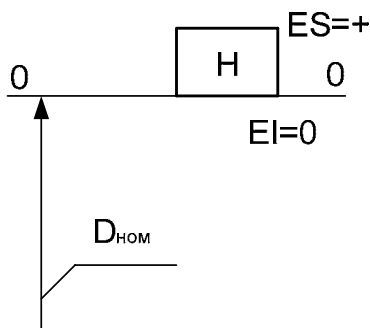
**Вал** – термин, применяемый для обозначения наружных (охватываемых) поверхностей деталей.

**Отверстие** – термин, применяемый для обозначения внутренних (охватывающих) поверхностей деталей.

**Основной вал** – это вал, верхнее отклонение которого равно 0 ( $es = 0$ ).



**Основное отверстие** – это отверстие, нижнее отклонение которого равно 0 ( $EI = 0$ ).



**Посадкой** называют характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов. Посадка характеризует свободу относительного перемещения соединяемых деталей или степень сопротивления их взаимному смещению. В зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия и вала посадка может быть: с зазором, с натягом или переходная.

**Зазор  $S$**  – разность размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала. Наибольший, наименьший и средний зазоры определяют по формулам:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei;$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es;$$

$$S_m = 0,5(S_{\max} + S_{\min}).$$

**Натяг  $N$**  – разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия. Наибольший, наименьший и средний натяги определяют по формулам:

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI;$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES;$$

$$N_m = 0,5(N_{\max} + N_{\min}).$$

**Посадка с зазором** – посадка, при которой в соединении обеспечивается зазор: поле допуска отверстия находится над полем допуска вала, и между ними имеется просвет. Посадка  $H/h$  также относится к числу посадок с зазором, хотя поля допусков соприкасаются друг с другом по нулевой линии.

**Посадка с натягом** – посадка, при которой в соединении обеспечивается натяг: поле допуска отверстия находится под полем допуска вала, и между ними имеется просвет.

**Переходная посадка** – посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга: поля допусков отверстия и вала перекрываются



частично или полностью, при этом всегда выполняются соотношения

$$D_{\max} > d_{\min} \text{ и } d_{\max} > D_{\min} .$$

Посадки обозначаются буквами латинского алфавита, приведенными в таблице 1.1.

Единая система допусков и посадок (ЕСДП) предусматривает посадки в системе отверстия (СА) и посадки в системе вала (СВ).

Таблица 1.1

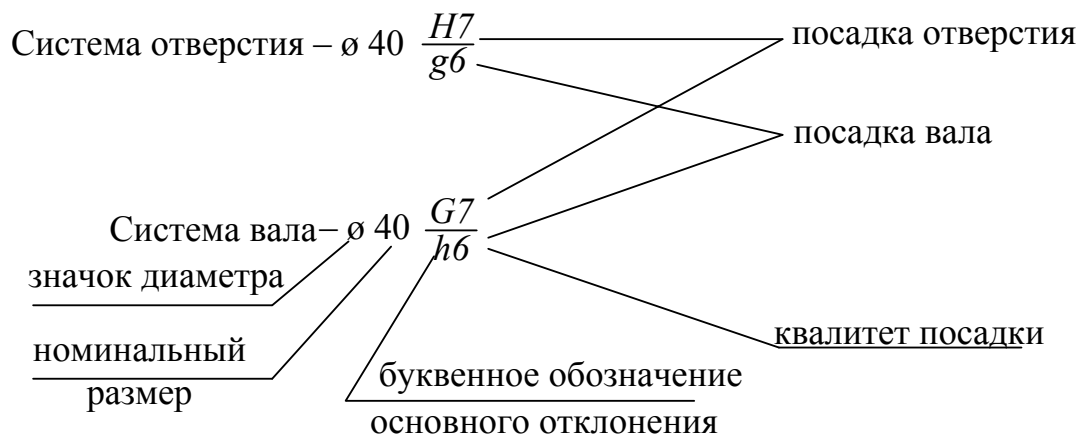
Буква лат. алфавита	Русская транс-ция	Буква лат. алфавита	Русская транс-ция	Буква лат. алфавита	Русская транс-ция
<i>A(a)</i>	а	<i>H(h)</i>	аш	<i>R(r)</i>	эр
<i>B(b)</i>	бэ	<i>I(i)</i>	и	<i>S(s)</i>	эс
<i>C(c)</i>	цэ	<i>J(j)</i>	йот	<i>T(t)</i>	тэ
<i>D(d)</i>	дэ	<i>K(k)</i>	ка	<i>U(u)</i>	у
<i>E(e)</i>	е	<i>M(m)</i>	эм	<i>X(x)</i>	икс
<i>F(f)</i>	эф	<i>N(n)</i>	эн	<i>Z(z)</i>	зэт
<i>G(g)</i>	жэ	<i>P(p)</i>	пэ	<i>L(l)</i>	эль

**Посадки в системе отверстия** – это посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных валов с основным отверстием, обозначаемым буквой *H*.

**Посадки в системе вала** – это посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных отверстий с основным валом, обозначаемым буквой *h*.

Посадка соединения обозначается дробью, в числителе которой располагается посадка отверстия, а в знаменателе – посадка вала, при этом для обозначения посадки отверстия применяется заглавная буква, а для вала – строчная буква. Качество посадки отверстия или вала, выражающий ее точность, располагается после буквенного обозначения посадки (см. пример).

### Пример обозначения посадки соединения:



Посадки от  $A(a)$  до  $H(h)$  в системе отверстия и в системе вала образуют соединения с зазором; посадки от  $I(i)$  до  $N(n)$  – переходные посадки; посадки от  $P(p)$  до  $Z(z)$  образуют соединения с натягом.

При анализе посадки соединения в первую очередь определяют, в какой системе (отверстия или вала) она выполнена. Если в обозначении посадки отверстия присутствует буква  $H$ , а посадка вала обозначена любой буквой, кроме  $h$ , то посадка соединения выполнена в системе отверстия. Если в обозначении посадки вала присутствует буква  $h$ , а посадка отверстия обозначена любой буквой, кроме  $H$ , то посадка соединения выполнена в системе вала. Для посадки  $H/h$  правильными будут оба решения, но предпочтение следует отдать системе отверстия.

Примечание. Основное отверстие  $H$  открывает таблицы предельных отклонений в системе отверстия, а основной вал  $h$  – таблицы предельных отклонений в системе вала. Поэтому для посадки  $H/h$  определение системы не является обязательным.

При дальнейшем анализе посадки соединения определяют характер соединения деталей: посадка с зазором, переходная посадка, посадка с натягом.

Для определения предельных отклонений отверстий и валов используют таблицы справочника «Допуски и посадки», часть 1, которые построены по следующему принципу.

**Предельные отклонения в системе отверстия** при размерах до 500 мм:

**первая таблица** [3, с. 79] – предельные отклонения основных отверстий;

**вторая таблица** [3, с. 80] – предельные отклонения валов для посадок с зазором;

**третья таблица** [3, с. 89] – предельные отклонения валов для переходных посадок;

**четвертая таблица** [3, с. 92] – предельные отклонения валов для посадок с натягом.

**Предельные отклонения в системе вала** при размерах до 500 мм:

**первая таблица** [3, с. 113] – предельные отклонения основных валов;

**вторая таблица** [3, с. 114] – предельные отклонения отверстий для посадок с зазором;

**третья таблица** [3, с. 124] – предельные отклонения отверстий для переходных посадок;

**четвертая таблица** [3, с. 128] – предельные отклонения отверстий для посадок с натягом.

Примечание: Для удобства пользования таблицы справочника «Допуски и посадки», Мягков В.В, часть 1 [3], выделены в отдельный сборник, в котором сохранена нумерация таблиц и страниц справочника: «Таблицы №1. Предельные отклонения отверстий и валов»[4].

## 1.2. Порядок выполнения курсовой работы

1.2.1. **Определите**, в какой системе (отверстия или вала) выполнена посадка.

1.2.2. **Найдите** предельные отклонения размеров отверстия и вала, *мкм*.

Отверстие:  $ES =$                        $EI =$

Вал:                       $es =$                        $ei =$

**Изобразите** схему расположения полей допусков отверстия и вала для данной посадки.

1.2.3. По схеме окончательно **определите** характер посадки данного соединения: с зазором, с натягом, переходная посадка.

1.2.4. **Определите**, *мкм*:

– максимальный и минимальный зазор, если посадка с зазором

$$S_{\max} = ES - ei; \quad S_{\min} = EI - es;$$

– максимальный и минимальный натяг, если посадка с натягом

$$N_{\max} = es - EI; \quad N_{\min} = ei - ES;$$

– максимальный зазор и максимальный натяг, если посадка переходная

$$S_{\max} = ES - ei; \quad N_{\max} = es - EI;$$

Примечание. Величина зазора или натяга не может быть отрицательной по определению.

1.2.5. **Определите** наибольший и наименьший предельные значения размеров отверстия и вала, *мм*.

Отверстие:  $D_{\max} = D_{\text{ном}} + ES$

$$D_{\min} = D_{\text{ном}} + EI$$

Вал:  $d_{\max} = d_{\text{ном}} + es$

$$d_{\min} = d_{\text{ном}} + ei$$

Примечание.  $D_{\text{ном}} = d_{\text{ном}}$

## 2. Курсовая работа №2

### «Расчет исполнительных размеров калибров»

#### 2.1. Общие сведения

Годность деталей с допуском от  $IT6$  до  $IT17$ , особенно при массовом и крупносерийном производстве, наиболее часто проверяют предельными калибрами: размеры гладких цилиндрических, конусных, резьбовых и шлицевых деталей; глубин и высот выступов; расположение поверхностей и другие параметры.

Комплект рабочих предельных калибров для контроля размеров деталей состоит из проходного калибра ПР и непроходного калибра НЕ. ПР контролирует предельный размер, соответствующий максимуму материала проверяемого объекта. НЕ контролирует предельный размер, соответствующий минимуму материала (рис.2.1).

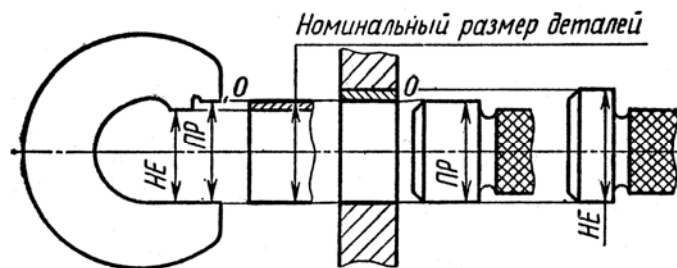


Рис.2.1. Схема для выбора номинальных размеров предельных гладких калибров

С помощью предельных калибров определяют не числовое значение контролируемых параметров, а находятся ли они между двумя допустимыми пределами. Деталь считается годной, если ПР проходит под действием собственного веса или равного ему усилия, а НЕ не проходит по контролируемой поверхности. Если проходной калибр не проходит, то деталь является исправимым браком; если непроходной калибр проходит, то деталь является неисправимым браком.

Рабочие калибры ПР и НЕ предназначены для контроля изделий в процессе их изготовления. Этими калибрами пользуются рабочие и

контролеры ОТК завода-изготовителя, причем в последнем случае применяют частично изношенные калибры ПР и новые калибры НЕ.

Для установки регулируемых калибров-скоб и контроля нерегулируемых калибров-скоб применяют контрольные калибры (К-И, К-ПР, К-НЕ). Несмотря на малый допуск контрольных калибров, они все же искажают установленные поля допусков на изготовление и износ рабочих калибров, поэтому контрольные калибры по возможности применять не следует. Целесообразно, особенно в мелкосерийном производстве, заменять контрольные калибры концевыми мерами или использовать универсальные измерительные приборы.

Валы и отверстия с допуском  $IT5$  и точнее не рекомендуется проверять калибрами, так как они вносят большую погрешность измерения. Такие детали проверяют универсальными измерительными средствами.

Для контроля валов используют главным образом скобы. Наиболее распространены односторонние двухпредельные скобы (рис.2.1). Применяют также регулируемые скобы, которые можно настраивать на разные размеры, что позволяет компенсировать износ и использовать одну скобу для измерения размеров, лежащих в определенном интервале. Регулируемые скобы по сравнению с жесткими имеют меньшую точность и надежность, поэтому их чаще применяют для контроля изделий качества 8 и грубее.

Основные конструкции калибров-пробок для контроля отверстий определены ГОСТ 14807-14827-69.

При конструировании предельных калибров для гладких, резьбовых и других деталей следует соблюдать принцип подобия Тейлора, согласно которому проходные калибры по форме должны являться прототипом сопрягаемой детали с длиной, равной длине соединения, и контролировать размеры по всей его длине с учетом погрешностей формы деталей. Непроходные калибры должны иметь малую измерительную длину и контакт, приближающийся к точечному, чтобы проверять только собственно размер детали.

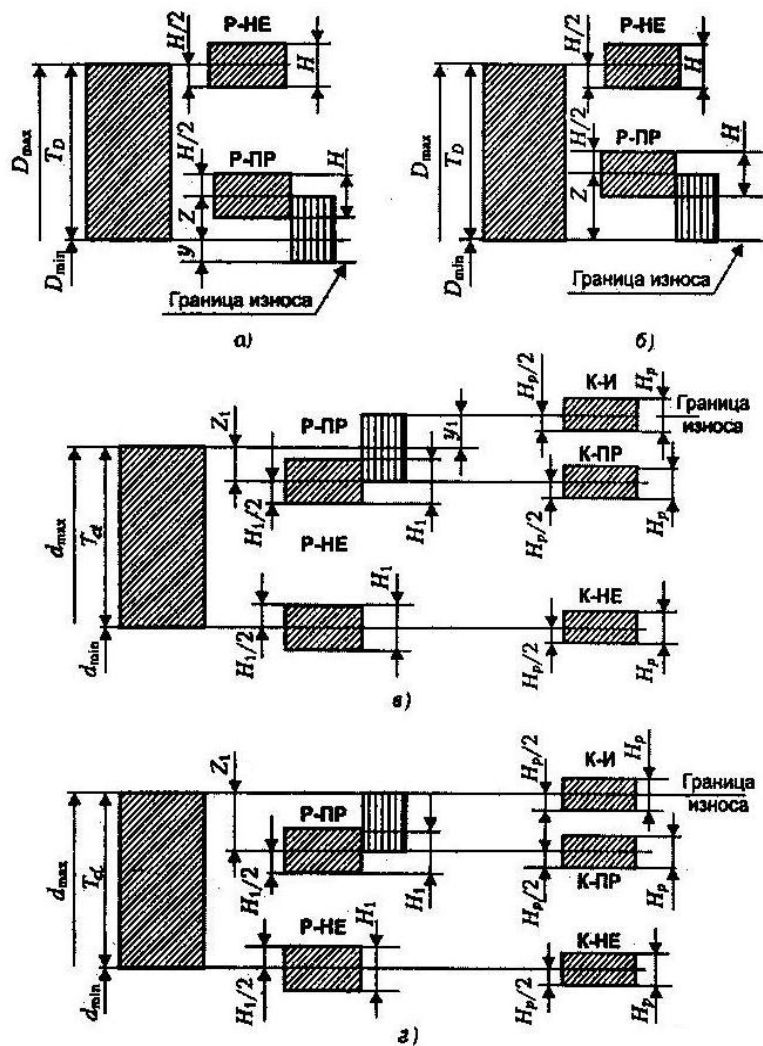


Рис.2.2. Схемы расположения допусков калибров для номинальных размеров до 180 мм: а – для отверстий IT6–IT8; б – для отверстий IT9–IT17; в – для валов IT6–IT8; г – для валов IT9–IT17.

### Допуски калибров

Схемы расположения полей допусков калибров приведены на рис.2.2 и 2.3 со следующими обозначениями:

$d(D)$ – номинальный размер изделия;

$d_{\min}(D_{\min})$ – наименьший предельный размер изделия;

$d_{\max}(D_{\max})$ – наибольший предельный размер изделия;

$T$ – допуск изделия.

По ГОСТ 24853-81 на гладкие калибры установлены следующие допуски на изготовление:

$H$  – допуск на изготовление калибров для отверстия (за исключением калибров со сферическими измерительными поверхностями);

$H_s$  – допуск на изготовление калибров со сферическими измерительными поверхностями для отверстия;

$H_1$  – допуск на изготовление калибров для вала;

$H_p$  – допуск на изготовление контрольных калибров для скобы;

$Z$  – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для отверстия относительно наименьшего предельного размера изделия;

$Z_1$  – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для вала относительно наибольшего предельного размера изделия;

$U$  – допустимый выход размера изношенного проходного калибра для отверстия за границу поля допуска изделия;

$U_1$  – допустимый выход размера изношенного проходного калибра для вала за границу поля допуска изделия;

$\alpha$  – величина для компенсации погрешности контроля калибрами отверстий с размерами св.180 мм;

$\alpha_1$  – величина для компенсации погрешности контроля калибрами валов с размерами св.180 мм.

Для проходных калибров, которые в процессе контроля изнашиваются, кроме допуска на изготовление, предусматривается допуск на износ.

Для размеров до 500 мм износ калибров ПР с допуском до IT8 включительно может выходить за границу поля допуска детали на величину  $U$  для пробок и  $U_1$  для скоб (рис.2.2.а и в); для калибров ПР с допуском от IT9 до IT17 износ ограничивается проходным пределом, т.е.  $U = 0, U_1 = 0$  (рис.2.2.б и г).

Для всех проходных калибров поля допусков  $H(H_s)$  и  $H_1$  сдвинуты внутрь поля допуска изделия на величину  $Z$  для калибров-пробок и  $Z_1$  – для калибров-скоб.



При номинальных размерах свыше 180 мм поле допуска непроходного калибра также сдвигается внутрь поля допуска детали на величину  $\alpha$  для пробок и  $\alpha_1$  для скоб, создавая так называемую зону безопасности (рис. 2.3).

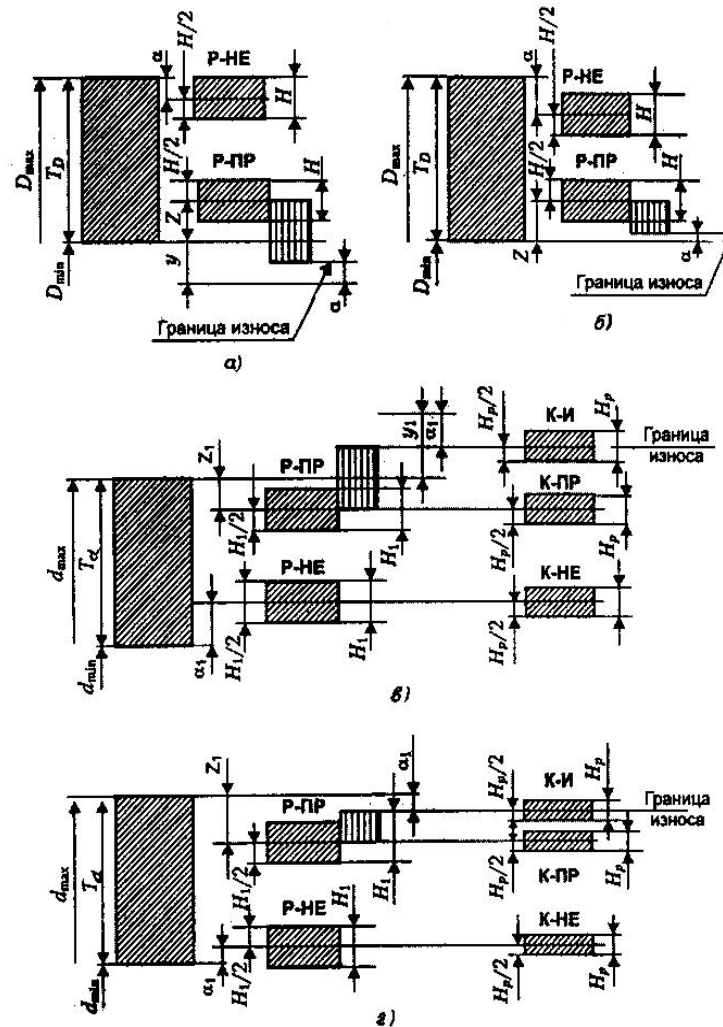


Рис.2.3. Схемы расположения допусков калибров для номинальных размеров св. 180 до 500 мм: а – для отверстий IT6 – IT8; б – для отверстий IT9 – IT17; в – для валов IT6 – IT8; г – для валов IT9 – IT17

Поле допуска калибров НЕ для размеров до 180 мм симметрично относительно верхнего отклонения детали для пробок и относительно нижнего – для скоб, т.е.  $\alpha = 0$  и  $\alpha_1 = 0$  (рис. 2.2).

Сдвиг полей допусков калибров и границ износа их проходных сторон внутрь поля допуска детали позволяет устранить возможность искажения характера посадок и гарантировать получение размеров годных деталей в пределах установленных полей допусков.

По ГОСТ 25346-89 все элементы деталей разделяются на три группы: валы, отверстия и элементы, не относящиеся ни к валам, ни к отверстиям. Размеры высоты и глубины относятся к третьей группе. На них могут назначаться любые поля допусков, но, как правило, для них назначаются квалитеты не точнее  $11^{го}$  и чаще симметричные поля допусков.

Контроль размеров высоты и глубины можно производить универсальными измерительными средствами либо двухпредельными калибрами. Конструкция, размеры и допуски калибров для контроля высоты и глубины устанавливает ГОСТ 2534-77 «Калибры предельные для глубин и высот уступов. Допуски».

Гладкие конические детали с допусками диаметров от  $IT4$  до  $IT12$ , степенями точности допусков углов конусов от 4 до 9 и конусностью от 1:3 до 1:50 контролируют конусными калибрами по ГОСТ 24932-81.

#### **Расчет исполнительных размеров калибров.**

Исполнительными называют предельные размеры калибра, по которым изготавливают новый калибр. Они должны иметь допуск в виде одного отклонения, направленного в тело калибра, т.е. как для основного отверстия  $H$  (для калибров-скоб) и основного вала  $h$  (для калибров-пробок). Поэтому исполнительный размер на чертеже скобы проставляют как наименьший предельный размер с положительным отклонением, на чертеже пробки и контрольного калибра – как наибольший предельный размер с отрицательным отклонением. Исполнительные размеры калибров определяют по формулам, приведенным в ГОСТ 24853-81.

Примечание. Для определения предельных отклонений отверстий и валов используют «Таблицы №1» [4], а для определения предельных отклонений калибров – «Таблицы №2» [5].

## 2.2. Порядок выполнения курсовой работы

### 2.2.1. Определить размеры калибров-скоб для отверстия $\text{Ø} 80\text{E}9$ .

Анализируя посадку отверстия, устанавливаем, что отверстие неосновное, то есть его посадка выполнена в системе вала и относится к числу посадок с зазором (от  $A$  до  $H$ ).

По таблицам №1 «Предельные отклонения отверстий и валов» по второй таблице в системе вала [4, с. 121] находим предельные отклонения,  $\text{мкм}$ :

$$ES = +134; \quad EI = +60.$$

Определяем наибольший и наименьший размеры отверстия,  $\text{мм}$ :

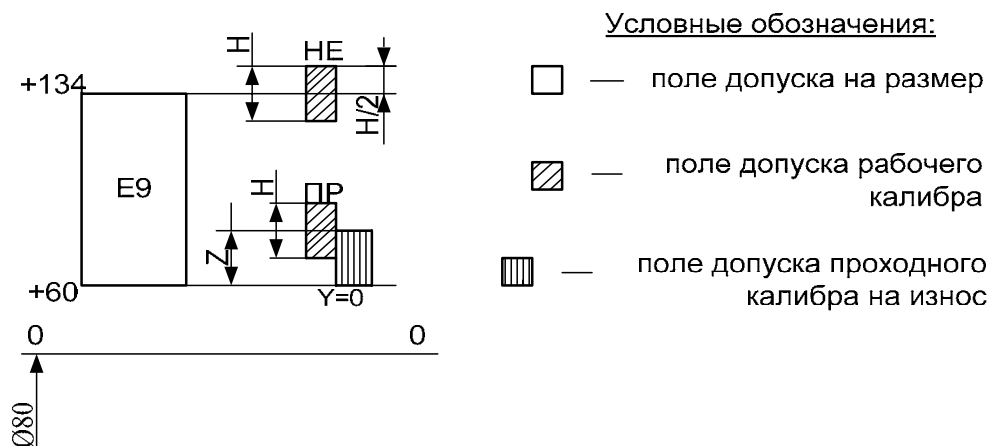
$$D_{\max} = D_{\text{ном}} + ES = 80 + 0,134 = 80,134;$$

$$D_{\min} = D_{\text{ном}} + EI = 80 + 0,060 = 80,06.$$

По таблицам №2 «Допуски и отклонения гладких калибров» [5, с.266] для качества 9 и интервала размеров св. 50 до 80 мм находим данные для расчета размеров калибров,  $\text{мкм}$ :

$$Z = 13; Y = 0; H = 5.$$

#### Схема расположения полей допусков



**Наибольший размер проходного нового калибра-пробки,  $\text{мм}$ :**

$$\text{ПР}_{\max} = D_{\min} + Z + H/2 = 80,06 + 0,013 + 0,0025 = 80,0755$$

Принимаем рассчитанную величину за номинал основного вала, у которого  $es = 0$ ,  $ei = -(H) = -0,005$  мм. Тогда размер калибра ПР, проставляемый на чертеже, мм:  $80,0755_{-0,005}$ .

Исполнительные размеры, мм:

наибольший 80,0755;

наименьший 80,0705.

**Наименьший размер изношенного проходного калибра-пробки, мм:**

$ПР_{изнош} = D_{min} - Y = 80,06 - 0 = 80,06$ . Если калибр ПР имеет указанный размер, его нужно изъять из эксплуатации.

**Наибольший размер непроходного нового калибра-пробки, мм:**

$$HE_{max} = D_{max} + H/2 = 80,134 + 0,0025 = 80,1365.$$

Как и в случае с калибром ПР, принимаем рассчитанную величину калибра HE за номинал основного вала, у которого  $es = 0$ ,  $ei = -(H) = -0,005$  мм. Размер калибра HE, проставляемый на чертеже, мм:  $80,1365_{-0,005}$ .

Исполнительные размеры, мм:

наибольший 80,1365;

наименьший 80,1315.

### **2.2.2. Определить размеры рабочих калибров-скоб и контрольных калибров-пробок для вала $\varnothing 70k7$ .**

Анализируем посадку вала: вал неосновной, его посадка выполнена в системе отверстия и относится к числу переходных посадок (от  $i$  до  $n$ ).

По таблицам № 1 «Предельные отклонения отверстий и валов» по третьей таблице в системе отверстия [4, с. 91] находим предельные отклонения, мкм:

$$es = +32; ei = +2.$$

Определяем наибольший и наименьший размеры вала, мм:

$$d_{max} = d_{ном} + es = 70 + 0,032 = 70,032;$$

$$d_{min} = d_{ном} + ei = 70 + 0,002 = 70,002.$$

По таблицам № 2 «Допуски и отклонения гладких калибров» [5, стр. 266] для качества 7 и интервала размеров св. 50 до 80 мм находим данные для расчета размеров калибров, *мкм*:  $Z_1 = 4$ ;  $Y_1 = 3$ ;  $H_1 = 5$ ;  $H_p = 2$ .

**Наименьший размер проходного нового калибра-скобы, мм:**

$$ПР_{\min} = d_{\max} - Z_1 - H_1/2 = 70,032 - 0,004 - 0,0025 = 70,0255.$$

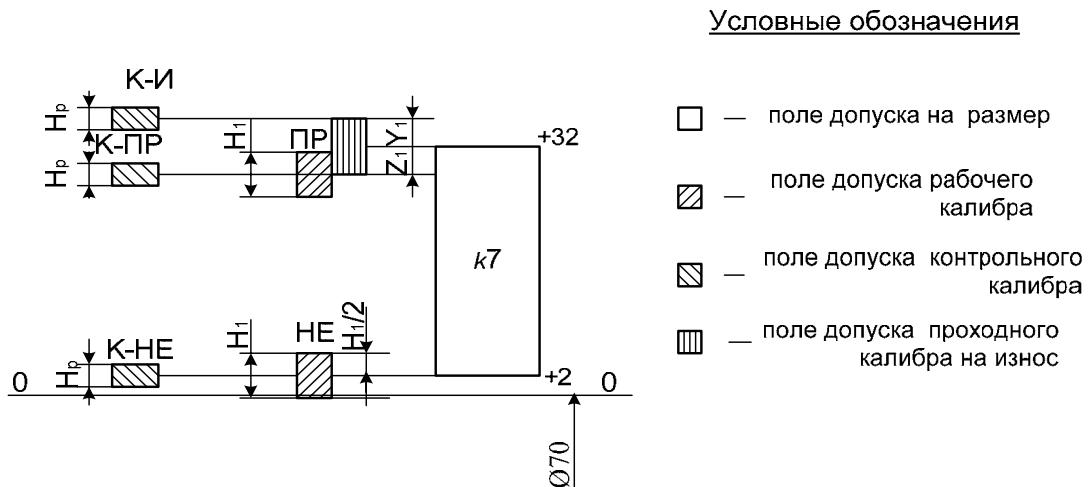
Принимаем рассчитанную величину за номинал основного отверстия, у которого  $ES = +(H_1) = +0,005 \text{ мм}$ ,  $EI = 0$ . Тогда размер калибра ПР, проставляемый на чертеже, *мм*:  $70,0255^{+0,005}$ .

Исполнительные размеры, *мм*:

наименьший 70,0255;

наибольший 70,0305.

### Схема расположения полей допусков



**Наибольший размер изношенного проходного калибра-скобы, мм:**  $ПР_{\text{изнош}} = d_{\max} + Y_1 = 70,032 + 0,003 = 70,035$ . Если калибр ПР имеет указанный размер, его нужно изъять из эксплуатации.

**Наименьший размер непроходного нового калибра-скобы, мм:**

$$НЕ_{\min} = d_{\min} - H_{1/2} = 70,002 - 0,0025 = 69,9995.$$

Аналогично калибру ПР принимаем рассчитанную величину калибра НЕ за номинал основного отверстия, у которого  $ES = +(H_1) = +0,005 \text{ мм}$ ,  $EI = 0$ . Размер калибра НЕ, проставляемый на чертеже, мм:  $69,9995^{+0,005}$ .

Исполнительные размеры, мм:

наименьший 69,9995;

наибольший 70,0045.

**Размеры контрольных калибров, мм:**

$$K - \text{ПР}_{\max} = d_{\max} - Z_1 + H_p/2 = 70,032 - 0,004 + 0,001 = 70,029.$$

Размер калибра, проставляемый на чертеже, мм:  $70,029_{-0,002}$ .

$$K - \text{НЕ}_{\max} = d_{\min} + H_p/2 = 70,002 + 0,001 = 70,003.$$

Размер калибра, проставляемый на чертеже, мм:  $70,003_{-0,002}$ .

$$K - \text{И}_{\max} = d_{\max} + Y_1 + H_p/2 = 70,032 + 0,003 + 0,001 = 70,036.$$

Размер калибра, проставляемый на чертеже, мм:  $70,036_{-0,002}$ .

Примечание. Поля допусков контрольных калибров К-ПР и К-НЕ строятся относительно середины поля допуска соответствующего рабочего калибра. Поле допуска калибра К-И строится относительно границы поля допуска проходного калибра на износ.

### 3. Курсовая работа №3

#### «Выбор посадок подшипников качения»

##### 3.1. Общие сведения

Подшипники качения – наиболее распространенные стандартные сборочные единицы, изготавливаемые на специализированных заводах. Они обладают полной взаимозаменяемостью по наружному ( $D$ ) и внутреннему ( $d$ ) диаметрам и неполной взаимозаменяемостью между телами качения и кольцами. Вследствие малых допусков зазоров и малой допускаемой разноразмерности комплекта тел качения кольца подшипников и тела качения подбирают селективным методом.

Термины и определения, установленные ГОСТ 25256-82 в области допусков на подшипники качения, их детали и отдельные элементы, обязательны для применения в документации и во всех видах научно-технической, учебной и справочной литературы.

Основные присоединительные размеры подшипников качения, по которым они монтируются на валах (осях) и в корпусах (корпусных деталях) машин и приборов, установлены ГОСТ 520 –89:

$d$  – диаметр отверстия внутреннего кольца радиальных и радиально-упорных подшипников или тугого кольца одинарных упорных подшипников;

$$d_m = \frac{d_{\min} + d_{\max}}{2} \text{ – средний диаметр отверстия внутреннего кольца, где}$$

$d_{\min}$  и  $d_{\max}$  – наименьшее и наибольшее значения диаметра  $d$ , определенные двухточечным измерением в одной радиальной плоскости (перпендикулярной оси);

$d_1$  – диаметр отверстия тугого кольца двойных упорных подшипников;

$D$  – наружный диаметр наружного кольца радиальных и радиально-упорных подшипников или свободного кольца упорных подшипников;

$$D_m = \frac{D_{\min} + D_{\max}}{2} \text{ – средний наружный диаметр наружного кольца, где}$$

$D_{\min}$  и  $D_{\max}$  – наименьшее и наибольшее значения диаметра  $D$ , определенные

двухточечным измерением в одной радиальной плоскости (перпендикулярной оси).

### **Классы точности подшипников качения**

Качество подшипников при прочих равных условиях определяется:

1) точностью присоединительных размеров и ширины колец, а для роликовых радиально-упорных подшипников еще и точностью монтажной высоты; точностью формы и взаимного расположения поверхностей колец подшипников и их шероховатости; точностью формы и размеров тел качения в одном подшипнике и шероховатостью их поверхностей;

2) точностью вращения, характеризуемой радиальным и осевым биением дорожек качения и торцов колец.

По ГОСТ 520-89 установлены девять классов точности, обозначаемых в порядке ее возрастания: 8, 7, 0, 6X, 6, 5, 4, 2, Т. Подшипники классов точности 8 и 7 изготавливаются по заказу потребителя.

В зависимости от требований по уровню вибрации, волнистости и отклонений по круглости поверхности качения устанавливаются три категории А, В, С.

**Категория А** включает классы точности 5, 4, 2, Т и дополнительно регламентирует: момент трения, угол контакта, осевое и радиальное биение.

**Категория В** включает классы точности 0, 6X, 6, 5 с дополнительными требованиями по моменту трения; углу контакта; осевому и радиальному биению, соответствующему следующему более точному классу точности.

**Категория С** включает классы точности 8, 7, 0, 6, к которым не предъявляются требования по уровню вибрации, моменту трения и др.

### **Условные обозначения подшипников**

Система условных обозначений шарико- и роликоподшипников установлена ГОСТ 3189-89. Основное условное обозначение включает в себя семь цифр (рис.3.1).

В условном обозначении две первые цифры, считая справа, обозначают внутренний диаметр подшипника, деленный на 5 (для подшипников с



внутренним диаметром от 20 до 495 мм). Третья цифра справа совместно с седьмой обозначает серию подшипников всех диаметров, кроме малых (до 9 мм).



Рис.3.1. Схема условного обозначения подшипника

Основная из особо легких серий обозначается цифрой 1; легкая – 2; средняя – 3; тяжелая 4; легкая широкая – 5; средняя широкая – 6 и т.д.

Четвертая цифра справа обозначает тип подшипника: 0 – радиальный шариковый однорядный (этот ноль, стоящий левее последней значащей цифры, отбрасывают, что позволяет сократить обозначения для часто употребляемых подшипников); 1 – радиальный шариковый двухрядный сферический; 2 – радиальный с короткими цилиндрическими роликами; 3 – радиальный роликовый двухрядный сферический; 4 – роликовый с длинными цилиндрическими роликами или иглами; 5 – роликовый с витыми роликами; 6 – радиально-упорный шариковый; 7 – роликовый конический; 8 – упорный шариковый; 9 – упорный роликовый.

Пятая или пятая и шестая цифры справа вводятся не для всех подшипников и обозначают их конструктивные особенности (например, угол контакта шариков в радиально-упорных подшипниках).

**Пример** условного обозначения подшипника роликового двухрядного с короткими цилиндрическими роликами типа 182000 (с коническим отверстием внутреннего кольца, с бортами на внутреннем кольце), серии диаметров 1, серии ширин 3 с  $d = 100\text{мм}$ ,  $D = 150\text{мм}$ ,  $B = 37\text{мм}$ :

«Подшипник 3182120 ГОСТ 7634-75».

**Пример** условного обозначения подшипника с учетом его точности. Подшипник обозначен **A125-205**, где А – категория; 1– ряд момента трения; 2 – группа радиального зазора; 5 – класс точности; подшипник шариковый радиальный однорядный; легкая серия; внутренний диаметр  $d = 25\text{мм}$ . В обозначении А25-205 нет требований по моменту трения; в обозначении А5-205 нет требований по моменту трения и по радиальному зазору.

#### **Допуски и посадки подшипников качения**

Для сокращения номенклатуры подшипники изготавливаются с отклонениями размеров внутреннего и наружного диаметров, не зависящими от посадки, по которой их будут монтировать. Для всех классов точности верхнее отклонение присоединительных диаметров принято **равным нулю**. Таким образом, диаметр наружного кольца  $D_m$  принят за диаметр основного вала, а диаметр внутреннего кольца  $d_m$  – за диаметр основного отверстия, и, следовательно, посадку соединения наружного кольца с корпусом назначают в системе вала, а посадку соединения внутреннего кольца с валом – в системе отверстия. Однако поле допуска на диаметр отверстия внутреннего кольца расположено в «минус» от номинального размера (вниз от нулевой линии), а не в «плюс», как у обычного основного отверстия (рис.3.2). При таком перевернутом расположении поля допуска отверстия внутреннего кольца при посадках вала  $n$ ,  $m$ ,  $k$  с квалитетами 6, 5, 4 в соединении получается небольшой гарантированный натяг. Посадки с большими натягами не применяют из-за тонкостенной конструкции колец подшипников и трудности получения в них

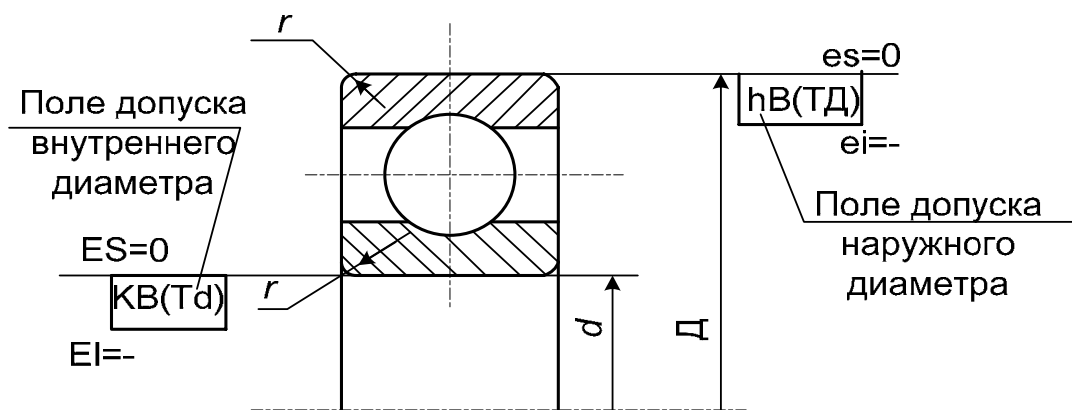


Рис. 3.2. Схемы расположения полей допусков на диаметры колец подшипников качения требуемых рабочих зазоров

К шероховатости посадочных и торцовых поверхностей колец подшипников, а также валов и корпусов предъявляют повышенные требования. Например, у колец подшипников классов точности 4 и 2 диаметром до 250 мм параметр шероховатости  $R_a$  должен быть в пределах 0,63-0,32 мкм. Особое значение имеет шероховатость поверхностей дорожек и тел качения: уменьшение  $R_a$  от 0,32-0,16 мкм до 0,16-0,08 мкм повышает ресурс подшипников более чем в два раза, а дальнейшее уменьшение параметра  $R_a$  до 0,08-0,04 мкм – еще на 40%.

Примеры указания требований к точности деталей подшипникового узла приведены на рис.3.3.

Поскольку применение системы отверстия для соединения внутреннего кольца с валом и системы вала для соединения наружного кольца с корпусом является обязательным, на сборочных чертежах посадки колец подшипников допускается обозначать одним полем допуска, например,  $\varnothing 40 k6$  – для внутреннего кольца,  $\varnothing 90 H 7$  – для наружного кольца (рис.3.3 а).

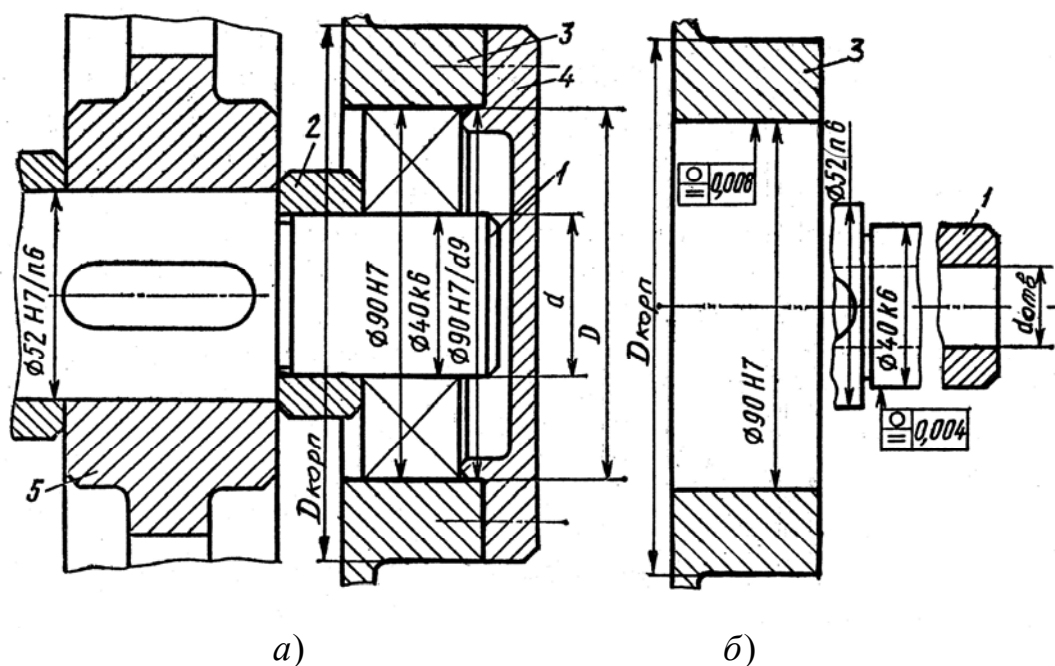


Рис.3.3. Обозначение посадок подшипников качения на сборочных чертежах (а) и полей допусков на чертежах деталей (б):

1– вал; 2– втулка; 3– корпус; 4 – крышка; 5 – колесо.

### Выбор посадок подшипников качения на валы и в корпуса.

Посадку подшипника выбирают в зависимости от типа и размера подшипника, условий его эксплуатации, значения и характера действующих на него нагрузок и вида нагружения колец. Согласно ГОСТ 3325-85 различают три основных вида нагружения колец (рис.3.4): местное, циркуляционное и колебательное.

**При местном нагружении** кольцо воспринимает постоянную по направлению результирующую радиальную нагрузку  $F_r$  лишь ограниченным участком окружности дорожки качения и передает ее соответствующему ограниченному участку поверхности вала или корпуса. Такое нагружение возникает, когда кольцо не вращается относительно нагрузки (внутреннее кольцо на рис.3.4. а, наружное кольцо на рис. 3.4. б).

**При циркуляционном нагружении** кольцо воспринимает результирующую радиальную нагрузку  $F_r$  последовательно всей окружностью дорожки качения и передает ее всей посадочной поверхностью вала или корпуса. Такое нагружение кольца получается при его вращении и

постоянно направленной нагрузке  $F_r$  или, наоборот, при радиальной нагрузке  $F_c$ , вращающейся относительно рассматриваемого кольца (внутреннее кольцо на рис.3.4.б, наружное – на рис.3.4.а).

**При колебательном нагружении** невращающееся кольцо воспринимает равнодействующую  $F_{r+c}$  двух радиальных нагрузок ( $F_r$  постоянная по направлению,  $F_c$  вращается, причем  $F_r > F_c$ ) ограниченным участком окружности дорожки качения и передает ее соответствующему ограниченному участку посадочной поверхности вала или корпуса. Равнодействующая нагрузка  $F_{r+c}$  не совершает полного оборота, а колеблется между точками А и В (рис.3.4.и). Колебательное нагружение испытывает наружное кольцо на рис.3.4.в и внутреннее – на рис. 3.4.г.

Эпюры напряжений при местном и циркуляционном нагружении показаны на рис.3.4.ж и з. Если нагрузка  $F_r$  постоянного направления меньше вращающейся  $F_c$ , то нагружение может быть местным или циркуляционным в зависимости от схемы приложения сил (на рис. 3.4.д местное нагружение на внутреннем кольце и циркуляционное на наружном кольце; на рис.3.4.е циркуляционное нагружение на внутреннем кольце, местное – на наружном).

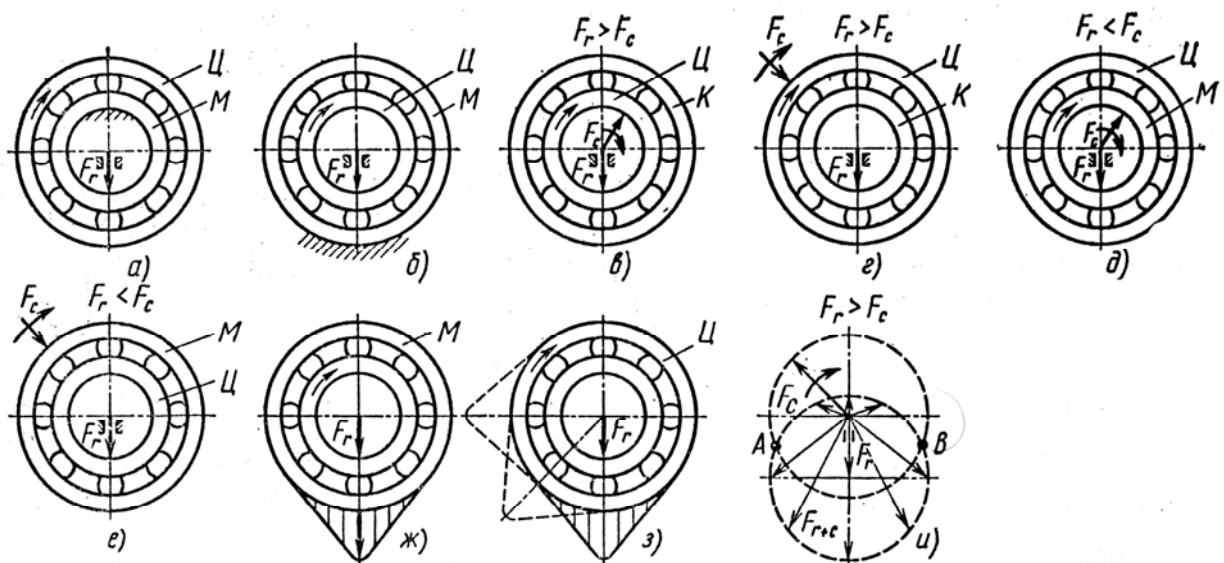


Рис.3.4. Схемы нагружения колец подшипников качения

Посадки следует выбирать так, чтобы вращающееся кольцо подшипника было смонтировано с натягом, исключающим возможность обкатки и проскальзывания этого кольца по посадочной поверхности; другое кольцо должно быть установлено с натягом.

Посадку с зазором назначают для кольца, которое испытывает местное нагружение, – при такой посадке устраняется заклинивание шариков, кольцо под действием толчков и вибраций постепенно поворачивается по посадочной поверхности, благодаря чему износ беговой дорожки происходит равномерно по всей окружности кольца.

### **3.2. Порядок выполнения курсовой работы**

**Дано:** обозначение подшипника;

радиальная нагрузка  $F_r$ , Н;

характер нагружения;

вид нагружения кольца;

соотношение диаметров

$d_{отв} / d$  или  $D / D_{корп}$ .

#### **3.2.1. Выбор посадки вращающегося кольца подшипника**

По заданному виду нагружения кольца и в соответствии со схемами рис. 3.4а или рис. 3.4б определяем, какое кольцо подшипника вращается, то есть испытывает циркуляционное нагружение, а какое – неподвижно.

Например: если задан вид нагружения кольца – внутр.  $M$ , то в соответствии со схемой рис. 3.4а неподвижным является внутреннее кольцо, а вращается – наружное; если задан вид нагружения кольца – внутр.  $Ц$ , то в соответствии со схемой рис. 3.4б внутреннее кольцо вращается, а наружное неподвижно.

Находим интенсивность радиальной нагрузки,  $кН/м$ :

$$p_R = \frac{F_r \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}{b},$$

где  $F_R$  – радиальная нагрузка,  $кН$ ;

$b$  – рабочая ширина кольца,  $м$ ;

$K_1$  – динамический коэффициент нагрузки:

$K_1 = 1$  – при спокойной нагрузке, при перегрузке до 150% от номинальной нагрузки, при умеренных толчках и вибрации;

$K_1 = 1,8$  – при перегрузке до 300%, при сильных ударах и вибрации.

$K_2$  – коэффициент, учитывающий степень ослабления посадочного натяга при полом вале или тонкостенном корпусе. Определяется по таблице 3.1. в зависимости от заданного соотношения диаметров  $d_{\text{отв}}/d$  (рис. 3.3. б, вал) для вращающегося внутреннего кольца или  $D/D_{\text{корп}}$  (рис. 3.3. б, корпус) для вращающегося наружного кольца.

Таблица 3.1

$d_{\text{отв}}/d$ или $D/D_{\text{корп}}$		Значения $K_2$			
		для вала			для корпуса
св.	до	$D/d < 1,5$	$D/d < 1,5...2$	$D/d < 2...3$	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

Примечания: 1.  $d_{\text{отв}}$  – диаметр отверстия полого вала;  $D_{\text{корп}}$  – диаметр наружной поверхности тонкостенного корпуса.

2. Для внутреннего кольца кроме  $d_{\text{отв}}/d$  нужно дополнительно определить соотношение наружного и внутреннего диаметров  $D/d$ .

Пример: 1. Задано  $d_{\text{отв}}/d = 0,45$ , при этом отношение  $D/d = 2,2$  (для подшипника 310). Тогда  $K_2 = 1,6$ .

2. Задано  $D/D_{\text{корп}} = 0,72 \Rightarrow K_2 = 1,4$ .

При сплошном вале или толстостенном корпусе  $K_2 = 1$ .

$K_3$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения радиальной нагрузки  $F_r$  между рядами роликов в двухрядных конических

роликотподшипниках или между вдвоенными шарикотподшипниками при наличии осевой нагрузки  $F_a$  на опору. Значения  $K_3$  зависят от величины  $\frac{F_a}{F_r} \cdot \text{tg}\alpha$  ( $\alpha$  – угол контакта тел качения с дорожкой качения наружного кольца).

$(F_a / F_r) \cdot \text{tg}\alpha$  .....до 0,2      0,2...0,4      0,4...0,6      0,6...1

$K_3$  .....1,0                      1,2                      1,4                      1,6

Для однорядных шарикотподшипников  $K_3 = 1$ .

Параметры подшипника, а именно серию и  $d, D, b, r$  находим по таблице 3.2.

Подшипники

Таблица 3.2

Обозначение подшипников	$d$	$D$	$B$	$r$	$C$ , кгс	$C_0$ , кгс	$n$ , об/мин		Шарики	
							п	ж	$D_T$	$Z$
Легкая серия диаметров 2, узкая серия ширин 0										
23*	3	10	4	0,3	50	22	31500	40000	1,59	7
24*	4	13	5	0,4	92	43	31500	40000	2,38	6
25*	5	16	5	0,5	150	76	31500	40000	3,18	6
26*	6	19	6	0,5	221	118	25000	31500	3,97	6
27*	7	22	7	0,5	256	138	25000	31500	3,97	7
29	9	26	8	1,0	357	200	25000	31500	4,76	7
200*	10	30	9	1,0	469	266	20000	25000	5,95	6
201*	12	32	10	1,0	478	270	20000	25000	5,56	7
202*	15	35	11	1,0	597	354	16000	20000	5,95	8
203	17	40	12	1,0	752	447	16000	20000	7,14	7
204	20	47	14	1,5	1000	630	12500	16000	7,94	8
205	25	52	15	1,5	1100	709	10000	12500	7,94	9
206	30	62	16	1,5	1530	1020	10000	12500	9,53	9
207*	35	72	17	2,0	2010	1390	8000	10000	11,11	9
208	40	80	18	2,0	2560	1810	6300	8000	12,7	9
209*	45	85	19	2,0	2570	1810	6300	8000	12,7	9
210*	50	90	20	2,0	2750	2020	6300	8000	12,7	10
211*	55	100	21	2,5	3400	2560	5000	6300	14,29	10
212*	60	110	22	2,5	4100	3150	5000	6300	15,88	10
213	65	120	23	2,5	4490	3470	5000	6300	16,67	10



Продолжение таблицы 3.2

214	70	125	24	2,5	4480	3810	4000	5000	17,46	10
215	75	130	25	2,5	5190	4190	4000	5000	17,46	11
216	80	140	26	3,0	5700	4540	4000	5000	19,05	10
217	85	150	28	3,0	6540	5410	4000	5000	19,84	11
218	90	160	30	3,0	7530	6170	3150	4000	22,23	10
220	100	180	34	3,5	9580	8060	3150	4000	25,4	10
Средняя серия диаметров 3, узкая серия ширин 0										
34	4	16	5	0,5	148	76	31500	40000	3,18	6
35	5	19	6	0,5	217	118	25000	31500	3,97	6
300*	10	35	11	1,0	636	383	20000	25000	7,14	6
301*	12	37	12	1,5	763	473	16000	20000	7,94	6
302*	15	42	13	1,5	890	551	16000	20000	7,94	7
303	17	47	14	1,5	1090	680	12500	16000	9,53	6
304	20	52	15	2,0	1250	794	12500	16000	9,53	7
305*	25	62	17	2,0	1760	1160	10000	12500	11,51	7
306	30	72	19	2,0	2200	1510	8000	10000	12,3	8
307*	35	80	21	2,5	2620	1790	8000	10000	14,29	7
308*	40	90	23	2,5	3190	2270	6300	8000	15,08	8
309	45	100	25	2,5	3780	2670	6300	8000	17,46	8
310*	50	110	27	3,0	4850	3630	5000	6300	19,05	8
311*	55	120	29	3,0	5600	4260	5000	6300	20,64	8
312*	60	130	31	3,5	6410	4940	4000	5000	22,23	8
313*	65	140	33	3,5	7240	5670	4000	5000	23,81	8
314	70	150	35	3,5	8170	6450	4000	5000	25,4	8
315	75	160	37	3,5	8900	7280	3150	4000	26,99	8
316	80	170	39	3,5	9650	8170	3150	4000	28,58	8
317	85	180	41	4,0	10400	9100	3150	4000	30,16	8
318	90	190	43	4,0	11200	10100	3150	4000	31,75	8
320	100	215	47	4,0	13600	13300	2500	3150	36,51	8
Тяжелая серия диаметров 4, узкая серия ширин 0										
403	17	62	17	2,0	1780	1210	10000	12500	12,7	6
405	25	80	21	2,5	2920	2080	8000	10000	16,67	6
406	30	90	23	2,5	3720	2720	6300	8000	19,05	6
407	35	100	25	2,5	4360	3190	6300	8000	20,64	6
408	40	110	27	3,0	5030	3700	5000	6300	22,23	6
409	45	120	29	3,0	6040	5300	4000	5000	23,02	7

Продолжение таблицы 3.2

410	50	130	31	3,5	6850	5300	4000	5000	25,4	7
411	55	140	33	3,5	7870	6370	4000	5000	26,99	7
412	60	150	35	3,5	8560	7140	3150	4000	28,58	7
413	65	160	37	3,5	9260	7960	3150	4000	30,16	7
414	70	180	42	4,0	11300	10700	3150	4000	34,93	7
416	80	200	48	4,0	12800	12700	2500	3150	38,1	7
417	85	210	52	5,0	13600	13800	2500	3150	39,69	7

**Расчет интенсивности нагрузки  $p_R$ :**

$$F_R = \quad \text{кН};$$

$$b = B - 2r = \quad \text{мм} = \quad \text{м};$$

$$K_1 = \quad (\text{указать характер нагрузки});$$

$$K_2 = \quad (\text{указать: для внутреннего кольца } d_{\text{отв}}/d = \quad \text{и } D/d =$$

или для наружного кольца  $D/D_{\text{корп}} =$ );

$$K_3 = 1 \quad (\text{подшипник радиальный однорядный}).$$

Рассчитываем  $p_R = \frac{F_r \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}{b}$  с точностью до целого числа.

Допускаемые интенсивности нагрузок  
на посадочные поверхности вала

Таблица 3.3

Диаметр $d$ отверстия внутреннего кольца под- шипника, мм		Допускаемые значения $p_R$ , кН/м, при поле допуска вала			
св.	до	$i_5; i_6$	$k5; k6$	$m5; m6$	$n5; n6$
18	80	До 300	300 – 1400	1400 – 1600	1600 – 3000
80	180	» 600	600 – 2000	2000 – 2500	2500 – 4000
180	360	» 700	600 – 3000	3000 – 3500	3500 – 6000
360	630	» 900	900 – 3500	3500 – 4500	4500 – 8000

Допускаемые интенсивности нагрузок  
на посадочные поверхности корпуса

Таблица 3.4

Диаметр $D$ наружного кольца подшипника, мм		Допускаемые значения $p_R$ , кН/м, при поле допуска отверстия			
св.	до	$K6; K7$	$M6; M7$	$N6; N7$	$P7$
50	180	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

Посадку вращающегося внутреннего кольца на вал определяем по таблице 3.3, а посадку вращающегося наружного кольца – по таблице 3.4. При этом для подшипников классов точности 0 и 6 применяем поля допусков качества 6 - для валов и качества 7 - для отверстий корпусов. Посадки подшипников классов точности 5 и 4 должны быть на один класс точнее, то есть для валов – поля допусков качества 5, а для корпусов – поля допусков качества 6.

Указываем обозначение посадки и ее соответствие заданному классу точности подшипника.

Например: подшипник 5-310 ( $d = 50 \text{ мм}$ ,  $D = 110 \text{ мм}$ ); вид нагружения кольца – внутр. Ц; интенсивность радиальной нагрузки  $p_R = 1500 \text{ кН/м}$ .

Посадка внутреннего кольца на вал  $\text{Ø}50\text{m}5$  (соответствует классу точности 5).

### 3.2.2. Определение натяга в соединении вращающегося кольца

Во избежание разрыва колец подшипника наибольший натяг выбранный посадки не должен превышать допускаемого натяга, который вычисляем по формуле, мм:

$$N_{\text{доп}} = \frac{11,4 \cdot [\sigma] \cdot N' \cdot d(D)}{(2N' - 2) \cdot 10^6},$$

где  $[\sigma] = 400 \text{ МПа}$  – допускаемое напряжение при растяжении подшипниковой стали;

$N'$  – коэффициент нагружения подшипника:

$N' = 2,8$  – для легкой серии;

$N' = 2,3$  – для средней серии;

$N' = 2,0$  – для тяжелой серии;

$d(D)$  – диаметр вращающегося кольца подшипника:

$d$  – если вращается внутреннее кольцо;

$D$  – если вращается наружное кольцо.

**Расчет  $N_{\text{доп}}$**  : в зависимости от серии подшипника принимаем значение коэффициента нагружения  $N'$ ; в зависимости от того, какое кольцо вращается, применяем значение диаметра внутреннего кольца  $d$  или наружного кольца  $D$ . Расчет  $N_{\text{доп}}$  ведем с точностью до третьего знака.

Для определения наибольшего натяга  $N_{\text{max}}$  в соединении вращающегося кольца подшипника с ответной деталью строим схему расположения полей допусков кольца и детали: предельные отклонения для выбранной посадки детали находим по таблицам № 1 «Предельные отклонения отверстий и валов»; предельные отклонения для кольца подшипника находим по таблице 3.5 в зависимости от диаметра кольца и класса точности подшипника.

Таблица 3.5

Класс точности подшипника		0	6	5	4	Диаметры колец, мм
Посадки отверстий, соответствующие данному классу точности подшипника		$E8, G7, H7, H8;$ $J_s 7, K7, M7, N7;$ $P7$		$G6, H6;$ $J_s 6, K6, M6, N6;$ $P6$		Наружное кольцо подш. $D$
Поле допуска наружн. кольца $hB$	$ei, мкм$	-11	-9	-7	-6	Св.30 до50
		-13	-11	-9	-7	Св.50 до80
		-15	-13	-10	-8	Св.80 до120
		-18	-15	-11	-9	Св.120 до150
		-25	-18	-13-	-10	Св.150 до180
Посадки валов, соответствующие данному классу точности подшипника		$f6, g6, h6;$ $j_s 6, k6, m6, n6;$ $p6, r6$		$g5, h5;$ $j_s 5, k5, m5, n5$		Внутреннее кольцо подш. $d$
Поле допуска внутр. кольца $KB$	$EI, мкм$	-8	-7	-5	-4	Св.10 до18
		-10	-8	-6	-5	Св.18 до30
		-12	-10	-8	-6	Св.30 до50
		-15	-12	-9	-7	Св.50 до80
		-20	-15	-10	-8	Св.80 до120

Примечание. Верхние предельные отклонения приняты равными 0, то есть для  $D$   $es = 0$ , для  $d$   $ES = 0$ .

Пример построения схем расположения полей допусков представлен на рис. 3.5.

Вывод: максимальный натяг в соединении вращающегося (циркуляционно-нагруженного) кольца подшипника с ответной деталью не превышает допускового, то есть  $N_{\text{доп}} > N_{\text{max}}$ .

**Схема расположения полей допусков**  
Подшипник 209, класс точности 0

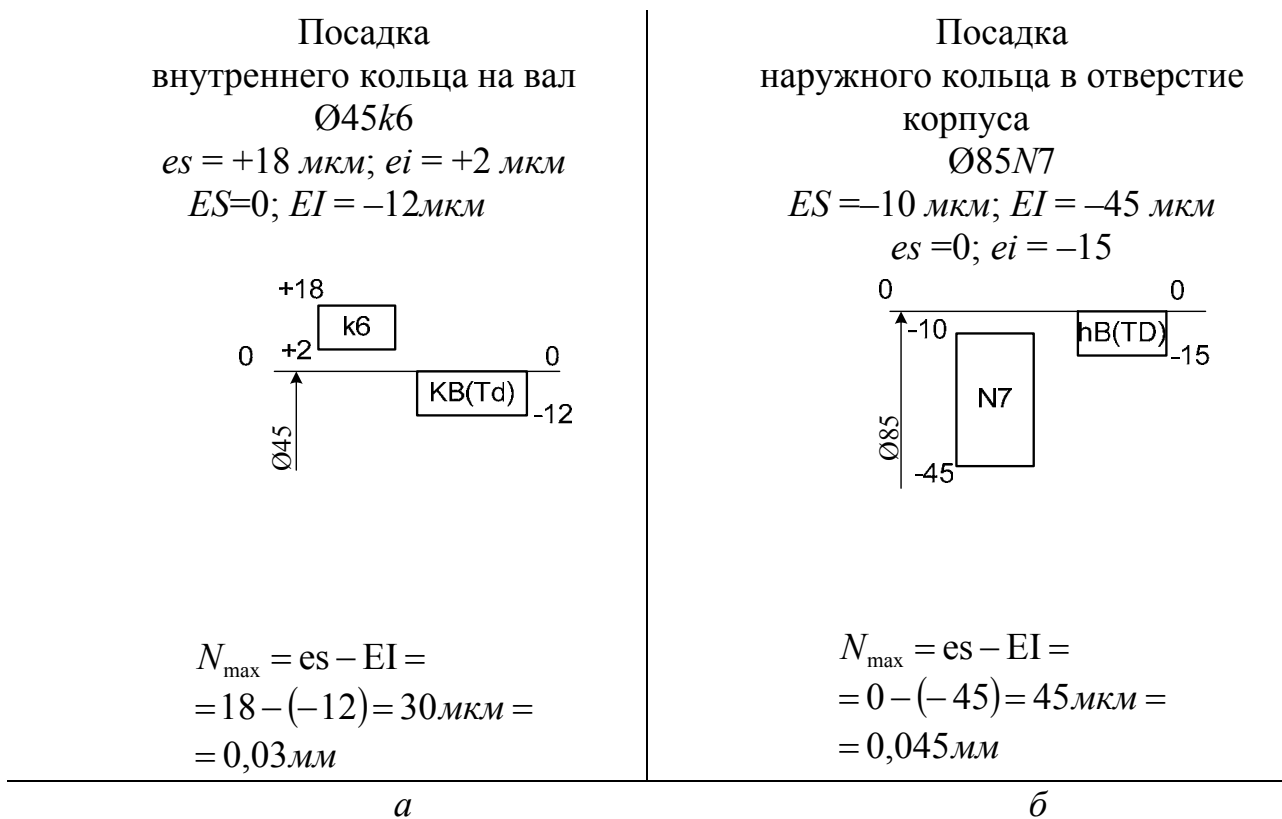


Рис. 3.5. Схемы расположения полей допусков:  
*a* – для вала; *б* – для отверстия в корпусе.

**3.2.3. Выбор посадки неподвижного кольца подшипника**

Выбор посадки неподвижного кольца на ответную деталь производим по таблице 3.6 в зависимости от диаметра кольца и характера нагружения.

Указываем, какое кольцо является неподвижным, указываем его диаметр и характер нагружения подшипника (из данных). Из рекомендуемых в таблице 3.6 выбираем такую посадку, чтобы ее качество соответствовало

классу точности подшипника: для классов точности 0 и 6 применяем поля допусков качества 6 для валов и качества 7 для отверстий; для классов точности 5 и 4 применяем соответственно качество 5 для валов и качество 6 для отверстий.

Таблица 3.6

Нагружение	Посадочные диаметры, мм	Посадка			Тип подшипника
		на вал	в корпус стальной или чугунный		
			неразъемный	разъемный	
Спокойное или с умеренными толчками и вибрацией; перегрузка до 150%	До 80	$h5, h6, g5$	$H6, H7$	$H6, H7, H8$	Все, кроме штампованных игольчатых
	Св. 80 до 260	$g6, f6, j_s6$	$G6, G7$		
	Св. 260 до 500 » 500 »1600	$f6, j_s6$	$F7, F8$		
С ударами и вибрацией; перегрузка до 300%	До 80	$h5, h6$	$J_s6, J_s7$	$J_s6$	Все, кроме штампованных игольчатых и роликовых конических двухрядных
	Св. 80 до 260			$J_s7$	
	Св. 260 до 500 » 500 »1600	$g5, g6$	$H6, H7$		

Примечание. Для отверстий рассматриваем посадки в неразъемный корпус.

## 4. Курсовая работа №4

### «Определение элементов резьбового соединения»

#### 4.1. Общие сведения

По эксплуатационному назначению различают резьбы общего назначения и специальные; по профилю поперечного сечения их можно разделить на треугольные, трапецидальные, прямоугольные, круглые и др.; по общей форме резьбовой поверхности – на цилиндрические и конические; по числу заходов – на одно-, двух-, трех- и многозаходные; по направлению витков – на правые и левые; в зависимости от используемых единиц измерения резьбы разделяются на метрические и дюймовые.

К резьбам общего назначения относятся резьбы:

а) **крепежные** (метрическая, дюймовая) – предназначены для обеспечения прочности соединения и сохранения плотности стыка в процессе длительной эксплуатации;

б) **кинематические** (трапецидальная и прямоугольная) – предназначены для обеспечения точного перемещения при наименьшем трении; (упорная) – предназначена для обеспечения плавности вращения и высокой нагрузочной способности;

в) **трубные и арматурные** (трубная цилиндрическая и коническая, метрическая коническая) – предназначены для обеспечения герметичности трубопроводов и арматуры.

Общими для всех резьб являются требования долговечности и свинчиваемости без подгонки независимо изготовленных резьбовых деталей при сохранении эксплуатационных качеств соединений.

## Основные параметры крепежных цилиндрических резьб

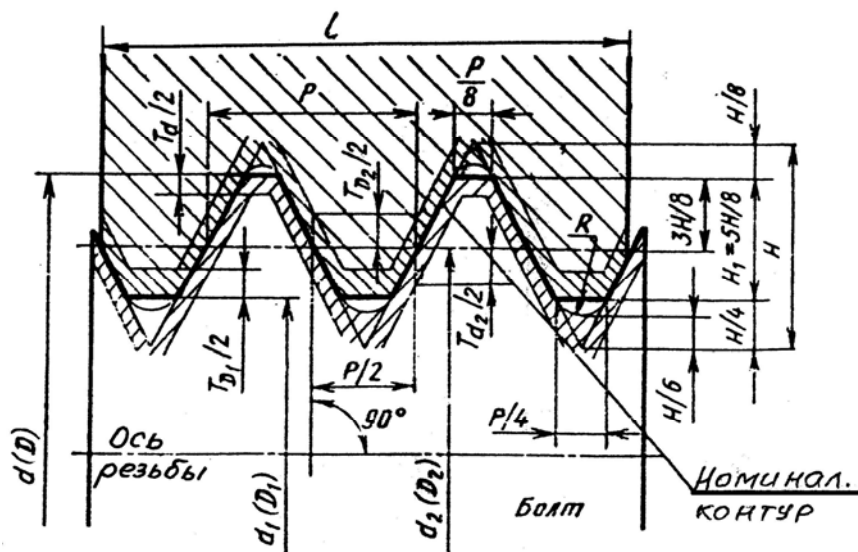


Рис. 4.1. Профиль и предельные контуры резьбового соединения с метрической резьбой при посадке  $H/h$ . Основные параметры.

Основные понятия, определения и обозначения элементов цилиндрических и конических резьб установлены ГОСТ 11708-68.

Основные параметры цилиндрической резьбы:

$d_2$ ;  $d$ ;  $d_1$  – средний, наружный и внутренний диаметры резьбы болта (наружная резьба);

$D_2$ ;  $D$ ;  $D_1$  – средний, наружный и внутренний диаметры резьбы гайки (внутренняя резьба);

$P$  – шаг резьбы – расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы. Для многозаходных резьб вводится дополнительный термин «ход резьбы»  $P_h = P \cdot n$  ( $n$  – число заходов) – расстояние по линии, параллельной оси резьбы, между исходной средней точкой и ее положением после поворота винта на  $360^\circ$ . Для однозаходной резьбы  $P = P_h$ ;

$\alpha$  – угол профиля;

( $\beta$  и  $\gamma$ ) – угол наклона сторон профиля;

$H$  – высота исходного треугольника;

$H_1$  – рабочая высота профиля;



$\psi$  – угол подъема резьбы  $\left(\psi = \arctg \frac{P}{\pi d_2}\right)$ ;

$R$  – номинальный радиус закругления впадин внутреннего диаметра резьбы болта ( $R = 0,1P \dots 0,216P$ );

$l$  – длина свинчивания.

Профиль метрической резьбы для диаметров от 0,25 до 600 мм и размеры его элементов регламентированы ГОСТ 9150-81, который предусматривает срезы вершин резьбы, равные  $H/4$  у гайки и  $H/8$  у болта. Резьбовые соединения с таким профилем отличаются повышенной прочностью, облегчается образование наружной резьбы накатыванием и внутренней резьбы нарезанием. Метрическая резьба при статических нагрузках имеет запас самоторможения.

Метрические резьбы бывают с крупным и мелким шагом. ГОСТ 8724-81 устанавливает три ряда диаметров, в каждом из которых предусмотрены крупный и мелкие шаги. При выборе диаметров резьб первый ряд следует предпочитать второму, второй – третьему. У резьбы с крупным шагом каждому наружному диаметру соответствует шаг, определяемый зависимостью  $d(D) \approx 6P^{1,3}$ .

Метрические резьбы с мелкими шагами применяют при соединении тонкостенных деталей, при малой длине свинчивания, а также в случаях, когда требуется повышенная прочность соединения (особенно при переменных нагрузках).

### **Предельные контуры резьбы**

На длине свинчивания резьбовых деталей расположено несколько витков резьбы, образующих резьбовой контур. Номинальный контур резьбы (рис. 4.1) определяет наибольший предельный контур резьбы болта и наименьший – гайки. От номинального контура перпендикулярно оси резьбы отсчитывают отклонения и располагают вниз поля допусков диаметров резьбы болта, а вверх – поля допусков диаметров резьбы гайки. Другой предельный контур резьбы определяется предельными отклонениями. Для

обеспечения свинчиваемости и качества соединений действительные контуры свинчиваемых деталей (определяемые действительными значениями диаметров, угла профиля и шага резьбы) не должны выходить за предельные контуры на всей длине свинчивания.

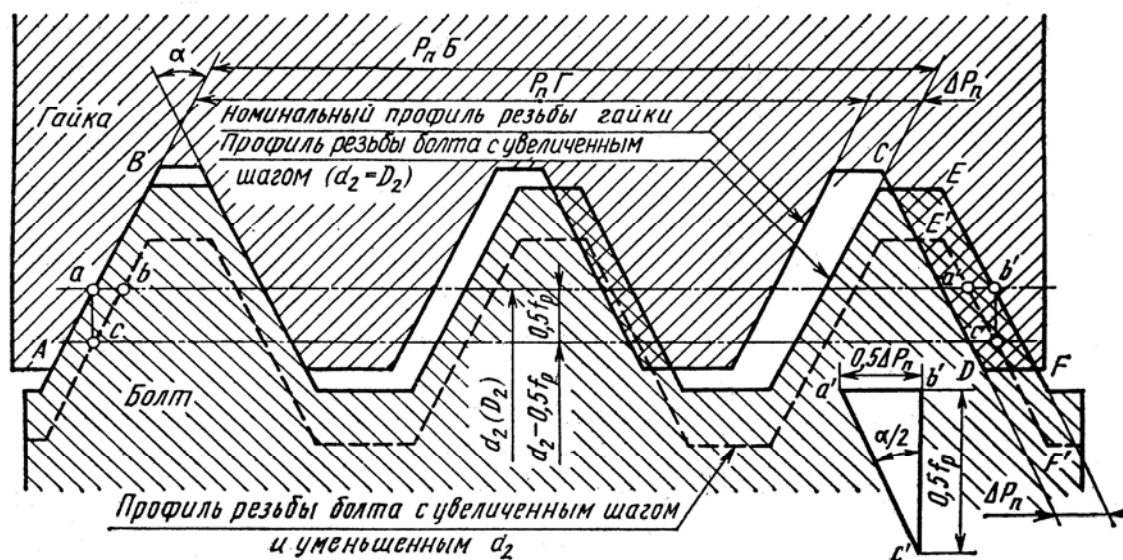


Рис. 4.2. Отклонение шага  $\Delta P_n$  и диаметральная его компенсация  $f_p$

### Отклонения шага и угла профиля резьбы и их диаметральная компенсация

Отклонением шага резьбы  $\Delta P$  называют разность между действительным и номинальным расстояниями в осевом направлении между двумя средними точками любых одноименных боковых сторон профиля в пределах длины свинчивания или заданной длины. Отклонение шага состоит из прогрессивных погрешностей шага, пропорциональных числу витков резьбы на длине свинчивания  $\ell$ , периодических, изменяющихся по периодическому закону, и местных, не зависящих от числа витков резьбы на длине свинчивания (рис. 4.2).

Свинчивание резьбовых деталей, имеющих погрешность шага резьбы, возможно только при наличии разности  $f_p$  их средних диаметров, полученной в результате уменьшения среднего диаметра резьбы болта или увеличения среднего диаметра резьбы гайки:

$f_p = \Delta P_n \times \text{ctg} \frac{\alpha}{2}$  – диаметральная компенсация погрешности шага резьбы.

При анализе погрешностей угла профиля резьбы целесообразно рассматривать не угол  $\alpha$ , а половину угла  $\alpha/2$ .

**Отклонением половины угла профиля резьбы  $\Delta\alpha/2$**  болта или гайки (для резьб с симметричным профилем) называют разность между действительным и номинальными значениями  $\alpha/2$  (рис. 4.3).

Свинчивание резьбовых деталей, имеющих погрешность  $\Delta\alpha/2$ , возможно только при наличии необходимого зазора по средним диаметрам их резьбы, т.е. диаметальной компенсации  $f_\alpha$  этой погрешности:

$$f_\alpha = \frac{4h \cdot \Delta\alpha/2}{\sin \alpha}, \quad \Delta\alpha/2 \text{ – в радианах, } h \text{ и } f_\alpha \text{ – в мм;}$$

$h = H/4$  – для метрической резьбы,  $h = 0,5H_1$  – для трубной и трапецеидальной резьб.

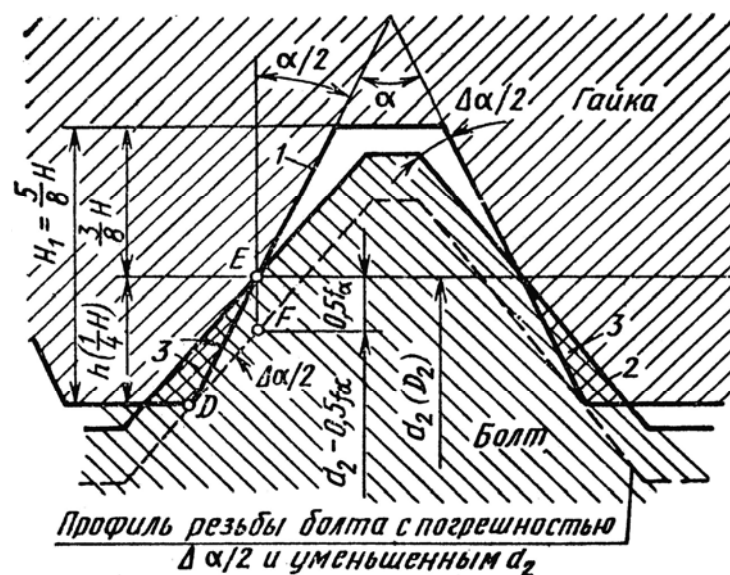


Рис.4.3. Отклонение половины угла профиля  $\Delta\alpha/2$  и диаметральная его компенсация  $f_\alpha$

### Приведенный средний диаметр резьбы

Свинчиваемость можно считать обеспеченной, если разность средних диаметров резьб болта и гайки не меньше суммы диаметральных компенсаций шага и половины угла профиля обеих деталей. Для упрощения

контроля резьб и расчета допусков введено понятие приведенного среднего диаметра резьбы, учитывающего влияние на свинчиваемость величин  $d_2$  ( $D_2$ ),  $f_P$  и  $f_\alpha$ . Значение среднего диаметра резьбы, увеличенное для наружной или уменьшенное для внутренней резьбы на суммарную диаметральную компенсацию отклонений шага и угла наклона боковой стороны профиля, называют **приведенным средним диаметром**:

$$d_{2\text{пр}} = d_{2\text{изм}} + f_P + f_\alpha - \text{для наружной резьбы};$$

$$D_{2\text{пр}} = D_{2\text{изм}} - (f_P + f_\alpha) - \text{для внутренней резьбы.}$$

Здесь  $d_{2\text{изм}}$  и  $D_{2\text{изм}}$  – измеренные (действительные) значения среднего диаметра наружной и внутренней резьб.

### **Системы допусков и посадок метрических резьб**

Внутренние и наружные резьбы общего назначения, а также большинство специальных резьб контактируют по боковым сторонам профиля. В зависимости от характера сопряжения по боковым сторонам профиля (т.е. по среднему диаметру) различают посадки с зазором, с натягом и переходные.

Система допусков и посадок для метрической резьбы от 1 до 600 мм регламентирована:

ГОСТ 16093-81 – посадки с зазором;

ГОСТ 4608-81 – посадки с натягом;

ГОСТ 24834-81 – переходные посадки.

### **Посадки с зазором**

Для получения посадок резьбовых деталей с зазором предусмотрено пять основных отклонений для наружной резьбы ( $d$ ,  $e$ ,  $f$ ,  $g$  и  $h$ ) и четыре для внутренней резьбы ( $E$ ,  $F$ ,  $G$  и  $H$ ). Эти отклонения одинаковы для диаметров  $d$ ,  $d_2$ ,  $d_1$  и  $D$ ,  $D_2$ ,  $D_1$ . Основные отклонения  $E$  и  $F$  установлены только для специального применения при значительных толщинах слоя защитного покрытия.

При сочетании основных отклонений  $\frac{H}{h}$  образуется посадка с наименьшим зазором, равным нулю (рис. 4.1). При сочетании  $\frac{H}{g, f, e, d}$  и  $\frac{G, E, F}{h, g, f, e, d}$  образуются посадки с гарантированным зазором. Указанные основные отклонения для всех трех диаметров  $d(D)$ ,  $d_2(D_2)$ ,  $d_1(D_1)$  определяют для наружной резьбы верхние отклонения, а для внутренней – нижние отклонения. Второе предельное отклонение (для  $d_2$  и  $d$  – у наружной резьбы и для  $D_2$  и  $D_1$  – у внутренней резьбы) определяют по принятой **степени точности резьбы**. Сочетание основного отклонения, обозначаемого буквой, с допуском по принятой степени точности образует **поле допуска диаметра резьбы**.

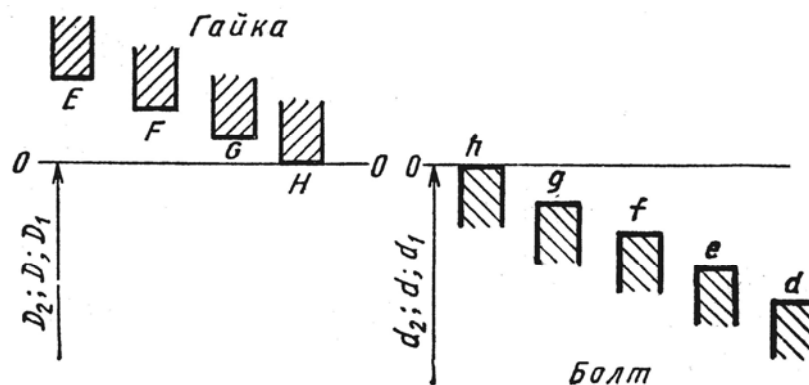


Рис. 4.4. Основные отклонения метрической резьбы при посадке с зазором

**Поле допуска резьбы** образуют сочетанием поля допуска среднего диаметра с полем допуска диаметра выступов ( $d$  – для наружной резьбы,  $D_1$  – для внутренней резьбы).

Предусмотренные системой поля допусков приведены в таблице 4.1. Поля допусков, заключенные в рамки, рекомендуются для предпочтительного применения; поля допусков в скобках применять не рекомендуется. Наиболее распространенной является резьба с посадкой

$6H/6g$ , обеспечивающей небольшой зазор. В обоснованных случаях разрешается применять поля допусков резьбы, образованные иными сочетаниями полей допусков диаметров, например:  $4h6h$ ,  $8h6h$ ,  $5H6H$ . Предпочтительно следует сочетать поля допусков одной степени точности. Посадки с большим гарантированным зазором применяют, когда резьбовые детали работают при высокой температуре (для компенсации температурных деформаций, предохранения соединений от заедания и обеспечения возможности разборки деталей без повреждения, введения в зазор смазочного материала); когда необходима быстрая и легкая свинчиваемость деталей даже при наличии небольшого загрязнения или повреждения резьбы; когда на резьбовые детали наносят антикоррозионные покрытия значительной толщины.

Поля допусков болтов и гаек

Таблица 4.1

Деталь	Класс точности	Поле допуска при длине свинчивания									
		S		N				L			
Болт	Точный	-	(3h4h)	-	-	-	4g	4h	-	-	(5h4h)
	Средний	5g6g	(5h6h)	6d	6e	6f	6g	6h	(7e6e)	7g6g	(7h6h)
	Грубый	-	-	-	-	-	8g	(8h)*	-	(9g8g)	-
Гайка	Точный	-	4H	-			4H5H, 5H		-	6H	
	Средний	(5G)	5H	6G			6H	(7G)	7H		
	Грубый	-	-	7G			7H	(8G)	8H		
*Только для резьб с шагом $P > 0,8$ мм; для резьб с шагом $P \leq 0,8$ мм применяют поле допуска $8h6h$ .											

### Степень точности резьбы

ГОСТ 16093-81 устанавливает следующие степени точности:

для диаметра болта:

наружного 4, 6, 8

среднего 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\*;

для диаметра гайки:

внутреннего 4, 5, 6, 7, 8

среднего 4, 5, 6, 7, 8, 9\*

\* Степень точности резьб на деталях из пластмасс

### **Длины свинчивания**

Для выбора степени точности в зависимости от длины свинчивания резьбы и требований к точности соединений установлены три группы длин свинчивания:

*S* – короткие ( $< 2,24P \cdot d^{0,2}$ );

*N* – нормальные (от  $2,24P \cdot d^{0,2}$  до  $6,7P \cdot d^{0,2}$ );

*L* – длинные (свыше  $6,7P \cdot d^{0,2}$ ).

Здесь *d* и *P* – наружный диаметр и шаг резьбы в мм.

### **Классы точности резьбы**

В соответствии со сложившейся во многих странах практикой поля допусков сгруппированы в три класса точности: точный, средний, грубый, которые используются для сравнительной оценки точности резьбы (на чертежах не указываются).

Точный класс рекомендуется для ответственных, статически нагруженных резьбовых соединений, а также когда требуются малые колебания характера посадки; средний класс – для резьб общего применения и грубый – для резьб, нарезаемых на горячекатаных заготовках, в длинных глухих отверстиях и т.п. При одном и том же классе точности допуск среднего диаметра при длине свинчивания *L* рекомендуется увеличивать, а при длине *S* уменьшать на одну ступень по сравнению с допусками, установленными для нормальной длины свинчивания *N*: например, для *S* – степень точности 5, для *N* – 6, для *L* – 7 (табл. 4.1). Допуск резьбы, если нет особых оговорок, относится к наибольшей нормальной длине свинчивания или ко всей длине резьбы, если она меньше наибольшей длины свинчивания. Если длина свинчивания относится к группе *L* и *S* (но меньше, чем вся

длина резьбы), это оговаривают в обозначении резьбы или технических требованиях.

Поля допусков, принятые в различных классах точности, указаны в табл. 4.1.

Основным рядом допусков для всех диаметров принят ряд по 6<sup>й</sup> степени точности.

Допуски остальных степеней точности определяют умножением допуска 6<sup>й</sup> степени точности на следующие коэффициенты:

степень точности	3	4	5	7	8	9	10
коэффициент	0,5	0,63	0,8	1,25	1,6	2	2,5.

Допуски на внутренний диаметр  $d_1$  наружной резьбы (болта) и наружный диаметр  $D$  внутренней резьбы (гайки) не устанавливают.

### **Обозначение точности и посадок метрической резьбы**

Обозначение поля допуска диаметра резьбы состоит из цифры, показывающей степень точности, и буквы, обозначающей основное отклонение:

болт –  $6h, 6g$ ; гайка –  $6H, 6G$ .

Обозначение поля допуска резьбы состоит из обозначения поля допуска среднего диаметра, помещаемого на первом месте, и обозначения поля допуска диаметра выступов ( $d$  – для болтов,  $D_1$  – для гаек):

болт –  $5g6g$ ; гайка –  $4H5H$ .

Если обозначение поля допуска диаметра выступов совпадает с полем допуска среднего диаметра, его в обозначении поля допуска резьбы не повторяют.

### **Обозначение метрической резьбы на чертеже**

$M12-6g$  – резьба метрическим диаметром 12 мм, с крупным шагом, с посадкой по среднему и наружному диаметрам резьбы болта –  $6g$ .



$M12 \times 1LH - 6H$  – резьба метрическая диаметром 12 мм, с шагом 1 мм, левая ( $LH$ ), с посадкой по среднему и внутреннему диаметрам резьбы гайки –  $6H$ .

$M12 \times 1LH \frac{5H6H}{5g6g} - R - 30$  – резьба метрическая диаметром 12 мм, с шагом 1 мм, левая ( $LH$ ), с посадкой по среднему диаметру резьбы гайки  $5H$  и по внутреннему диаметру  $6H$ , с посадкой по среднему диаметру резьбы болта  $5g$  и по наружному диаметру  $6g$ , с закругленной впадиной по внутреннему диаметру резьбы болта ( $R$ ), с длиной свинчивания 30 мм.

Болт:  $M12 \times 1LH - 5g6g - R$ . Гайка:  $M12 \times 1LH - 5H6H - 30$ .

Примечание. Для определения предельных отклонений диаметров резьбы гаек и болтов используют таблицы справочника «Допуски и посадки», часть 2 [3], которые для удобства пользования выделены в отдельный сборник «Таблицы №3. Предельные отклонения метрических резьб» [6]. В сборнике сохранена нумерация таблиц и страниц основного справочника.

#### 4.2. Порядок выполнения курсовой работы

Порядок выполнения работы рассмотрим на примере резьбового соединения  $M16 - \frac{5H6H}{6g}$ .

Характеристика соединения:

$M16$  – резьба метрическая с наружным диаметром резьбы 16 мм и крупным шагом;

$5H6H$  – поле допуска резьбы гайки, где  $5H$  – поле допуска среднего  $D_2$  диаметра резьбы и  $6H$  – поле допуска внутреннего  $D_1$  диаметра резьбы гайки;

$6g$  – поле допуска среднего  $d_2$  и наружного  $d$  диаметров резьбы болта.

По таблицам №3 «Предельные отклонения метрических резьб» [6, с. 141] находим шаг резьбы:

$P = 2 \text{ мм}$ .

По таблице [6, с. 144] для шага резьбы  $P = 2 \text{ мм}$  находим остальные параметры резьбы:

$$\text{средний диаметр } d_2 = D_2 = 16 - 2 + 0,701 = 14,701 \text{ мм};$$

$$\text{внутренний диаметр } d_1 = D_1 = 16 - 3 + 0,835 = 13,835 \text{ мм};$$

$$\text{высота исходного треугольника } H = 0,8660254 \cdot P = 1,732 \text{ мм};$$

$$\text{рабочая высота профиля } H_1 = 0,5412659 \cdot P = 1,082 \text{ мм}.$$

По таблице [6, с. 153-165] находим предельные отклонения всех диаметров резьбы болта и гайки.

Болт $M16 - 6g$		
$es, \text{ мкм}$	$ei, \text{ мкм}$	
$d; d_2; d_1$	$d_2$	$d$
-38	-198	-318

Гайка $M16 - 5H6H$		
$EI, \text{ мкм}$	$ES, \text{ мкм}$	
$D; D_2; D_1$	$D_2$	$D_1$
0	+170	+375

Примечание. Так как в таблице 4.29 отсутствует поле допуска резьбы гайки  $5H6H$ , предельные отклонения диаметра  $D_2$  находим для допуска  $5H$ , а предельное отклонение диаметра  $D_1$  для поля допуска  $6H$ .

### Предельные диаметры резьбы болта, мм:

**Наружный**  $d_{\max} = d + es = 16 - 0,038 = 15,962$ ;

$$d_{\min} = d + ei = 16 - 0,318 = 15,682$$
;

**Средний**  $d_{2\max} = d_2 + es = 14,701 - 0,038 = 14,663$ ;

$$d_{2\min} = d_2 + ei = 14,701 - 0,198 = 14,503$$
;

**Внутренний**  $d_{1\max} = d_1 + es = 13,835 - 0,038 = 13,797$ ;

$d_{1\min}$  не нормируется.

### Предельные диаметры резьбы гайки, мм:

**Наружный**  $D_{\max}$  не нормируется;

$$D_{\min} = D + EI = 16 + 0 = 16$$
;

**Средний**  $D_{2\max} = D_2 + ES = 14,701 + 0,170 = 14,871$ ;

$$D_{2\min} = D_2 + EI = 14,701 + 0 = 14,701$$
;

**Внутренний**  $D_{1\max} = D_1 + ES = 13,835 + 0,375 = 14,21$ ;

$D_{1\min} = D_1 + EI = 13,835 + 0 = 13,835$ .

### Исполнительные размеры

Диаметр	Болт, мм	Гайка, мм
Наружный	$d = 16_{-0,318}^{-0,038}$	$D = 16^{\text{не норм}}$
Средний	$d_2 = 14,701_{-0,198}^{-0,038}$	$D_2 = 14,701^{+0,170}$
Внутренний	$d_1 = 13,835_{\text{не норм}}^{-0,038}$	$D_1 = 13,835^{+0,375}$

### Схема расположения полей допусков

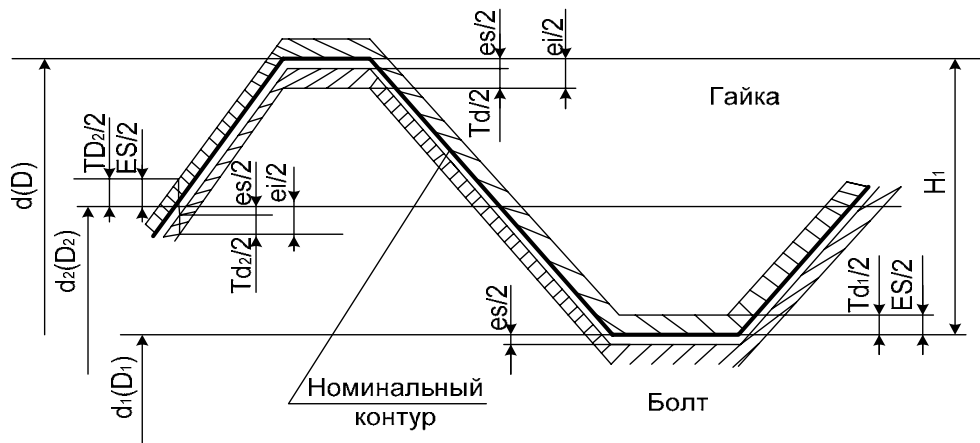


Рис. 4.5. Схема расположения полей допусков соединения  $\frac{H}{g(d, f, e)}$ .

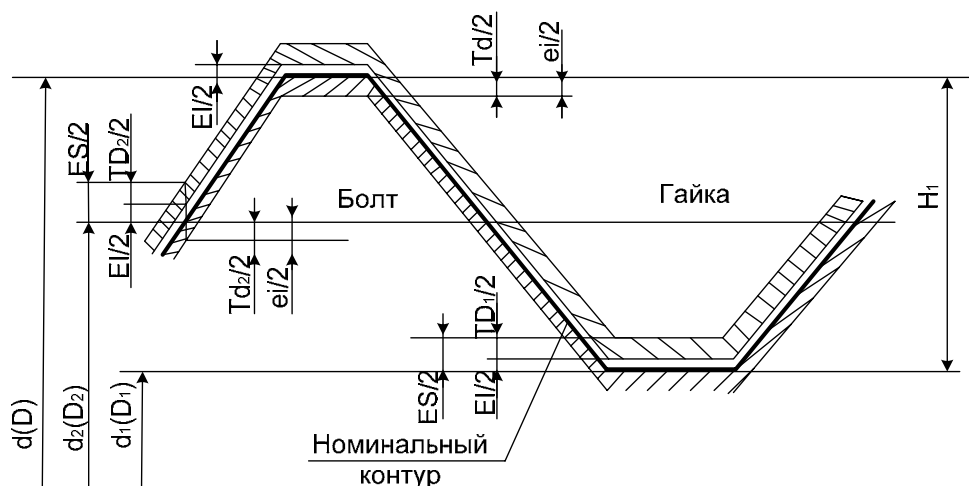


Рис.4.6. Схема расположения полей допусков соединения  $\frac{G}{h}$ .

Схема расположения полей допусков соединения  $H/h$  образуется сочетанием поля допуска болта на рис. 4.6 с полем допуска гайки на рис. 4.5.

Схема расположения полей допусков соединения  $G/g(d, f, e)$  образуется сочетанием поля допуска болта на рис. 4.5 с полем допуска гайки на рис. 4.6.

## Литература

1. Леонтьев, Б.С. Метрология, стандартизация, сертификация : учебное пособие / Б.С. Леонтьев. – Нижнекамск : Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) КГТУ, 2010. – 173 с.
2. Якушев, А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения : учебник для вузов / А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1987. – 352 с.
3. Допуски и посадки : справочник : в 2-х частях / В. Д. Мягков [и др.]. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение. – 1982.
4. Таблицы №1 «Предельные отклонения отверстий и валов».
5. Таблицы № 2 «Допуски и отклонения гладких калибров».
6. Таблицы № 3 «Предельные отклонения метрических резьб».

## Приложение

Варианты заданий на курсовые работы по дисциплине «Метрология, стандартизация, сертификация»

Вар.	Курс. раб. №1	Курс. раб. №2	Курс. раб. №3	Курс. раб. №4
1	а) $\varnothing 6 \frac{H9}{d9}$ б) $\varnothing 80 \frac{J_s 8}{h7}$ в) $\varnothing 200 \frac{U8}{h7}$	1. Отв. $\varnothing 60P7$ 2. Вал $\varnothing 10h9$	Подш.5-204 $F_r = 3000$ Н спок. внутр. – Ц $d_{отв} / d = 0,45$	$M6 - \frac{4H5H}{4h}$
2	а) $\varnothing 250 \frac{H12}{h12}$ б) $\varnothing 120 \frac{H8}{n7}$ в) $\varnothing 18 \frac{U8}{h7}$	1. Отв. $\varnothing 100H9$ 2. Вал $\varnothing 40d8$	Подш.414 $F_r = 20000$ Н перегр. 300% наруж. – Ц $D / D_{корп} = 0,76$	$M68 - \frac{5H6H}{6g}$
3	а) $\varnothing 30 \frac{F9}{h8}$ б) $\varnothing 50 \frac{H8}{k7}$ в) $\varnothing 180 \frac{T7}{h6}$	1. Отв. $\varnothing 50R7$ 2. Вал $\varnothing 30e9$	Подш.6-204 $F_r = 4000$ Н спок. наруж. – Ц $D / D_{корп} = 0,75$	$M5 - \frac{4H5H}{4g}$
4	а) $\varnothing 3 \frac{H5}{g4}$ б) $\varnothing 10 \frac{M5}{h4}$ в) $\varnothing 400 \frac{H7}{s7}$	1. Отв. $\varnothing 60F8$ 2. Вал $\varnothing 95d11$	Подш.6-412 $F_r = 18000$ Н перегр. 300% внутр. – Ц $d_{отв} / d = 0,48$	$M64 - \frac{5G}{5h4h}$
5	а) $\varnothing 200 \frac{D8}{h8}$ б) $\varnothing 30 \frac{H6}{j_s 5}$ в) $\varnothing 10 \frac{S7}{h6}$	1. Отв. $\varnothing 10H7$ 2. Вал $\varnothing 50f9$	Подш.6-205 $F_r = 4500$ Н сильн. удары наруж. – М $d_{отв} / d = 0,82$	$M4 - \frac{5G}{5g6g}$
6	а) $\varnothing 50 \frac{H9}{d9}$ б) $\varnothing 120 \frac{J_s 7}{h6}$ в) $\varnothing 200 \frac{R7}{h6}$	1. Отв. $\varnothing 20E9$ 2. Вал $\varnothing 60n6$	Подш.410 $F_r = 15000$ Н перегр. 300% наруж. – Ц $D / D_{корп} = 0,75$	$M60 - \frac{7H}{7g6g}$

Вар.	Курс. раб. №1	Курс. раб. №2	Курс. раб. №3	Курс. раб. №4
7	а) $\varnothing 500 \frac{H8}{c8}$ б) $\varnothing 250 \frac{K7}{h6}$ в) $\varnothing 80 \frac{H8}{s7}$	1. Отв. $\varnothing 5H9$ 2. Вал $\varnothing 70k6$	Подш.5-205 $F_r = 5000$ Н перегр. 300% внутр. – М $D/D_{\text{корп}} = 0,85$	$M3 - \frac{4H}{3h4h}$
8	а) $\varnothing 18 \frac{F7}{h7}$ б) $\varnothing 30 \frac{N8}{h7}$ в) $\varnothing 50 \frac{H7}{t6}$	1. Отв. $\varnothing 18K7$ 2. Вал $\varnothing 45h9$	Подш.6-409 $F_r = 13000$ Н сильн. удары внутр. – Ц $d_{\text{отв}}/d = 0,46$	$M56 - \frac{7G}{7g6g}$
9	а) $\varnothing 400 \frac{H7}{g6}$ б) $\varnothing 180 \frac{M7}{h6}$ в) $\varnothing 40 \frac{H7}{p6}$	1. Отв. $\varnothing 80H11$ 2. Вал $\varnothing 50r6$	Подш.206 $F_r = 5500$ Н умерен. внутр. – Ц $d_{\text{отв}}/d = 0,7$	$M2,5 - \frac{4H5H}{4g}$
10	а) $\varnothing 10 \frac{H11}{d11}$ б) $\varnothing 50 \frac{N5}{h4}$ в) $\varnothing 120 \frac{R7}{h7}$	1. Отв. $\varnothing 120H12$ 2. Вал $\varnothing 60s7$	Подш.408 $F_r = 12000$ Н перегр. 300% внутр. – М $D/D_{\text{корп}} = 0,72$	$M52 - \frac{7H}{7e6e}$
11	а) $\varnothing 30 \frac{H9}{e9}$ б) $\varnothing 80 \frac{H7}{j_s6}$ в) $\varnothing 250 \frac{S7}{h6}$	1. Отв. $\varnothing 70N7$ 2. Вал $\varnothing 40d10$	Подш.6-206 $F_r = 6000$ Н сильн. удары наруж. – М $d_{\text{отв}}/d = 0,5$	$M2 - \frac{5H}{5h6h}$
12	а) $\varnothing 50 \frac{D10}{h10}$ б) $\varnothing 120 \frac{M8}{h7}$ в) $\varnothing 315 \frac{H7}{s7}$	1. Отв. $\varnothing 20F9$ 2. Вал $\varnothing 50f7$	Подш.6-407 $F_r = 11000$ Н сильн. удары наруж. – М $d_{\text{отв}}/d = 0,5$	$M48 - \frac{6G}{5g6g}$
13	а) $\varnothing 450 \frac{H10}{h10}$ б) $\varnothing 210 \frac{H7}{k6}$ в) $\varnothing 80 \frac{S7}{h6}$	1. Отв. $\varnothing 40D10$ 2. Вал $\varnothing 30j_s 6$	Подш.5-207 $F_r = 7000$ Н спок. внутр. – М $D/D_{\text{корп}} = 0,7$	$M7 - \frac{5H}{4h}$

Вар.	Курс. раб. №1	Курс. раб. №2	Курс. раб. №3	Курс. раб. №4
14	а) $\varnothing 315 \frac{H9}{f9}$ б) $\varnothing 180 \frac{H8}{m7}$ в) $\varnothing 50 \frac{T7}{h6}$	1. Отв. $\varnothing 30H6$ 2. Вал $\varnothing 100e9$	Подш.6-406 $F_r = 10000$ Н перегр. 300% наруж. – Ц $D/D_{\text{корп}} = 0,72$	$M45 - \frac{6H}{6e}$
15	а) $\varnothing 280 \frac{D10}{h9}$ б) $\varnothing 160 \frac{N9}{h9}$ в) $\varnothing 30 \frac{H7}{r6}$	1. Отв. $\varnothing 10H10$ 2. Вал $\varnothing 80g6$	Подш.207 $F_r = 7500$ Н перегр. 300% внутр. – М $D/D_{\text{корп}} = 0,75$	$M8 - \frac{7G}{7e6e}$
16	а) $\varnothing 220 \frac{H8}{e8}$ б) $\varnothing 120 \frac{J_s 8}{h8}$ в) $\varnothing 100 \frac{H7}{t6}$	1. Отв. $\varnothing 50B11$ 2. Вал $\varnothing 20d8$	Подш.6-316 $F_r = 18000$ Н сильн. удары наруж. – М $d_{\text{отв}} / d = 0,48$	$M42 - \frac{7G}{6h}$
17	а) $\varnothing 3 \frac{H6}{g6}$ б) $\varnothing 18 \frac{J_s 7}{h6}$ в) $\varnothing 30 \frac{H6}{s5}$	1. Отв. $\varnothing 8H6$ 2. Вал $\varnothing 150c11$	Подш.6-208 $F_r = 8000$ Н умерен. внутр. – Ц $d_{\text{отв}} / d = 0,5$	$M9 - \frac{6H}{5h4h}$
18	а) $\varnothing 6 \frac{G6}{h5}$ б) $\varnothing 30 \frac{K5}{h4}$ в) $\varnothing 50 \frac{H8}{u8}$	1. Отв. $\varnothing 18D9$ 2. Вал $\varnothing 180r6$	Подш.315 $F_r = 15000$ Н умерен. внутр. – М $D/D_{\text{корп}} = 0,72$	$M39 - \frac{6G}{5h6h}$
19	а) $\varnothing 10 \frac{H5}{g4}$ б) $\varnothing 40 \frac{H6}{j_s 5}$ в) $\varnothing 80 \frac{P6}{h5}$	1. Отв. $\varnothing 18C11$ 2. Вал $\varnothing 140p6$	Подш.208 $F_r = 8500$ Н сильн. удары наруж. – Ц $D/D_{\text{корп}} = 0,65$	$M10 - \frac{5H6H}{6g}$
20	а) $\varnothing 18 \frac{F8}{h6}$ б) $\varnothing 50 \frac{M5}{h4}$ в) $\varnothing 120 \frac{H8}{u8}$	1. Отв. $\varnothing 150E9$ 2. Вал $\varnothing 10k6$	Подш.6-316 $F_r = 14000$ Н перегр. 300% внутр. – М $D/D_{\text{корп}} = 0,6$	$M36 - \frac{5H}{5g6g}$

Вар.	Курс. раб. №1	Курс. раб. №2	Курс. раб. №3	Курс. раб. №4
21	а) $\emptyset 30 \frac{H6}{f6}$ б) $\emptyset 80 \frac{N5}{h4}$ в) $\emptyset 180 \frac{H8}{x8}$	1. Отв. $\emptyset 3D11$ 2. Вал $\emptyset 25z8$	Подш.6-206 $F_r = 9000$ Н умерен. наруж. – М $d_{отв} / d = 0,6$	$M11 - \frac{6H}{5h4h}$
22	а) $\emptyset 50 \frac{D8}{h7}$ б) $\emptyset 120 \frac{K5}{h4}$ в) $\emptyset 250 \frac{H7}{p6}$	1. Отв. $\emptyset 40B11$ 2. Вал $\emptyset 6m6$	Подш.313 $F_r = 13000$ Н сильн. удары внутр. – М $D / D_{корп} = 0,72$	$M33 - \frac{7H}{9g8g}$
23	а) $\emptyset 500 \frac{H8}{f7}$ б) $\emptyset 315 \frac{H6}{k5}$ в) $\emptyset 18 \frac{S7}{h6}$	1. Отв. $\emptyset 1CD7$ 2. Вал $\emptyset 25h9$	Подш.209 $F_r = 9500$ Н перегр. 300% внутр. – М $D / D_{корп} = 0,6$	$M12 - \frac{4H5H}{3h4h}$
24	а) $\emptyset 400 \frac{E9}{h9}$ б) $\emptyset 250 \frac{M7}{h6}$ в) $\emptyset 10 \frac{H8}{z8}$	1. Отв. $\emptyset 5M8$ 2. Вал $\emptyset 20h11$	Подш.6-312 $F_r = 12000$ Н умерен. внутр. – Ц $d_{отв} / d = 0,75$	$M30 - \frac{5H6H}{5g6g}$
25	а) $\emptyset 315 \frac{H9}{e9}$ б) $\emptyset 180 \frac{H5}{m4}$ в) $\emptyset 30 \frac{P7}{h6}$	1. Отв. $\emptyset 150F9$ 2. Вал $\emptyset 3n6$	Подш.5-209 $F_r = 10000$ Н умерен. внутр. – Ц $d_{отв} / d = 0,6$	$M14 - \frac{6H}{6e}$
26	а) $\emptyset 250 \frac{F7}{h6}$ б) $\emptyset 120 \frac{J_s 5}{h4}$ в) $\emptyset 18 \frac{H6}{s6}$	1. Отв. $\emptyset 45N8$ 2. Вал $\emptyset 10f9$	Подш.312 $F_r = 11500$ Н перегр. 300% внутр. – М $D / D_{корп} = 0,6$	$M27 - \frac{8G}{7g6g}$
27	а) $\emptyset 3 \frac{H5}{g4}$ б) $\emptyset 30 \frac{H7}{m6}$ в) $\emptyset 180 \frac{T7}{h6}$	1. Отв. $\emptyset 50C11$ 2. Вал $\emptyset 18g7$	Подш.6-210 $F_r = 10500$ Н сильн. удары внутр. – М $D / D_{корп} = 0,65$	$M16 - \frac{6G}{5h6h}$



Вар.	Курс. раб. №1	Курс. раб. №2	Курс. раб. №3	Курс. раб. №4
28	а) $\varnothing 6 \frac{H7}{f7}$ б) $\varnothing 50 \frac{K5}{h4}$ в) $\varnothing 250 \frac{R7}{h6}$	1. Отв. $\varnothing 1F7$ 2. Вал $\varnothing 20h9$	Подш.5-311 $F_r = 11000$ Н умерен. наруж. – Ц $D/D_{\text{корп}} = 0,72$	$M24 - \frac{5H6H}{6h}$
29	а) $\varnothing 10 \frac{H8}{h7}$ б) $\varnothing 65 \frac{H8}{n7}$ в) $\varnothing 315 \frac{P7}{h6}$	1. Отв. $\varnothing 12C8$ 2. Вал $\varnothing 180a11$	Подш.211 $F_r = 10500$ Н перегр. 300% внутр. – Ц $d_{\text{отв}}/d = 0,82$	$M20 - \frac{6G}{5g6g}$
30	а) $\varnothing 18 \frac{F7}{h6}$ б) $\varnothing 80 \frac{M5}{h4}$ в) $\varnothing 350 \frac{H7}{t6}$	1. Отв. $\varnothing 18N9$ 2. Вал $\varnothing 150j_s7$	Подш.6-310 $F_r = 10500$ Н сильн. удары внутр. – М $D/D_{\text{корп}} = 0,6$	$M18 - \frac{6H}{5g6g}$
31	а) $\varnothing 30 \frac{H7}{e7}$ б) $\varnothing 95 \frac{H6}{n5}$ в) $\varnothing 400 \frac{U8}{h7}$	1. Отв. $\varnothing 12C9$ 2. Вал $\varnothing 18c8$	Подш.6-212 $F_r = 11000$ Н умерен. наруж. – Ц $D/D_{\text{корп}} = 0,8$	$M22 - \frac{6H}{5h6h}$
32	а) $\varnothing 50 \frac{H11}{d11}$ б) $\varnothing 120 \frac{H5}{n4}$ в) $\varnothing 500 \frac{P6}{h5}$	1. Отв. $\varnothing 25G7$ 2. Вал $\varnothing 10e9$	Подш.310 $F_r = 10000$ Н умерен. внутр. – Ц $d_{\text{отв}}/d = 0,8$	$M2 - \frac{4H5H}{4g}$
33	а) $\varnothing 450 \frac{H10}{d10}$ б) $\varnothing 180 \frac{H6}{m5}$ в) $\varnothing 3 \frac{S7}{h6}$	1. Отв. $\varnothing 180S7$ 2. Вал $\varnothing 40d9$	Подш.212 $F_r = 11500$ Н перегр. 300% наруж. – Ц $D/D_{\text{корп}} = 0,5$	$M68 - \frac{6H}{5h6h}$
34	а) $\varnothing 400 \frac{F8}{h6}$ б) $\varnothing 150 \frac{J_s 6}{h5}$ в) $\varnothing 6 \frac{H6}{r5}$	15. Отв. $\varnothing 65D8$ 2. Вал $\varnothing 80b12$	Подш.6-309 $F_r = 9500$ Н перегр. 300% внутр. – М $D/D_{\text{корп}} = 0,6$	$M3 - \frac{5G}{5g6g}$

Вар.	Курс. раб. №1	Курс. раб. №2	Курс. раб. №3	Курс. раб. №4
35	а) $\varnothing 315 \frac{B11}{h11}$ б) $\varnothing 120 \frac{K7}{h6}$ в) $\varnothing 10 \frac{H6}{s5}$	1. Отв. $\varnothing 18B12$ 2. Вал $\varnothing 65h8$	Подш.6-214 $F_r = 12000$ Н умерен. внутр. – Ц $d_{отв} / d = 0,6$	$M64 - \frac{7H}{5h6h}$
36	а) $\varnothing 250 \frac{D9}{h8}$ б) $\varnothing 80 \frac{H7}{n6}$ в) $\varnothing 18 \frac{H6}{r5}$	1. Отв. $\varnothing 120K7$ 2. Вал $\varnothing 12h12$	Подш.309 $F_r = 9000$ Н сильн. удары внутр. – Ц $d_{отв} / d = 0,7$	$M4 - \frac{5G}{5h4h}$
37	а) $\varnothing 180 \frac{F9}{h9}$ б) $\varnothing 65 \frac{J_s 5}{h4}$ в) $\varnothing 30 \frac{H6}{p5}$	1. Отв. $\varnothing 3G7$ 2. Вал $\varnothing 120h9$	Подш.214 $F_r = 13000$ Н сильн. удары внутр. – М $D / D_{корп} = 0,5$	$M60 - \frac{7G}{7e6e}$
38	а) $\varnothing 300 \frac{H5}{h4}$ б) $\varnothing 3 \frac{H6}{n5}$ в) $\varnothing 50 \frac{U8}{h7}$	1. Отв. $\varnothing 6F8$ 2. Вал $\varnothing 180d10$	Подш.6-215 $F_r = 13500$ Н умерен. внутр. – Ц $d_{отв} / d = 0,75$	$M5 - \frac{5G}{5h6h}$
39	а) $\varnothing 280 \frac{G7}{h6}$ б) $\varnothing 6 \frac{N6}{h5}$ в) $\varnothing 60 \frac{H8}{s7}$	1. Отв. $\varnothing 18E9$ 2. Вал $\varnothing 25r6$	Подш.6-308 $F_r = 7500$ Н умерен. наруж. – М $d_{отв} / d = 0,48$	$M56 - \frac{7G}{6h}$
40	а) $\varnothing 250 \frac{E8}{h7}$ б) $\varnothing 10 \frac{H8}{n7}$ в) $\varnothing 80 \frac{H7}{t6}$	1. Отв. $\varnothing 30D10$ 2. Вал $\varnothing 100m6$	Подш.215 $F_r = 14000$ Н сильн. удары наруж. – Ц $D / D_{корп} = 0,6$	$M6 - \frac{4H5H}{4g}$
41	а) $\varnothing 180 \frac{H9}{f8}$ б) $\varnothing 18 \frac{H6}{k5}$ в) $\varnothing 100 \frac{R7}{h6}$	1. Отв. $\varnothing 50C11$ 2. Вал $\varnothing 40e8$	Подш.308 $F_r = 7500$ Н сильн. удары внутр. – Ц $d_{отв} / d = 0,5$	$M52 - \frac{7G}{7g6g}$

Вар.	Курс. раб. №1	Курс. раб. №2	Курс. раб. №3	Курс. раб. №4
42	а) $\emptyset 6 \frac{G6}{h5}$ б) $\emptyset 80 \frac{M5}{h4}$ в) $\emptyset 180 \frac{H7}{u7}$	1. Отв. $\emptyset 80D9$ 2. Вал $\emptyset 50k6$	Подш.6-216 $F_r = 15000$ Н умерен. наруж. – М $d_{отв} / d = 0,45$	$M8 - \frac{6G}{5h6h}$
43	а) $\emptyset 10 \frac{H7}{g6}$ б) $\emptyset 120 \frac{H8}{j_s 7}$ в) $\emptyset 200 \frac{P7}{h6}$	1. Отв. $\emptyset 120B11$ 2. Вал $\emptyset 1h7$	Подш.5-307 $F_r = 7000$ Н умерен. внутр. – Ц $d_{отв} / d = 0,82$	$M48 - \frac{6H}{5g6g}$
44	а) $\emptyset 18 \frac{H8}{d8}$ б) $\emptyset 150 \frac{N5}{h4}$ в) $\emptyset 250 \frac{S7}{h6}$	1. Отв. $\emptyset 180D10$ 2. Вал $\emptyset 3k7$	Подш.216 $F_r = 15000$ Н перегр. 300% внутр. – М $D / D_{корп} = 0,5$	$M10 - \frac{7G}{6g}$
45	а) $\emptyset 30 \frac{D9}{h8}$ б) $\emptyset 180 \frac{N6}{h5}$ в) $\emptyset 315 \frac{H8}{u8}$	1. Отв. $\emptyset 25E9$ 2. Вал $\emptyset 60s6$	Подш.307 $F_r = 7000$ Н перегр. 300% наруж. – М $d_{отв} / d = 0,45$	$M45 - \frac{6G}{5g6g}$
46	а) $\emptyset 50 \frac{H7}{e7}$ б) $\emptyset 200 \frac{K5}{h4}$ в) $\emptyset 400 \frac{S6}{h5}$	1. Отв. $\emptyset 80F9$ 2. Вал $\emptyset 30t6$	Подш.6-217 $F_r = 18000$ Н умерен. наруж. – Ц $D / D_{корп} = 0,6$	$M12 - \frac{5H6H}{5g6g}$
47	а) $\emptyset 50 \frac{H9}{f8}$ б) $\emptyset 6 \frac{H6}{k5}$ в) $\emptyset 450 \frac{U8}{h7}$	1. Отв. $\emptyset 35F8$ 2. Вал $\emptyset 18h12$	Подш.6-306 $F_r = 6500$ Н умерен. внутр. – Ц $d_{отв} / d = 0,7$	$M42 - \frac{4H5H}{4h}$
48	а) $\emptyset 65 \frac{D8}{h6}$ б) $\emptyset 10 \frac{N8}{h7}$ в) $\emptyset 500 \frac{H7}{p6}$	1. Отв. $\emptyset 110D8$ 2. Вал $\emptyset 45a11$	Подш.217 $F_r = 18000$ Н сильн. удары наруж. – Ц $D / D_{корп} = 0,45$	$M10 - \frac{5H6H}{6e}$

Вар.	Курс. раб. №1	Курс. раб. №2	Курс. раб. №3	Курс. раб. №4
49	а) $\varnothing 80 \frac{H7}{h6}$ б) $\varnothing 18 \frac{N9}{h9}$ в) $\varnothing 350 \frac{H8}{s7}$	1. Отв. $\varnothing 150F7$ 2. Вал $\varnothing 50d11$	Подш.305 $F_r = 6000$ Н сильн. удары внутр. – Ц $d_{отв} / d = 0,75$	$M39 - \frac{6H}{5h6h}$
50	а) $\varnothing 95 \frac{F9}{h9}$ б) $\varnothing 30 \frac{M8}{h7}$ в) $\varnothing 315 \frac{H7}{p6}$	1. Отв. $\varnothing 50G7$ 2. Вал $\varnothing 80d10$	Подш.6-218 $F_r = 19000$ Н умерен. внутр. – М $D / D_{корп} = 0,6$	$M20 - \frac{6G}{5h6h}$
51	а) $\varnothing 120 \frac{F8}{h8}$ б) $\varnothing 50 \frac{H8}{m7}$ в) $\varnothing 280 \frac{H6}{s5}$	1. Отв. $\varnothing 10G6$ 2. Вал $\varnothing 120e9$	Подш.5-305 $F_r = 6000$ Н спок. наруж. – М $d_{отв} / d = 0,8$	$M36 - \frac{7G}{7e6e}$
52	а) $\varnothing 150 \frac{H11}{b11}$ б) $\varnothing 80 \frac{H8}{j_s7}$ в) $\varnothing 250 \frac{R7}{h6}$	1. Отв. $\varnothing 3F7$ 2. Вал $\varnothing 180f9$	Подш.218 $F_r = 19000$ Н перегр. 300% внутр. – М $D / D_{корп} = 0,5$	$M24 - \frac{6G}{5g6g}$
53	а) $\varnothing 180 \frac{F7}{h6}$ б) $\varnothing 3 \frac{K8}{h7}$ в) $\varnothing 80 \frac{H6}{r6}$	1. Отв. $\varnothing 6H7$ 2. Вал $\varnothing 50d9$	Подш.304 $F_r = 6000$ Н сильн. удары наруж. – М $d_{отв} / d = 0,6$	$M33 - \frac{5H6H}{6h}$
54	а) $\varnothing 250 \frac{H8}{c8}$ б) $\varnothing 60 \frac{R7}{h6}$ в) $\varnothing 50 \frac{H8}{x8}$	1. Отв. $\varnothing 10H8$ 2. Вал $\varnothing 30d10$	Подш.220 $F_r = 20000$ Н умерен. внутр. – М $D / D_{корп} = 0,72$	$M30 - \frac{6G}{6d}$
55	а) $\varnothing 250 \frac{H7}{c8}$ б) $\varnothing 120 \frac{H6}{n5}$ в) $\varnothing 80 \frac{P6}{h5}$	1. Отв. $\varnothing 18G6$ 2. Вал $\varnothing 180e9$	Подш.416 $F_r = 22000$ Н сильн. удары наруж. – Ц $D / D_{корп} = 0,55$	$M27 - \frac{7G}{7e6e}$

Вар.	Курс. раб. №1	Курс. раб. №2	Курс. раб. №3	Курс. раб. №4
56	а) $\varnothing 180 \frac{H8}{h8}$ б) $\varnothing 100 \frac{H7}{n6}$ в) $\varnothing 50 \frac{P7}{h6}$	1. Отв. $\varnothing 30T7$ 2. Вал $\varnothing 80b11$	Подш.5-302 $F_r = 5000$ Н умерен. наруж. – М $d_{отв} / d = 0,72$	$M24 - \frac{8G}{7h6h}$
57	а) $\varnothing 120 \frac{D8}{h8}$ б) $\varnothing 80 \frac{H8}{m7}$ в) $\varnothing 30 \frac{H8}{s7}$	1. Отв. $\varnothing 50U8$ 2. Вал $\varnothing 20d9$	Подш.6-414 $F_r = 18000$ Н перегр. 300% внутр. – М $D / D_{корп} = 0,5$	$M22 - \frac{4H}{3h4h}$
58	а) $\varnothing 80 \frac{H6}{f6}$ б) $\varnothing 50 \frac{H7}{j_s6}$ в) $\varnothing 18 \frac{T7}{h6}$	1. Отв. $\varnothing 80D10$ 2. Вал $\varnothing 30n7$	Подш.303 $F_r = 7000$ Н сильн. удары наруж. – М $d_{отв} / d = 0,45$	$M18 - \frac{4H5H}{4g}$
59	а) $\varnothing 50 \frac{H8}{d9}$ б) $\varnothing 30 \frac{H7}{k6}$ в) $\varnothing 120 \frac{S7}{h6}$	1. Отв. $\varnothing 120H7$ 2. Вал $\varnothing 50d11$	Подш.5-304 $F_r = 8000$ Н перегр. 150% внутр. – М $D / D_{корп} = 0,72$	$M14 - \frac{5H}{5h4h}$
60	а) $\varnothing 30 \frac{F8}{h7}$ б) $\varnothing 18 \frac{H6}{k5}$ в) $\varnothing 180 \frac{R7}{h6}$	1. Отв. $\varnothing 150H8$ 2. Вал $\varnothing 480b12$	Подш.6-308 $F_r = 10500$ Н сильн. удары наруж. – Ц $D / D_{корп} = 0,82$	$M10 - \frac{6H}{5g6g}$
61	а) $\varnothing 18 \frac{H8}{e8}$ б) $\varnothing 10 \frac{N8}{h7}$ в) $\varnothing 250 \frac{P7}{h6}$	1. Отв. $\varnothing 180N8$ 2. Вал $\varnothing 120h9$	Подш.216 $F_r = 12000$ Н сильн. удары наруж. – М $d_{отв} / d = 0,5$	$M8 - \frac{4H5H}{4h}$
62	а) $\varnothing 10 \frac{D10}{h9}$ б) $\varnothing 6 \frac{H5}{j_s4}$ в) $\varnothing 400 \frac{H7}{p6}$	1. Отв. $\varnothing 6F9$ 2. Вал $\varnothing 180u8$	Подш.6-214 $F_r = 14000$ Н умерен. внутр. – Ц $d_{отв} / d = 0,55$	$M6 - \frac{5G}{5h4h}$

## О Г Л А В Л Е Н И Е

<b>Введение</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Курсовая работа № 1</b> «Посадки гладких цилиндрических соединений».....	<b>6</b>
1.1 Общие сведения.....	<b>6</b>
1.2. Порядок выполнения курсовой работы.....	<b>11</b>
<b>2.Курсовая работа №2</b> «Расчет исполнительных размеров калибров»	<b>13</b>
2.1. Общие сведения.....	<b>13</b>
2.2. Порядок выполнения курсовой работы.....	<b>19</b>
<b>3. Курсовая работа №3</b> «Выбор посадок подшипников качения».....	<b>23</b>
3.1. Общие сведения.....	<b>23</b>
3.2. Порядок выполнения курсовой работы.....	<b>30</b>
3.2.1. Выбор посадки вращающегося кольца подшипника.....	<b>30</b>
3.2.2. Определение натяга в соединении вращающегося кольца.....	<b>35</b>
3.2.3.Выбор посадки неподвижного кольца подшипника.....	<b>37</b>
<b>4. Курсовая работа №4</b> «Определение элементов резьбового соединения».....	<b>39</b>
4.1. Общие сведения.....	<b>39</b>
4.2. Порядок выполнения курсовой работы.....	<b>49</b>
<b>Литература</b> .....	<b>52</b>
<b>Приложение</b> .....	<b>53</b>

Учебное издание

Леонтьев Б.С.  
Галлямов Р.Ф.

# МЕТРОЛОГИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К КУРСОВЫМ РАБОТАМ

Корректор Габдурахимова Т.М.  
Худ. редактор Федорова Л.Г.

Сдано в набор 23.06.2011.  
Подписано в печать 27.12.2011.  
Бумага писчая. Гарнитура Таймс.  
Усл. печ. л. 3,9. Тираж 100.  
Заказ №55.

НХТИ (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ»,  
г. Нижнекамск, 423570, ул. 30 лет Победы, д. 5а.