

Министерство сельского хозяйства РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

М. И. Чеботарёв, М. Р. Кадыров

# НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Учебное пособие

Рекомендуется Научно-методическим советом по технологиям, средствам механизации и энергетическому оборудованию в сельском хозяйстве для использования в учебном процессе при подготовке бакалавров по направлению «Агроинженерия»

Краснодар  
КубГАУ  
2016

**УДК 621.71(075.8)**

**ББК 34.41**

**Ч-34**

**Рецензент:**

**Е. И. Винецкий** – д-р техн. наук, профессор  
(ГНУ ВНИИТТИ Россельхозакадемии)

**А. Г. Черноиванов** – директор  
(Северо–Кавказский научный центр ГОСНИТИ)

**Е. И. Трубилин** – д-р техн. наук, профессор  
(Кубанский государственный аграрный университет)

**Чеботарёв М. И.**

**Ч-34** Нормирование точности и технические измерения деталей : учеб. пособие / М. И. Чеботарёв, М. Р. Кадыров. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 146 с.

**ISBN 978-5-00097-055-3**

В пособии приводятся теоретические сведения, методика расчета и решения заданий по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация», приводится пример выполнения заданий по дисциплине.

Предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия», профиль «Технические системы в агробизнесе» (академический и прикладной бакалавриат).

**УДК 621.71(075.8)**

**ББК 34.41**

© М. И. Чеботарёв,  
М. Р. Кадыров, 2016

© ФГБОУ ВПО «Кубанский  
государственный аграрный  
университет», 2016

**ISBN 978-5-00097-055-3**

## ВВЕДЕНИЕ

В решении задач совершенствования обслуживания и ремонта техники особое значение приобретают стандартизация и взаимозаменяемость, в частности обеспечение оптимальной точности размеров, формы и расположения поверхностей деталей.

Большое значение в достижении эффективности ремонтно-обслуживающего производства имеет организация технического сервиса машин на основе взаимозаменяемости, создание и применение надежных средств технологических измерений и контроля.

Взаимозаменяемость на всех этапах производства, эксплуатации и технического сервиса машин обеспечивается строгим соблюдением допусков и посадок, установленных соответствующими стандартами и зафиксированных после их расчета или выбора в технической документации (чертежах, технологических картах, технических требованиях и т. д.). Этой документацией при выполнении тех или иных операций технологического процесса руководствуется каждый специалист. Часто специалист в своей повседневной работе сталкивается с необходимостью чтения чертежей, на которых обозначены предельные отклонения и допуски, параметры шероховатости. Кроме того, он должен быстро проводить простейшие расчеты по допускам и посадкам, уметь правильно выбирать необходимый измерительный инструмент, пользоваться в необходимых случаях справочными пособиями.

Освоение курса «Метрология, стандартизация и сертификация» является частью профессиональной подготовки специалистов.

Пособие содержит теоретические сведения, справочные таблицы и примеры выполнения некоторых расчетов по взаимозаменяемости. В нем даны основные сведения (и числовые значения) по допускам и посадкам гладких соединений, допускам формы и расположения поверхностей, шероховатости и др., необходимые при проектировании, конструировании и разработке сборочных и детальных чертежей, выполнении курсовых и дипломных проектов.

# 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ДОПУСКАХ И ПОСАДКАХ

## 1.1 Основные термины и определения (по ГОСТ 25346)

Детали, частично или полностью входящие одна в другую, образуют подвижное или неподвижное **соединение**. В соединениях деталей различают элементы:

– **вал** – термин, условно применяемый для обозначения наружных элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы;

– **отверстие** – термин, условно применяемый для обозначения внутренних элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы.

Элементы деталей, из которых состоят соединения, характеризуются размерами.

**Размер** – числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т. д.) в выбранных единицах измерения. В машиностроении все размеры принято указывать в миллиметрах:

1 мм = 1000 мкм; 1 мкм = 0,001 мм.

Различают номинальный, действительный и предельные размеры.

**Номинальный размер** – размер, относительно которого определяются отклонения. Размеры диаметров, относящиеся к отверстиям, обозначают прописной  $D$ , а к валам – строчной  $d$  буквами латинского алфавита. Значение номинального размера определяется конструктором расчетами на прочность, жесткость, усталость или его выбирают, исходя из конструктивных соображений, а затем округляют до ближайшего, как правило, большего размера из ряда нормальных линейных размеров. Этот **размер указывают на чертеже и в технической документации**, и он является номинальным.

**Действительный размер**  $D_d, d_d$  – размер элемента, установленный измерением с допустимой погрешностью. Это размер, который выявляется экспериментальным путем, т. е. измерением, и называется действительным, если он выявлен с допустимой погрешностью, установленной нормативными документами.

**Предельные размеры** – это два предельно допустимых размера элемента детали, между которыми должен находиться или может быть равен им действительный размер годной детали. Большой из них называется **наибольшим предельным размером**, а меньший – **наименьшим предельным размером**. Эти размеры могут быть больше или меньше номинального размера и могут совпадать с номинальным размером.

Предельные размеры принято обозначать  $D_{max}, D_{min}$  – для отверстий,  $d_{max}, d_{min}$  – для валов (рисунок 1.1). Из рассмотренного определения вытекает условие пригодности действительного размера:

– для отверстия

$$D_{min} \leq D_d \leq D_{max}; \quad (1.1)$$

– для вала

$$d_{min} \leq d_d \leq d_{max}. \quad (1.2)$$

Для упрощения чертежей ГОСТ 25346 вводит понятия предельных отклонений от номинального размера (рисунок 1.1):

– **верхнее отклонение**  $ES, es$  – алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами:

– для отверстия

$$ES = D_{max} - D; \quad (1.3)$$

– для вала

$$es = d_{max} - d; \quad (1.4)$$

– **нижнее отклонение**  $EI, ei$  – алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами:

– для отверстия

$$EI = D_{min} - D; \quad (1.5)$$

– для вала

$$ei = d_{min} - d; \quad (1.6)$$

– **среднее отклонение**  $E_c, e_c$  – среднее арифметическое верхнего и нижнего отклонений:

– для отверстия

$$E_c = 0,5(ES + EI); \quad (1.7)$$

– для вала

$$e_c = 0,5(es + ei); \quad (1.8)$$

– **действительное отклонение** – алгебраическая разность между действительным и соответствующим номинальным размерами.

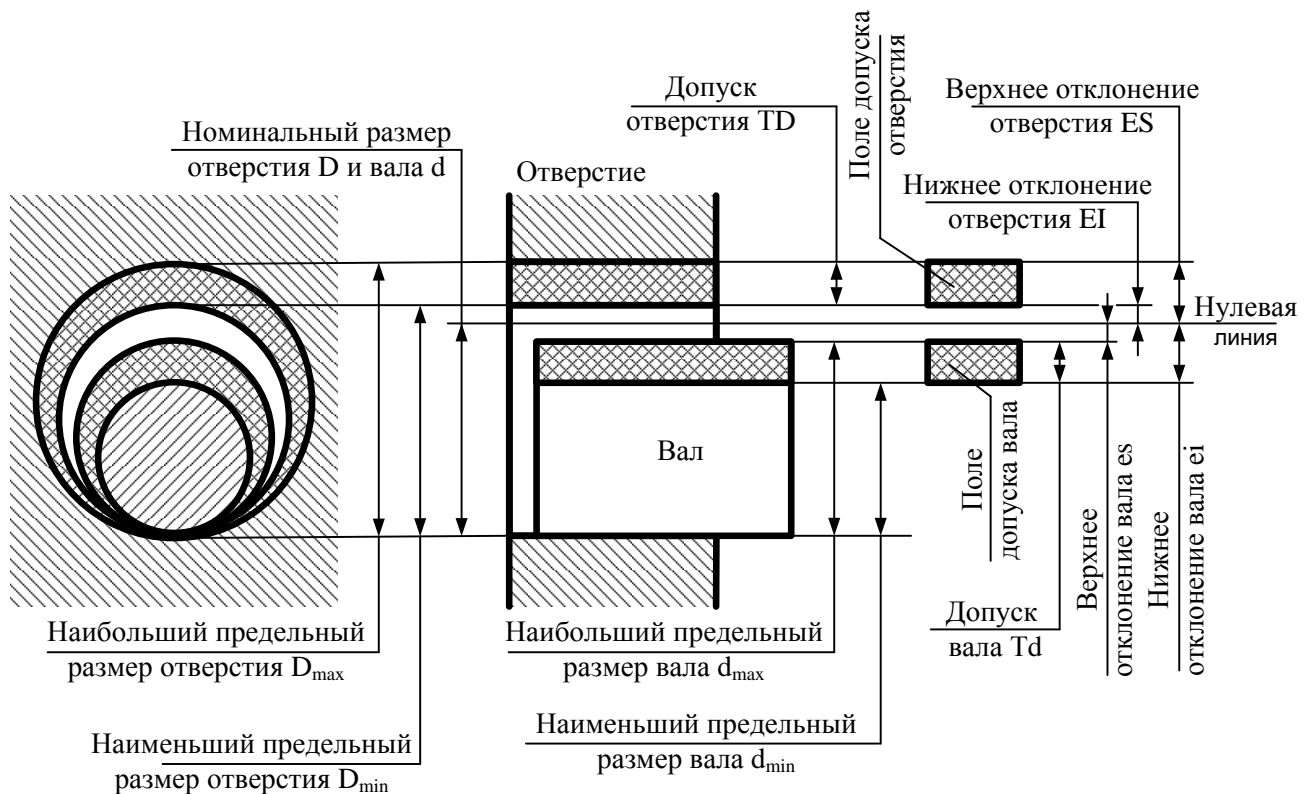


Рисунок 1.1 – Графическое представление размеров, отклонений и допусков отверстия и вала

Отклонения могут быть положительными, если предельный или действительный размер больше номинального, и отрицательными, если предельный или действительный размер меньше номинального.

**На чертежах и в технической документации** номинальные и предельные размеры, а также их отклонения согласно ГОСТ 2.307 *указывают в миллиметрах без обозначения единицы*. Например,  $25^{+0,015}$ ;  $35_{-0,012}$ ;  $73^{+0,045}$ .

При равенстве абсолютных значений отклонений они указываются один раз со знаком «±» рядом с номинальным размером. Например,  $12 \pm 0,032$ ,  $78 \pm 0,04$ .

Отклонение, равное нулю, на чертежах не проставляется. Наносят только одно отклонение: положительное – его наносят на месте верхнего отклонения, а отрицательное наносят на месте нижнего отклонения. Например,  $45^{+0,021}$ ;  $86_{-0,022}$ .

Одним из основных понятий, определяющих точность изготовления деталей, является допуск размера.

**Допуск  $T$**  – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами, а также абсолютная величина разности между верхним и нижним отклонениями (рисунок 1.1):

- допуск размера **отверстия**

$$TD = D_{max} - D_{min} = ES - EI; \quad (1.9)$$

- допуск размера **вала**

$$Td = d_{max} - d_{min} = es - ei. \quad (1.10)$$

Допуск характеризует точность размера и всегда является величиной положительной. С увеличением допуска качество деталей, как правило, снижается, а стоимость изготовления уменьшается.

На рисунке 1.1 (левая часть) представлено условное изображение отверстия и вала. Заштрихованная зона между предельными размерами является допуском. Такое изображение хотя и достаточно наглядно, но трудновыполнимо в масштабе, поскольку разница между значениями номинального размера, отклонений и допусков достаточно большая. Поэтому применяется графическое изображение допусков и предельных отклонений в виде **схемы расположения поля допуска**, представленной на рисунке 1.1 (правая часть).

**Поле допуска** – поле, ограниченное наибольшим и наименьшим предельными размерами. Поле определяется величиной допуска и его положением относительно номинального размера. При графическом изображении поле допуска заключается между двумя линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям относительно нулевой линии.

**Нулевая линия** – линия, соответствующая номинальному размеру. При графическом изображении полей допусков от этой линии откладываются отклонения размеров и посадок. Обычно нулевую линию располагают горизонтально, положительные отклонения откладывают вверх от нее, а отрицательные – вниз. Для нормирования точности соединяемых деталей введены понятия основной вал и основное отверстие (рисунок 1.2):

- **основной вал** – вал, верхнее отклонение которого равно нулю ( $es = 0$ );
- **основное отверстие** – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю ( $EI = 0$ ).

Когда говорят о деталях, находящихся в соединении, применяют термин посадка. **Посадка** – это характер соединения деталей, который определяется разностью их размеров до сборки. Посадка определяется величиной получающихся в соединении зазоров или натягов, которые характеризуют свободу относительного перемещения деталей в соединении или степень сопротивления их взаимному перемещению.

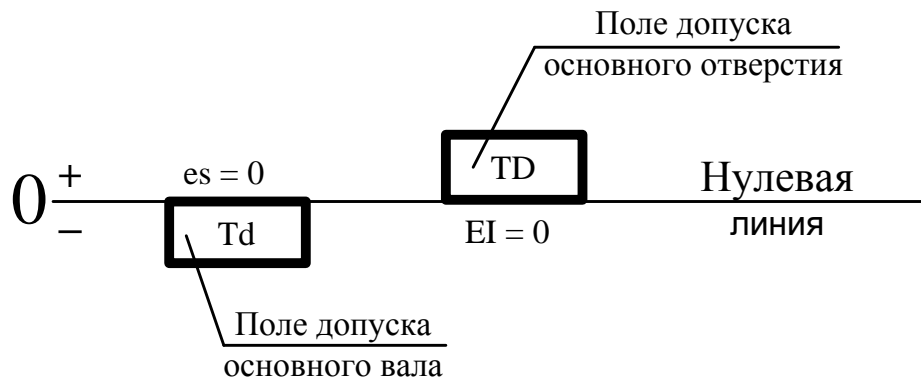


Рисунок 1.2 – Поля допусков основного вала и основного отверстия

**Зазор  $S$**  – это разность размеров отверстия и вала, при этом размер отверстия  $D$  больше размера вала  $d$ , как это представлено на рисунке 1.3 а:

$$S = D - d. \quad (1.11)$$

**Натяг  $N$**  – это разность размеров вала  $d$  и отверстия  $D$  до сборки, при этом размер вала больше размера отверстия (рисунок 1.3 б):

$$N = d - D. \quad (1.12)$$

Из последних определений вытекают равенства:

$$N = -S, \quad (1.13)$$

$$S = -N, \quad (1.14)$$

т.е. натяг есть отрицательный зазор и наоборот.

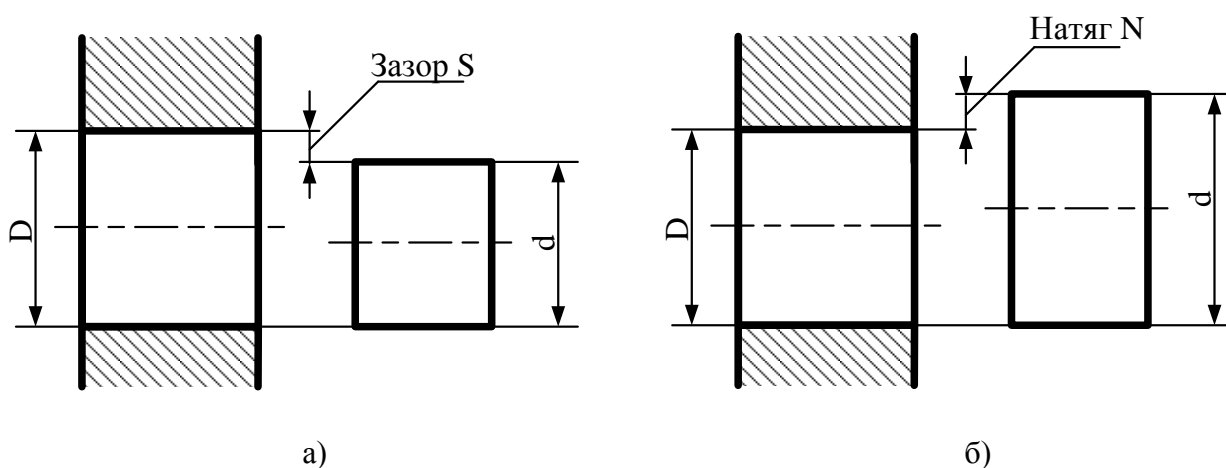


Рисунок 1.3 – Образование зазора (а) и натяга (б)

Рассеивание действительных размеров деталей в пределах допуска неизбежно приводит к колебаниям зазоров и натягов в собираемых соединениях.

Поэтому различают посадки с зазором, с натягом и переходные посадки.

**Посадка с зазором** – посадка, при которой всегда образуется зазор в соединении, т. е. *наименьший предельный размер отверстия больше наибольшего предельного размера вала или равен ему*. При графическом изображении поле допуска отверстия  $TD$  расположено над полем допуска вала  $Td$  (рисунок 1.4 а).

Посадка с зазором характеризуется следующими основными параметрами:

- наибольший зазор

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = ES - ei; \quad (1.15)$$

- наименьший зазор

$$S_{min} = D_{min} - d_{max} = EI - es; \quad (1.16)$$

- средний зазор

$$S_c = 0,5 (S_{max} + S_{min}); \quad (1.17)$$

- допуск посадки

$$T = TS = S_{max} - S_{min} = TD + Td. \quad (1.18)$$

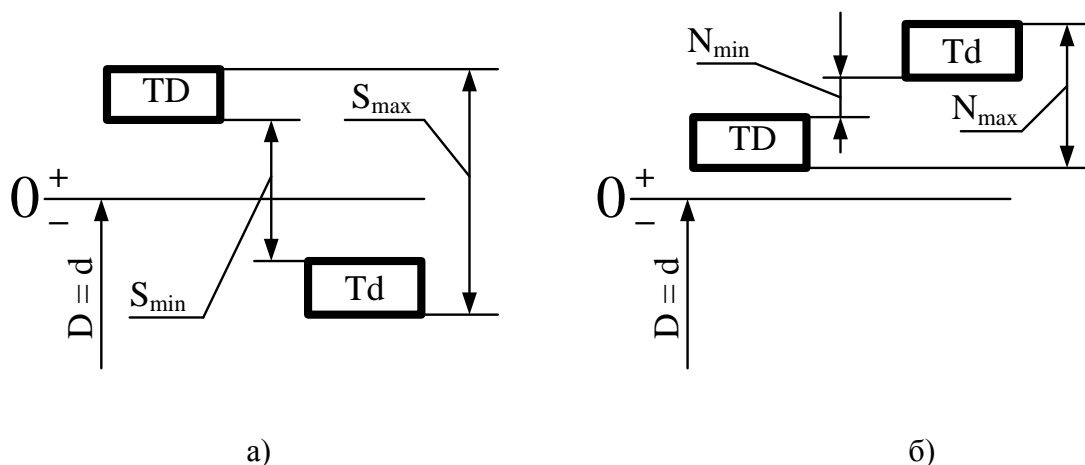


Рисунок 1.4 – Предельные значения зазоров и натягов в посадках с зазором (а) и с натягом (б)

К посадкам с зазором относятся и такие посадки, в которых нижняя граница поля допуска отверстия совпадает с верхней границей поля допуска вала, т. е.  $D_{min} = d_{max}$ . В этом случае  $S_{min} = 0$ .

**Посадка с натягом** – посадка, при которой всегда образуется натяг в соединении, т. е. *наибольший предельный размер отверстия меньше наименьшего предельного размера вала или равен ему*. При графическом изображении поле допуска отверстия  $TD$  расположено под полем допуска вала  $Td$  (рисунок 1.4 б).

Основными параметрами посадки с натягом являются:

- наибольший натяг

$$N_{max} = d_{max} - D_{min} = es - EI; \quad (1.19)$$

- наименьший натяг



$$N_{min} = d_{min} - D_{max} = ei - ES; \quad (1.20)$$

– средний натяг

$$N_c = 0,5 (N_{max} + N_{min}); \quad (1.21)$$

– допуск посадки

$$T = TN = N_{max} - N_{min} = TD + Td. \quad (1.22)$$

К посадкам с натягом также относятся такие посадки, в которых нижняя граница поля допуска вала совпадает с верхней границей поля допуска отверстия, т. е.  $D_{max} = d_{min}$ . В этом случае  $N_{min} = 0$ .

**Переходная посадка** – посадка, при которой возможно получение, как зазора, так и натяга в соединении в зависимости от действительных размеров отверстия и вала. При графическом изображении таких посадок *поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью*, как это представлено на рисунке 1.5. Таким образом, до образования конкретного соединения нельзя точно заранее сказать, что получится в этом соединении отверстия и вала – зазор или натяг. Поэтому в переходных посадках обычно рассчитывают вероятность появления зазоров и натягов.

Основными параметрами переходной посадки являются:

– наибольший зазор

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = ES - ei; \quad (1.23)$$

– наибольший натяг

$$N_{max} = d_{max} - D_{min} = es - EI; \quad (1.24)$$

– допуск посадки

$$T = TNS = S_{max} + N_{max} = TD + Td. \quad (1.25)$$

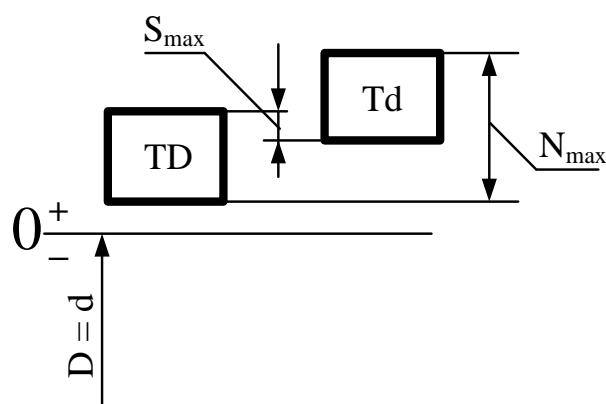


Рисунок 1.5 – Предельные значения зазоров и натягов в переходной посадке

## 2 ГЛАДКИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

### 2.1 Основные положения Единой системы допусков и посадок

Действующая в нашей стране (с 1977 г.) система допусков и посадок основана на стандартах и рекомендациях ISO (International Organization for Standardization) и получила название *Единая система допусков и посадок (ЕСДП)*.

ЕСДП – это совокупность рядов допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов. ЕСДП построена по определенным принципам и характеризуется рядом следующих основных положений:

1. С целью упрощения таблиц допусков и посадок **номинальные размеры**, охватываемые ЕСДП, **разбиты на диапазоны**: менее 1 мм; от 1 до 500 мм; свыше 500 мм до 3150 мм; свыше 3150 мм до 10000 мм; свыше 10000 мм до 40000 мм. Наиболее широко используемым в машиностроении является диапазон размеров до 500 мм.

Весь диапазон размеров до 500 мм разделен на основные и промежуточные интервалы. Это сделано потому, что назначать допуск и отклонения для каждого номинального размера нецелесообразно. При определении принадлежности размера к тому или иному интервалу следует помнить, что последнее число интервала относится к данному интервалу, а первое число – к предыдущему. Например, допуски для номинального размера 10 мм надо находить в интервале размеров свыше 6 до 10 мм, а допуск размера 6 мм необходимо брать из интервала свыше 3 до 6 мм.

2. *Нормированную точность* или качество изготовления принято называть *квалитетом* (quality – качество), характеризующим сложность получения размера независимо от диаметра. **Квалитет** (степень точности) – совокупность допусков, рассматриваемых как соответствующих одному уровню точности для всех номинальных размеров.

В ЕСДП предусмотрено 20 квалитетов, обозначаемых порядковым номером, возрастающим с увеличением допуска: 01; 0; 1; 2; 3; 4; ...; 18.

Сокращенно стандартный допуск обозначают буквами IT (International Tolerance – международный допуск) и соответствующим номером квалитета. Например, IT8 означает допуск по 8-му квалитету. **Стандартный допуск** – любой из допусков, устанавливаемых данной системой допусков и посадок.

3. Величина допуска в каждом из квалитетов характеризуется постоянным числом единиц допуска, называемым часто коэффициентом точности, и величиной единицы допуска, значения которых зависят от квалитета и величины размера.

Числовые значения отклонений для различных квалитетов приведены в таблицах А2, А3, А5, А6 приложения А.

4. Для образования различных посадок ЕСДП предусматривает две системы посадок: систему отверстия и систему вала.

**Посадки в системе отверстия** – посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются *сочетанием различных полей допусков валов с полем допуска основного отверстия* (рисунок 2.1 а).

**Посадки в системе вала** – посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются *сочетанием различных полей допусков отверстий с полем допуска основного вала* (рисунок 2.1 б).

Системы отверстия и вала формально равнозначны. Однако система отверстия является предпочтительной, так как она более экономичная.

5. Положение поля допуска относительно номинального размера в ЕСДП нормируется величиной **основного отклонения** – одно из двух отклонений (верхнее или нижнее), определяющее положение поля допуска относительно нулевой линии, т. е. отклонение, которое расположено ближе к нулевой линии.

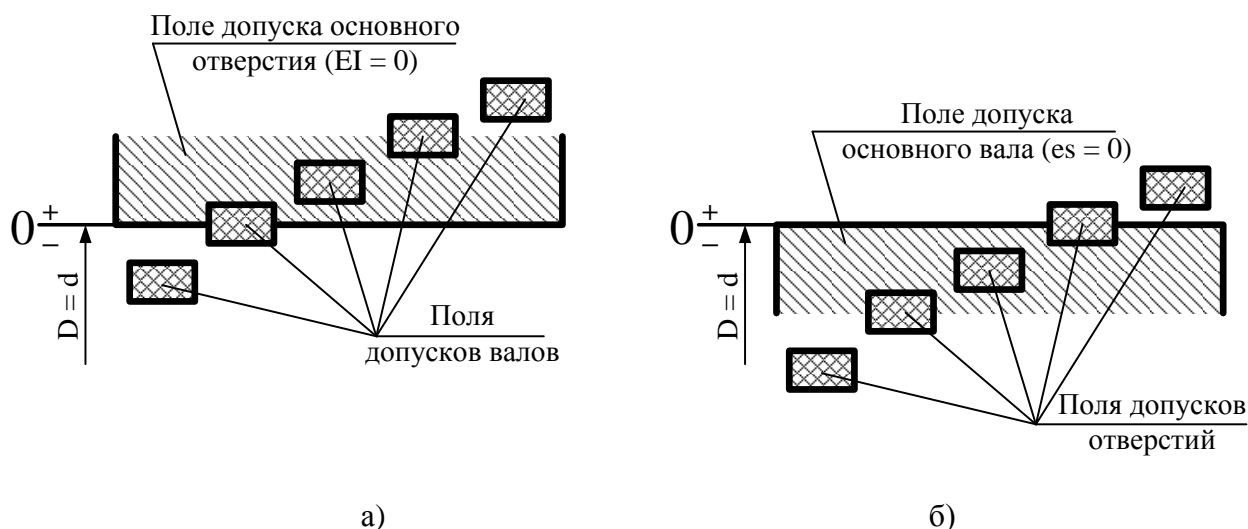


Рисунок 2.1 – Схема расположения полей допуска отверстий и валов в системе отверстия (а) и в системе вала (б)

Установлено 28 основных отклонений, которые обозначаются латинскими буквами – прописными (большими)  $A, B, C, CD, E, EF, F, FG, G, H, J, Js, K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC$  для отверстий и строчными (малыми)  $a, b, c, cd, e, ef, f, fg, g, h, j, js, k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc$  для валов.

На рисунке 2.2 представлен полный набор основных отклонений, который характеризует потенциальные возможности ЕСДП и схематично показывает относительные положения полей допуска, определяемых основными отклонениями.

Штриховка отражает направление расположения поля допуска от основного отклонения, второе предельное отклонение зависит от величины допуска  $IT$ .

При расположении поля допуска выше нулевой линии основным отклонением является нижнее отклонение ( $EI$  для отверстия или  $ei$  для вала), а верхнее отклонение определяется по формулам

$$ES = EI + IT; \quad (2.1)$$

$$es = ei + IT. \quad (2.2)$$

Если поле допуска располагается ниже нулевой линии, то основным отклонением является верхнее отклонение ( $ES$  для отверстия или  $es$  для вала), а нижнее определяется по формуле

$$EI = ES - IT; \quad (2.3)$$

$$ei = es - IT. \quad (2.4)$$

Основное отклонение всегда имеет знак + или –.

Численные значения основных отклонений ЕСДП для отверстий и валов с размерами до 500 мм представлены в таблицах А2, А3, А5, А6 приложения А.

6. Поле допуска в ЕСДП образуется сочетанием одного из основных отклонений и стандартного допуска по одному из квалитетов, которое указывается после номинального размера. Например, для вала  $20h6, 40g7, 60p8$ , а для отверстия:  $80H6, 100F7$  или  $180Js8$ . При этом основное отклонение определяет положение поля допуска относительно номинального размера, а квалитет – значение допуска.

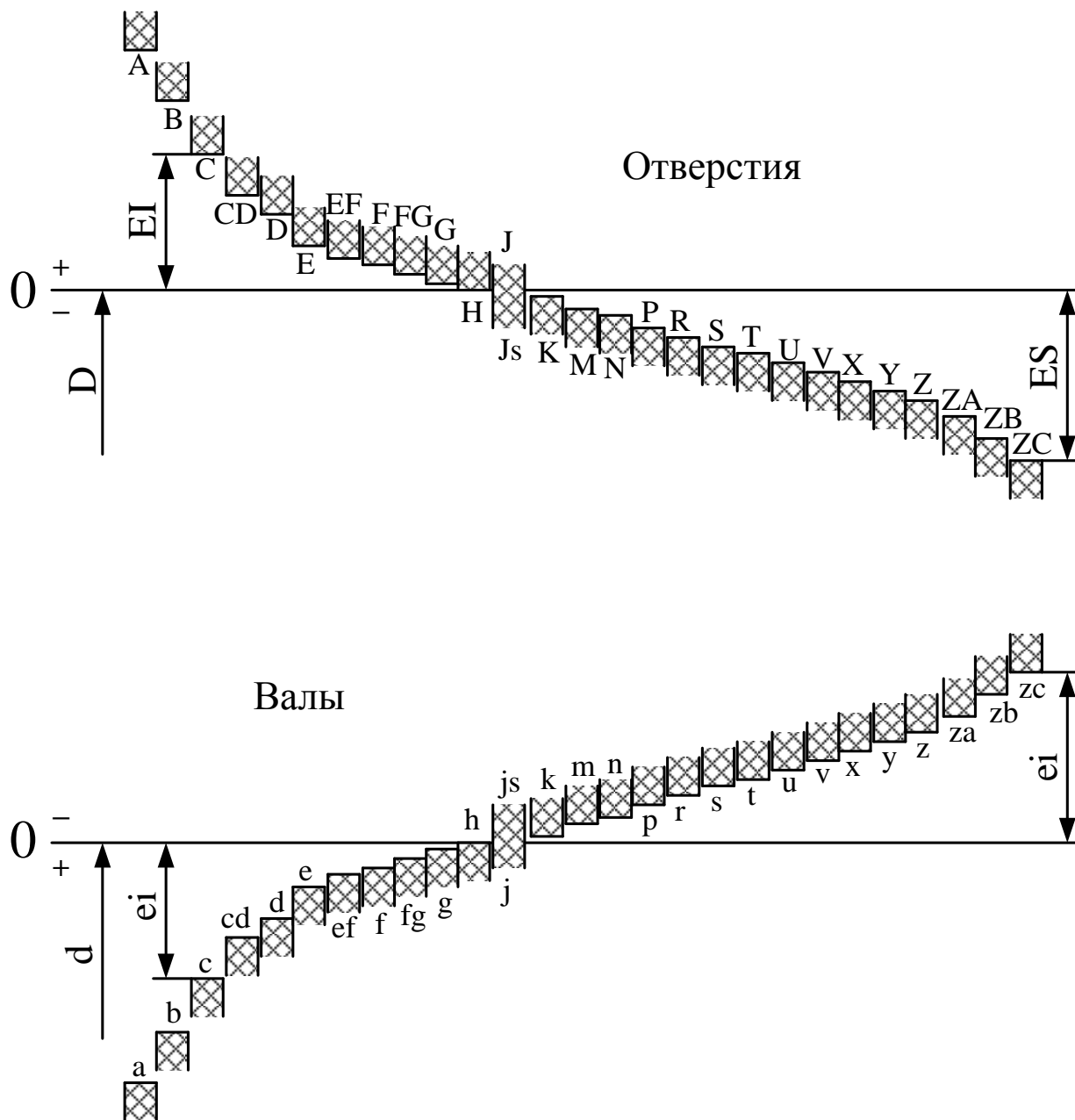


Рисунок 2.2 – Основные отклонения отверстий и валов в ЕСДП

7. Посадки в ЕСДП обозначают записью полей допусков отверстия и вала в виде дроби. При этом *поле допуска отверстия всегда указывается в числителе дроби, а поле допуска вала – в знаменателе*. Это правило распространяется на обозначения и других видов соединений (резьбовых, шпоночных, шлицевых и т. д.), а не только гладких цилиндрических.

Например, посадка  $20 \frac{H7}{g6}$ , значит, что номинальный размер соединения равен 20 мм,

посадка выполнена в системе отверстия, так как поле допуска отверстия обозначено  $H7$  (основное отклонение  $H$  соответствует обозначению основного отверстия, а цифра 7 указывает, что допуск отверстия соответствует седьмому качеству); поле допуска вала  $g6$  (основное отклонение  $g$  с допуском размера по шестому качеству).

8. В ЕСДП сами посадки непосредственно не нормируются и для образования посадок могут применяться любые сочетания полей допуска отверстий и валов. Но экономически такое многообразие не оправдано. Поэтому в ЕСДП приводятся **рекомендуемые посадки**, из которых выделены посадки предпочтительного применения, приведенные в таблицах А1 и А4 приложения А.

## 2.2 Выбор системы посадок

Различные посадки могут быть осуществлены в *системе отверстия* или в *системе вала*. По стандарту они равноправные, однако, в большинстве случаев *предпочтительнее система отверстия*. Ее применение позволяет значительно сократить номенклатуру централизованно изготавливаемых мерных (нерегулируемых) режущих инструментов (сверл, зенкеров, разверток, протяжек и пр.) и другой аналогичной технологической оснастки.

*Система вала применяется:*

- а) в конструкциях машин и механизмов, когда детали могут быть изготовлены из калиброванного пруткового материала без обработки резанием сопрягаемых поверхностей;
- б) когда на вал или отдельные участки вала одного номинального размера необходимо установить несколько отверстий (деталей) с разными посадками;
- в) в случае применения стандартных деталей и узлов, выполненных по системе вала, например, в соединениях наружных колец подшипников качения с отверстиями корпусов машин, шпонок с пазами во втулке и на валу и т. п.;
- г) по технологическим соображениям, когда, например, при ремонте имеется готовый вал и под него изготавливается отверстие.

## 2.3 Выбор квалитетов точности

Выбор необходимого квалитета – весьма сложная технико-экономическая задача. При ее решении необходимо учитывать не только стоимость обработки (чем выше требования к точности детали, тем больше будут затраты на ее изготовление), но и стоимость сборки, которая понижается с повышением точности обработки, а также влияние точности на эксплуатационные и экономические показатели работы машины (надежность, долговечность, КПД, расход горючего и др.).

Поэтому на практике необходимые допуски и квалитеты в основном назначают, используя один из следующих путей:

- а) **расчетный путь**. Для этого необходимо знать номинальный размер, а также расчетные, экспериментальные или полученные из практики значения предельных зазоров или натягов. Тогда по таблице допусков решается вопрос о допуске и квалитете отверстия и вала;
- б) выбор квалитетов для различных деталей во многих случаях определяется соответствующим **расчетом размерных цепей**, в состав которых входят длины, толщины, уступы, глубины впадин и другие размеры;
- в) **по технологическим возможностям изготовления деталей** необходимой точности, учитывая данные о средней экономической (нормальной) точности обработки, представленные ниже в 4.8–4.10. Под экономической точностью какого-либо метода обработки понимается точность, обеспечиваемая в нормальных производственных условиях при использовании исправного оборудования, инструмента стандартного качества и при затратах времени и средств, не превышающих затрат для других методов, сопоставимых с рассматриваемым;
- г) **по аналогии**, ориентируясь на точность изготовления деталей, нормально работающих в машинах, узлах и механизмах аналогичного назначения. При этом часто опираются на следующие практические рекомендации общего характера:  
**4-й и 5-й квалитеты**. Применяются сравнительно редко, в особо точных соединениях,

требующих высокой однородности зазора или натяга.

**Примеры:** точные шпиндельные и приборные подшипники в корпусах и на валах, высокоточные зубчатые колеса на валах и оправках, поршневой палец в бобышках поршня и шатунной головке и т. п.

**6-й и 7-й квалитеты.** Применяются для ответственных соединений в механизмах, где к посадкам предъявляются высокие требования в отношении определенности зазоров и натягов для обеспечения механической прочности деталей, точных перемещений, плавного хода, герметичности соединения и других служебных функций, а также для обеспечения *точной сборки* деталей.

**Примеры:** подшипники качения нормальной точности в корпусах и на валах, зубчатые колеса высокой и средней точности на валах, обычные переходные посадки и посадки с натягом средней величины, подшипники жидкостного трения, соединения деталей гидравлической и пневматической аппаратуры, подвижные соединения в кривошипно-шатунном механизме ответственных двигателей внутреннего сгорания и т. п.

**8-й и 9-й квалитеты.** Применяются для посадок, обеспечивающих выполнения деталями определенных служебных функций (передачу усилий, перемещения и др.) при относительно меньших требованиях к однородности зазоров или натягов и для посадок, обеспечивающих *среднюю точность сборки*.

**Примеры:** сопрягаемые поверхности в посадках с большими натягами, отверстия в переходных посадках пониженной точности, опоры быстровращающихся валов средней точности, опоры скольжения средней точности в условиях полужидкостного трения, посадки звездочек, шкивов и кривошипов на валы и др. Эти квалитеты имеют преимущественное применение для относительно точных соединений в тракторо-, аппарато- и приборостроении и особо ответственных узлов сельскохозяйственных машин.

**10-й квалитет.** Применяют в посадках с зазором в тех же случаях, что и 9-й квалитет, если для удешевления обработки деталей необходимо расширить допуск, а условия сборки или эксплуатации допускают некоторое увеличение колебания зазоров в соединениях.

**11-й и 12-й квалитеты.** Применяют в соединениях, где необходимы большие зазоры и допустимы их значительные колебания (грубая сборка). Эти квалитеты распространены в неответственных соединениях машин, в посадках часто снимаемых деталей (крышки, фланцы и т.п.), в узлах аппаратов, сельскохозяйственных машин, в соединениях штампованных деталей и деталей из пластмасс и др.

**13 квалитет.** Применяют при самых минимальных требованиях к качеству обработки, как правило, для вспомогательных устройств, они ориентированы на изготовление деталей без снятия стружки.

**14-й – 17-й квалитеты.** Применяют для свободных размеров деталей, т. е. размеров несопрягаемых поверхностей, а также размеров заготовок после предварительной обработки.

Приведенные рекомендации ориентировочны и они не имеют статуса обязательного применения. Это практические рекомендации, оправдавшие себя в большинстве случаев.

## 2.4 Выбор посадок

В настоящее время применяют три метода выбора посадок:

а) **расчетный метод**, когда посадки рассчитываются на основании полуэмпирических зависимостей. Однако формулы не всегда учитывают сложный характер физических явлений, происходящих в соединении деталей;

б) **метод прецедентов (аналогов)**, когда посадка выбирается по аналогии с посадкой в надежно работающем узле. Сложность метода заключается в оценке и сопоставлении условий работы посадки в проектируемом узле и аналоге;

в) **метод подобия** – развитие метода прецедентов. Посадки выбирают на основании рекомендаций отраслевых технических документов, справочников и литературных

источников с примерами применения посадок. Недостатком метода является, как правило, отсутствие точных количественных оценок условий работы сопряжений.

*Перед выбором посадки необходимо:*

- иметь представление о функциональном назначении машины, узла, механизма;
- знать номинальный размер соединения. Если номинальный размер не указан, то его определяют по чертежу с учетом масштаба изображения стандартных изделий (подшипников, шлицев, резьб и т. п.);
- определить (задать) основные конструктивные требования, предъявляемые к сопряжению (скорость относительного перемещения деталей, необходимость и точность центрирования сопрягаемых деталей, величина и характер передаваемых нагрузок и др.);
- обоснованно определить характер сопряжения (подвижное или неподвижное);
- решить вопрос о точности (качестве) соединяемых деталей. При этом не следует забывать, что излишне высокая точность выполнения деталей ведет к значительным и неоправданным затратам при их изготовлении.

## 2.5 Назначение и применение посадок с зазором

*Посадки с зазором предназначены для подвижных и неподвижных соединений деталей. В подвижных соединениях зазор служит для обеспечения свободы перемещения, размещения слоя смазки, компенсации температурных деформаций, а также компенсации отклонений формы и расположения поверхностей, погрешностей сборки и т. п. В неподвижных соединениях посадки с зазором применяются для обеспечения беспрепятственной сборки деталей (в особенности сменных). Их относительная неподвижность обеспечивается дополнительным креплением винтами, болтами, шпильками, штифтами и т. п.*

*Посадки  $H/h$  – «скользящие», для которых характерно, что наименьший зазор в этих посадках всегда равен нулю, т. е.  $S_{min} = 0$ . Скользящие посадки часто применяются для неподвижных соединений с дополнительным креплением при необходимости их частой разборки (сменные детали). Скользящие посадки применяются для центрирования неподвижно соединенных деталей, если нет необходимости в более точном центрировании.*

*В подвижных соединениях скользящие посадки служат для медленных перемещений деталей обычно в продольном направлении; для точного направления при возвратно-поступательном движении; для соединений, детали которых должны легко передвигаться или проворачиваться относительно друг друга при настройке, регулировке или затяжке в рабочее положение и т. п.*

*Посадка  $H7/h6$  – широко распространенная, предпочтительная.*

*Применяется в неподвижных соединениях, при высоких требованиях к точности центрирования часто разбираемых деталей: сменные шестерни на валах металлообрабатывающих станков, фрикционные муфты и установочные кольца на валах, фрезы на оправках, центрирующие корпуса под подшипники качения в станках, автомобилях и других машинах, центрирующие фланцы клапанов, центрирующие выступы в гнездах и др.; для деталей, которые должны легко передвигаться одна в другой при настройках и регулировках.*

*В подвижных соединениях посадка применяется при возвратно-поступательных перемещениях и высоких требованиях к точности направления: поршневой шток в направляющих, поршни в цилиндрах пневматических сверлильных машин, салазки поперечины радиально-сверлильных машин, шпиндель в корпусе сверлильного станка, хвостовики пружинных клапанов в направляющих.*

*Посадка  $H8/h7$  имеет примерно то же назначение, что и посадка  $H7/h6$ , но характеризуется более широкими допусками, облегчающими изготовление деталей. Является предпочтительной посадкой.*

*Применяется при большой длине соединения и когда требования к точности центрирования или направления могут быть несколько снижены по сравнению с условиями*

применения посадки **H7/h6**, например соединение сменных измерительных наконечников со стержнями приборов, неподвижные соединения зубчатых колес относительно невысокой точности с длинными гладкими валами (посадка **H7/h8**). **Посадки H8/h8; H8/h9; H9/h8; H9/h9** достаточно широко используются для подвижных и неподвижных соединений и относятся к числу предпочтительных.

*Применяются в неподвижных соединениях* при невысоких требованиях к соосности для установки на валы деталей, передающих крутящие моменты через шпонки (штифты и др.) при небольших и спокойных нагрузках: для неподвижных осей и пальцев в опорах; для закрепляемых компенсационных втулок в корпусах; для центрирующих цилиндрических выступов и заточек во фланцевых соединениях; для центрируемых частей машин, используемых в качестве корпусов подшипников; для соединения деталей, которые должны легко передвигаться при настройках и регулировках с последующей затяжкой в рабочем положении и т. п.; передвижные кронштейны на колонках приборов, закрепляемые винтовым зажимом; сменные шестерни на валах сельскохозяйственных машин, шкивы на концах валов барабана молотилки, эксцентрик на валу эксцентрикового пресса, эксцентрик на эксцентриковом валу насоса, неподвижная ось привода в опорах мешалки для химического производства, центрирование фланцев картера коробки передач и картера маховика автомобиля, центрирование плиты для опок встряхивающего механизма формовочной машины, болты в головках шатунов, предохранительные муфты на валу скребкового конвейера, вкладыши в корпусе разъемного подшипника скольжения, вкладыши шатуна по ширине между бортами вала.

*Для подвижных соединений* эти посадки применяются при невысоких требованиях к точности: ползуны на призматических шпонках включающих механизмов, направляющие стержни в опорах, соединительные муфты на валах, поршни и поршневые золотники в цилиндрах, шпиндели клапанов в направляющих некоторых двигателей внутреннего сгорания, шатуны между буртами вкладышей шатунных головок компрессора, шестерни, зубчатые торцовые муфты и тому подобные детали на валах при медленных или периодических поступательных и вращательных движениях и др.

**Посадки низкой точности H11/h11 и H12/h12** предназначены для неподвижных и подвижных соединений малой точности.

*Применяются в неподвижных соединениях:* для центрирующих фланцев крышек и корпусов арматуры, для соединений, детали которых подлежат сварке или пайке и т. п.; крышки сальников в корпусах; неподвижные соединения деталей электрической арматуры, пишущих машинок; звездочки тяговых цепей на валах; сопряжения распорных втулок, расклепываемых частей колонок, желобчатых штифтов и др.

*В подвижных соединениях* эти посадки применяются: для неотчетливых шарниров и роликов, вращающихся на осях; для соединений, в которых одна деталь должна свободно скользить относительно другой при регулировке, затяжке и т. п.; подвижные соединения деталей электроарматуры, шарнир соломоотряса молотилки, фланцевые соединения корпуса арматуры по внутреннему диаметру и др.

**Посадки H/g; G/h – «движения».** Применяются в основном для особо точных и точных подвижных соединений, в которых требуется обеспечить плавность и точность перемещений и ограничить зазор во избежание нарушения соосности, возникновения ударов или для сохранения герметичности. При вращательном движении деталей эти посадки обычно не применяются за исключением подшипников особо точных механизмов при малых нагрузках на вал и незначительных отклонениях рабочей температуры от нормальной. В неподвижных соединениях применяются для обеспечения легкой установки деталей (например, сменных) при достаточно точной фиксации расположения.

**Посадка H7/g6** является предпочтительной в группе посадок движения – в системе вала ей соответствует посадка **G7/h6**.

*Примеры применения:* шпиндели точных станков и делительных головок в направляющих, поршни в цилиндрах индикаторов, ползуны в направляющих долбежных



станков, клапанные шпиндели в направляющих втулках, клапанные коромысла на осях в механизме распределения двигателей, передвигные шестерни на валах коробок передач, золотник во втулке пневматической сверлильной машины, шатунная головка с шейкой коленчатого вала трактора, шток предохранительного клапана во втулке и опорная крышка в клапанной коробке, сменные втулки при установке в кондукторах, изделия на пальцах приспособлений и др.

**Посадки высокой точности  $H6/g5$  и  $H5/g4$ ;  $G5/h4$**  применяются в особо точных механизмах, например плунжерные и золотниковые пары, шпиндель делительной головки, подшипники точных шатунных механизмов.

**Посадки  $H/f$ ;  $F/h$  – «ходовые».** Характеризуются умеренным гарантированным зазором, достаточным для обеспечения свободного вращения в подшипниках скольжения при консистентной и жидкой смазке в легких и средних режимах работы (умеренные скорости – до 150 рад/с, нагрузки, небольшие температурные деформации). Применяются и в опорах поступательного перемещения, не требующих столь высокой точности центрирования, как в точных посадках движения или скользящих. В неподвижных соединениях применяются для обеспечения легкой сборки и разборки при невысоких требованиях к точности центрирования деталей.

**Посадки  $H7/f7$  и  $F8/h6$**  являются предпочтительными для данного типа посадок и чаще всего применяются в точных соединениях. К этой же группе могут быть отнесены посадки  **$H8/f7$ ,  $F8/h7$** .

*Примеры применения:* подшипники валов в коробках передач, главных валов токарных, фрезерных и сверлильных станков; ползуны в направляющих, трансмиссионные валы в подшипниках; валы в подшипниках малых и средних электромашин, центробежных насосов; пальцы кривошипов в головках шатунов, цапфы в подшипниках эксцентрик, ролики в направляющих, шатунная шейка валов в подшипниках автомобилей, поршни в цилиндрах компрессоров, поршень в цилиндре гидравлического пресса, поршень в тормозном цилиндре автомобиля, свободно вращающиеся на валах зубчатые колеса и шкивы; перемещающиеся вдоль валов зубчатые колеса и муфты и др.

**Посадки высокой точности  $H6/f6$ ,  $F7/h5$ ,  $F7/h6$**  применяются при повышенных требованиях к точности центрирования в механизмах высокой точности.

*Примеры применения:* коренные шейки коленчатого вала и шейки распределительного вала в подшипниках автомобильных двигателей повышенной точности, посадочные места (поле допуска  $f6$ ) под подшипники качения при местном нагружении внутреннего кольца.

**Посадки пониженной точности  $H8/f8$ ;  $F8/h8$ ;  $H8/f9$  и  $H9/f9$ ;  $F9/f8$  и  $F9/h9$**  предназначены для соединения с гарантированным зазором при невысоких требованиях к точности. Они широко применяются для подшипников скольжения при значительных скоростях вращения двух опорных валов; для крупных валов в подшипниках тяжелого машиностроения и для валов в длинных подшипниках, в далеко расставленных опорах и при нескольких опорах; для поршней в цилиндрах машин с дополнительным направлением штоков, для направления поршневых и золотниковых штоков и плунжерных скалок в сальниках; для свободно вращающихся на валах зубчатых колес и других деталей, включаемых сцепными муфтами; для сцепных муфт на валах; для центрирования крышек цилиндров и других деталей при невысоких требованиях к их соосности; для соединений со значительным зазором при небольших рабочих ходах, регулировках, затяжке и др.

*Примеры применения:* валы в подшипниках центробежных насосов, эксцентрик, вал пресса в опорах, поршни в цилиндре циркуляционного насоса высокого давления, вал барабана молотилки в опорах, плунжеры в цилиндрах гидроподъемников и домкратов, крышка золотниковой коробки в корпусе паровой машины, дроссель во втулке клапана паровоздушного молота; соединения в вертикальном домкрате породопроходческого комбайна, холостые шкивы на валах, кулисные камни в направляющих и др.

**Посадки  $H/e$ ;  $E/h$  – «легкоходовые».** Характеризуются значительным гарантированным зазором (вдвое большим, чем для ходовых посадок), обеспечивающим свободное

вращательное движение при повышенных режимах работы (значительные нагрузки, высокие скорости вращения – свыше 150 рад/с, небольшие температурные изменения зазора) или осложненных условиях монтажа. Применяются в неподвижных соединениях для деталей, требующих значительных зазоров при установках и регулировках.

**Посадки H7/e8; H8/e8; E9/h8** являются предпочтительными для данного типа посадок. К этой же группе **средней точности** относятся посадки в системе вала **E8/h8** и **E8/h7**.

**Примеры применения:** подшипники жидкостного трения для валов турбогенераторов, больших электромашин, центробежных насосов; приводной вал в подшипниках круглошлифовальных станков, коренные шейки коленчатого вала и шейки распределительного вала в подшипниках двигателей внутреннего сгорания, впускные клапаны в направляющих автомобильного двигателя, блоки зубчатых колес заднего хода на оси в грузовых автомобилях, стержни вилок переключения скоростей в направляющих, крышки коробки передач автомобилей, ходовые винты суппортов и др.

**Посадки высокой точности H6/e7; H7/e7 и E8/h6** предназначены главным образом для подшипников жидкостного трения в машинах повышенной точности и долговечности и применяются, в частности, в коренных подшипниках коленчатых валов и распределительных валов ответственных двигателей внутреннего сгорания.

**Посадки пониженной точности H8/e9; H9/e9; E9/h9** используются примерно там, где и посадки **F9/h9; H9/f9**. Применяются в менее ответственных подшипниках скольжения для вращательного или поступательного перемещения и в неподвижных соединениях при относительно невысокой точности центрирования, если требуется увеличить гарантированный зазор для компенсации отклонений расположения сопрягаемых поверхностей, температурных деформаций и др.

**Посадки H/d; D/h – «широкоходовые».** Характеризуются большим гарантированным зазором, позволяющим компенсировать значительные отклонения расположения сопрягаемых поверхностей и температурные деформации и обеспечить свободное перемещение деталей или их регулировку и сборку.

**Посадки H7/d8; H8/d8** относятся к числу посадок повышенной точности и предназначены в основном для точных подвижных соединений при тяжелых режимах работы и больших температурных деформациях.

**Примеры применения:** подшипники жидкостного трения в турбинах, шаровых мельницах, для валков прокатных станов и в другом крупном металлургическом оборудовании, валы в подшипниках быстроходных трансмиссий и контрприводов, впускные и выпускные клапаны в направляющих двигателей внутреннего сгорания, поршневые кольца в канавках поршня (по ширине), быстроходные холостые шкивы и зубчатые колеса, шатунные шейки паровой машины.

**Посадки H8/d9; H9/d9; H8/d10; H8/d10 и D9/h8; D9/h9; D10/h9** предназначены для соединений при невысоких требованиях к точности. Предпочтительно применение посадок с полем допуска вала **d9**.

**Примеры применения:** трансмиссионные валы в подшипниках, холостые шкивы на валах, сальники, поршни в цилиндрах компрессоров, клапанные коробки в корпусах компрессоров, для удобства разборки которых при образовании нагара и высокой температуре необходим значительный зазор.

**Посадки низкой точности H11/d11; D11/h11** предназначены для подвижных соединений, не требующих точности перемещения, и для неподвижных грубоцентрированных соединений. В грубых квалитетах (11, 12-й) – это предпочтительные посадки с минимальным гарантированным зазором, необходимым для компенсации отклонений расположения сопрягаемых поверхностей, защитных покрытий, наносимых на поверхности, или обеспечения подвижности соединения в условиях запыления и загрязнения и т. п.

**Примеры применения:** грубые направляющие прямолинейного движения, направление шпинделей арматуры, букс, шарниры и ролики на осях, крышки подшипников и распорные

втулки в корпусах; валы в подшипниках, шестерни и муфты, свободно сидящие на валах грубых механизмов; шарнирные соединения тяг, рычагов и т. п., маслосбрасывающие поршневые кольца в канавках по ширине и др.

**Посадки H/a; H/b; H/c и A/h; B/h; C/h с большими зазорами.** Применяются в основном в грубых квалитетах (11, 12-й) для конструкций малой точности, где большие зазоры необходимы для компенсации отклонений расположения сопрягаемых поверхностей (несоосности, несимметричности, неперпендикулярности и т. п.), для применения грубо обработанных или необработанных чисто тянутых материалов малой точности, для компенсации размерных изменений деталей в процессе эксплуатации под воздействием температуры, водо- и маслопоглощения (в посадках деталей из пластмасс), для обеспечения свободного вращения или поступательного перемещения в условиях запыления и загрязнения и т. п. В отдельных случаях, обоснованных расчетом, посадки с большими зазорами применяются и в более точных подвижных соединениях (8, 9-го квалитетов), работающих при особо тяжелых нагрузках или при высоких температурах, когда рабочий зазор может значительно уменьшиться из-за неравномерных температурных деформаций деталей. Из этих посадок в основной набор включена посадка **H8/c8** типа «тепловой ходовой».

**Примеры применения:** поршни в цилиндрах и выпускные клапаны в направляющих втулках двигателей внутреннего сгорания и других сильно разогревающихся машин, подшипники жидкостного трения быстроходных тяжело нагруженных валов в прокатных станах, крупных турбинах, насосах, компрессорах и т. п.

## 2.6 Назначение и применение переходных посадок

Переходные *посадки предназначены* для неподвижных, но разъемных соединений деталей и обеспечивают хорошее центрирование соединяемых деталей. При выборе переходных посадок необходимо учитывать, что для них характерна возможность получения как натягов, так и зазоров.

**Натяги**, получающиеся в переходных посадках, имеют относительно малую величину и обычно не требуют проверки деталей на прочность. Эти натяги недостаточны для передачи соединением значительных крутящих моментов и усилий. К тому же получение натяга в каждом из собранных соединений без предварительной сортировки деталей не гарантировано. Поэтому переходные посадки применяют с дополнительным креплением соединяемых деталей винтами, болтами, шпильками, шпонками, штифтами и др. **Зазоры**, в отдельных случаях получающиеся в переходных посадках, также относительно малы, что предотвращает значительное смещение (эксцентриситет) соединяемых деталей.

**Выбор** переходных *посадок чаще всего производится по аналогии* с известными и хорошо работающими соединениями.

**Посадки H/js, Js/h – «плотные».** Для этих посадок более вероятно получение зазора, но возможны и небольшие натяги (до половины допуска вала), поэтому при сборке и разборке необходимо предусматривать применение усилий; обычно достаточно использования деревянного молотка. Плотные посадки применяются в том случае, если при центрировании деталей допускаются небольшие зазоры или требуется обеспечить легкую сборку, при необходимости в частых сборках и разборках, например для сменных деталей. Эти посадки применяют взамен напряженных при относительно большой длине соединения (свыше трех– четырех диаметров) или когда сборка и разборка затруднена компоновкой узла, массой и размерами деталей. Сборочные единицы, образованные деталями, соединяемыми по плотной посадке, обычно либо неподвижны, либо перемещаются с малой скоростью при небольшой массе деталей. В отдельных случаях эти посадки применяют для плотных подвижных соединений, когда детали должны перемещаться относительно друг

друга без ощутимого качания (при этом необходим подбор деталей по размеру, исключая натяг).

*Примеры применения плотных посадок.*

**Посадки H7/js6; Js7/h6 – предпочтительные:** гильзы в корпусе головки расточных станков, зубчатые колеса шпиндельной головки шлифовальных станков, небольшие шкивы и ручные маховички на концах валов, съемные муфты на концах валов малых электромашин, стаканы подшипников в корпусах (станкостроение).

**Посадки повышенной точности H6/js5; Js6/h5:** подшипниковый щит в станине электрических машин высокой точности, конусная втулка в подшипнике передней бабки токарных станков, подвижная пиноль задней бабки токарных станков (с подбором).

**Посадки пониженной точности H8/js7; JsS/h7:** центрирование передней крышки электромашин в корпусе, центрирующие элементы полумуфт.

**Посадки H/k; K/h – «напряженные».** Наиболее характерный и применяемый тип переходных посадок. Вероятности получения натягов и зазоров в соединении примерно одинаковые. Однако из-за влияния отклонений формы, особенно при большой длине соединения (свыше двух – трех диаметров), зазоры в большинстве случаев не ощущаются. Сборка и разборка производится без значительных усилий, например, при помощи ручных молотков. Небольшой натяг, получающийся в большинстве соединений, достаточен для центрирования деталей и предотвращения их вибраций в подвижных узлах при вращении со средними скоростями.

*Примеры применения напряженных посадок.*

**Посадки H7/k6; K7/h6 – предпочтительные:** зубчатые колеса на валах редукторов станков и других машин, шкивы, маховики, рычаги и неразъемные эксцентрики на валах, съемные муфты на валах средних электромашин, втулки в головках шатуна тракторного двигателя, подшипниковые щитки в корпусах крановых электродвигателей, подшипниковые втулки в корпусах; втулки, закрепляемые в ступицах вращающихся на валах зубчатых колес, в др.

**Посадки повышенной точности H6/k5; K6/h5:** поршневой палец в бобышках поршня, шестерни на валу отсчетного устройства в станках.

**Посадки пониженной точности H8/k7; K8/h7:** применяются при пониженных требованиях к точности, в частности, в тракторном, дорожном, химическом, сельскохозяйственном машиностроении: крейцкопфный валик в отверстиях шатуна компрессора, поршень на штоке циркуляционного насоса.

**Посадки H/m; M/h – «тугие».** Обеспечивают преимущественно натяг. Вероятность получения зазоров (небольших) относительно мала. Эти зазоры, как правило, не ощущаются за счет отклонений формы, особенно при увеличенных длинах соединения. Тугие посадки применяются для неподвижных соединений деталей на быстровращающихся валах с дополнительным креплением или без него (при малых нагрузках и больших длинах соединения). Применяются и взамен более прочных посадок (типа глухих) при увеличенных длинах соединения (свыше 1,5 – 2 диаметров) или когда недопустимы большие деформации деталей.

*Примеры применения тугих посадок.*

**Посадки H7/m6; M7/h6:** зубчатые колеса на валах редукторов, посадки штифтов, посадки деталей на конец вала электромашин, подшипниковые щитки в корпусах электромашин, тонкостенные втулки, втулки в корпусах из цветных сплавов, центрирование кулачков на распределительном валу и др. Поля допусков **m6** и **M7** не относятся к числу предпочтительных и по возможности должны заменяться ближайшими предпочтительными полями. В частности, к посадке **H7/k6** близки по характеру посадки **H8/n6** (менее точная) и **H6/k6** (более точная), образованные предпочтительными полями допусков.

**Посадки повышенной точности H6/m6; M6/h5:** поршневые пальцы в бобышках

поршней компрессоров, втулка фиксатора в корпусах станочных приспособлений (без дополнительного крепления).

**Посадки пониженной точности H8/m7; M8/h7:** соединение барабанчика с зубчатым колесом и втулки с корпусом в оптико-механических приборах, клапанные коробки в цилиндре паровой машины.

**Посадки H/n; N/h – «глухие».** Являются наиболее прочными из переходных посадок. Зазоры при сборке практически не возникают. Для сборки и разборки деталей требуется значительное усилие: применяются прессы, распрессовочные приспособления, иногда термические методы сборки. Разборка соединений производится редко, обычно только при капитальном ремонте. Применяются для центрирования деталей в неподвижных соединениях, передающих большие усилия, при наличии вибраций и ударов (с дополнительным креплением). При небольших нагрузках, например, в приборостроении, обеспечивают неподвижность соединения без дополнительного крепления.

**Посадки H7/n6; N7/h6:** предпочтительные: тяжело нагруженные зубчатые колеса, муфты, кривошипные и другие детали на валах, зубчатые колеса на валах ковочных машин, зубчатые колеса на валах встряхивающих механизмов и камнедробилок, червячные колеса на валах, бронзовые венцы червячных колес на чугунных ступицах, кулачковые полумуфты на валах съемные, полумуфты на валах больших электромашин, втулки в цилиндре циркуляционного насоса высокого давления, постоянные кондукторные втулки в корпусах кондукторов, ступица вентилятора на валу, обойма коммутатора на валу, установочные пальцы и контрольные штифты станочных приспособлений и кондукторов, втулки в корпусах подшипников скольжения, втулки толкателя в блоке цилиндров тракторного двигателя, установочные кольца на валах и др.

**Посадки повышенной точности H6/n5; N6/h5:** поршневой палец в бобышках поршня тракторного двигателя.

**Посадки пониженной точности H8/n7; N8/h7:** гряд-буksы в корпусах сальников, цилиндрический стакан золотника в корпусе паровой машины, гильза дроссельного клапана паровоздушного молота др.

## 2.7 Назначение и применение посадок с натягом

*Посадки с натягом предназначены для неподвижных неразъемных (или разбираемых лишь в отдельных случаях при ремонте) соединений деталей, как правило, без дополнительного крепления винтами, болтами, штифтами, шпонками и т. п. Относительная неподвижность при этих посадках достигается за счет напряжений, возникающих в материале сопрягаемых деталей вследствие действия деформаций их контактных поверхностей. При прочих равных условиях напряжения пропорциональны натягу.*

В отличие от других способов обеспечения неподвижности деталей в соединении при передаче нагрузок посадки с натягом позволяют упростить конструкцию и сборку деталей и обеспечивают высокую степень их центрирования. В сравнительно редких случаях, при передаче очень больших крутящих моментов или при наличии весьма больших сдвигающих сил, в соединениях с натягом дополнительно применяются крепежные детали.

При одном и том же натяге прочность соединения зависит от материала и размеров деталей, шероховатости сопрягаемых поверхностей, способа соединения деталей, формы и размеров центрирующих фасок, смазки и скорости запрессовки, условий нагрева или охлаждения и т. д. Ввиду такого многообразия исходных факторов *выбор посадки следует производить* не только по аналогии с известными соединениями, но и на основе предварительных расчетов натягов и возникающих напряжений, особенно при применении посадок с относительно большими натягами.

**Посадки H/p; P/h – «легкопрессовые».** Характеризуются минимальным гарантированным натягом. Применяются в таких случаях, когда крутящие моменты или осевые силы малы или случайное относительное смещение соединяемых деталей

несущественно для их служебного назначения; для соединения тонкостенных деталей, не допускающих больших деформаций; для центрирования тяжело нагруженных или быстровращающихся крупногабаритных деталей (с дополнительным креплением). Для деталей из цветных металлов и легких сплавов эти посадки по своему назначению аналогичны глухим посадкам в соединениях деталей из черных металлов. Валы с полями допусков *p5*, *p6* и отверстия с полями допусков *P6* и *P7* применяются также для посадочных мест под подшипники качения.

***Посадки H7/r6 и P7/h6*** являются предпочтительными для данного типа посадок.

***Примеры применения:*** клапанные седла в гнездах при работе в условиях вибраций, втулки и кольца в корпусах, втулки и шестерни передней бабки токарных станков, установочные кольца на валах электродвигателей, грунд-буксы в корпусах сальников, уплотнительные кольца на валах для фиксации положения внутреннего кольца подшипника качения, зубчатые колеса на валах редукторов, канатных барабанов и других валах с дополнительным креплением шпонкой.

***Посадки повышенной точности H6/p5 и P6/h5*** применяются в соединениях высокой точности, когда недопустимы значительные колебания натягов, например, для соединений тонкостенных легко повреждаемых втулок при относительно больших длинах.

***Посадки H/r; H/s; H/t и R/h; S/h; T/h*** – «***прессовые средние***». Характеризуются умеренными гарантированными натягами, обеспечивающими передачу нагрузок средней величины без дополнительного крепления. В некоторых случаях, когда применение посадок с большими натягами недопустимо по условиям прочности деталей, посадки данной группы применяются и в соединениях, воспринимающих тяжелые нагрузки, но с дополнительным креплением. Посадки *H/r* и *R/h* для деталей из цветных металлов и легких сплавов, а при размерах свыше 80 мм и для деталей из черных металлов по назначению аналогичны легкопрессовым посадкам. Посадки с натягами средней величины характеризуются, как правило, наличием упругих деформаций соединяемых деталей. Установлены для относительно высоких точностей деталей (валы 5–7-го, отверстия 6–7-го квалитетов) и обычно не требуют предварительной сортировки деталей по размерам перед сборкой. Сборка соединений возможна как под прессом, так и способом термических деформаций. В посадках этой группы допуск отверстия принимают обычно на один квалитет грубее, чем вала.

***Посадки средней точности H7/r6; H7/s6; H8/s7; H7/t6 и R7/h6; S7/h6; T7/h6.***

***Примеры применения:*** втулки подшипников скольжения в гнездах при тяжелых и ударных нагрузках – в крышке корпуса пневматической машинки для сверления, в головке шатуна компрессора, в зубчатых колесах на валах коробок скоростей токарных станков; постоянные кондукторные втулки, фиксаторы и упоры в приспособлениях; вентилятор на валу кранового электродвигателя; гильза цилиндра поршневого насоса, цилиндрическая гильза в корпусе золотникового устройства; зубчатые колеса на промежуточном валу в коробках передач грузовых автомобилей с дополнительным креплением шпонкой; шестерня на валу масляного насоса трактора с дополнительным креплением шпонкой; червячное колесо на валу редуктора (крепление шпонкой) и бронзовые зубчатые венцы червячных колес на чугунных ступицах с дополнительным креплением винтами.

***Посадки повышенной точности H6/r5; H6/s5*** применяются для точных соединений, требующих достаточной прочности без дополнительного крепления при недопустимости значительных колебаний натягов, например, для втулок на валах электромашин, упорных дисков на роторах турбин и др.

***Посадки H/u; H/x; H/z и U/h*** – «***прессовые тяжелые***». Характеризуются большими гарантированными натягами. Предназначены для соединений, на которые воздействуют тяжелые, в том числе и динамические нагрузки. Применяются, как правило, без дополнительного крепления соединяемых деталей. При столь больших натягах возникают в

основном упругопластические и пластические деформации. Детали должны быть проверены на прочность. Рекомендуется опытная проверка выбранных посадок, особенно в массовом производстве. Сборка обычно осуществляется методами термических деформаций, но применяется и продольная запрессовка. В отдельных случаях детали перед сборкой сортируются и подбираются по размерам. Для посадок с большими натягами предусмотрены относительно широкие допуски деталей (8-го, иногда 7-го качества). В отдельных случаях с целью получения большей прочности соединения и повышения гарантированного натяга допуск основного отверстия или основного вала может быть ужесточен на один класс. Посадки **H7/u7**; **H8/u8**; **U8/h7** получили наибольшее применение из числа тяжелых прессовых посадок, в особенности посадка **H8/u8**.

*Примеры применения:* дисковые и тарельчатые несъемные муфты на концах валов, зубчатые бронзовые венцы на стальных ступицах, вагонные колеса на осях, бурты на валах, стальные бандажи на разъемных центрах, установочные штифты в станочных приспособлениях, втулка поворотного кулака трактора, короткие втулки в ступицах зубчатых колес, пальцы эксцентриков кривошипно-шатунного аппарата уборочных машин, втулка рычага очистки зерноуборочного комбайна, металлокерамические втулки подшипников в сельскохозяйственном машиностроении, соединения пальца кривошипа с диском и кривошипных дисков с валами сельскохозяйственных машин, кривошипные диски лебедок, элемент соединения ходовой части породопогрузочной машины, ось подъемного устройства комбайна для тонких пластов и др.

**Посадки H8/x8 и H8/z8** применяются в соединениях, подверженных переменным нагрузкам, ударам и вибрациям, и для деталей, допускающих большие напряжения материала.

*Примеры применения:* контактные кольца на изоляции в малых и средних электрических машинах, кривошипные пальцы в дисках кривошипов паровых лебедок, втулки на валах эксцентрикового пресса, металлокерамическая втулка в корпусе сцепления трактора, соединение безребордного кранового колеса с валом и тяги с кольцом универсального реверса в грузоподъемных машинах, соединения стальных деталей с деталями из легких сплавов и пластмасс.

### **3 НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ**

При изготовлении детали необходимо получить не только заданную точность размеров, но и обеспечить точность взаимного расположения поверхностей и точность геометрической формы. Основными причинами, вызывающими отклонения формы и расположения поверхностей при механической обработке являются: неравномерность припуска на обрабатываемой поверхности детали, неоднородность химического состава и прочностных характеристик детали в различных сечениях, упругие деформации системы СПИД (станок – приспособление – инструмент – деталь) и др.

В неподвижных соединениях отклонения формы и расположения поверхностей вызывают неравномерность натяга, вследствие чего снижаются прочность соединения, герметичность и точность центрирования. В подвижных соединениях эти отклонения приводят к уменьшению износостойкости деталей вследствие повышенного удельного давления на выступах неровностей, к нарушению плавности хода, шуму и т. д. В сборках эти погрешности приводят к погрешностям базирования деталей друг относительно друга, деформациям, неравномерным зазорам, что вызывает нарушения нормальной работы отдельных узлов и механизма в целом; например, подшипники качения весьма чувствительны к отклонениям формы и взаимного расположения посадочных поверхностей.

Отклонения формы и расположения поверхностей снижают технологические показатели изделий, существенно влияют на точность и трудоемкость сборки и повышают объем пригоночных операций, снижают точность измерения размеров, влияют на точность базирования детали при изготовлении и контроле.

#### **3.1 Геометрические параметры деталей. Основные понятия**

При анализе точности геометрических параметров деталей оперируют следующими понятиями (рисунок 3.1).



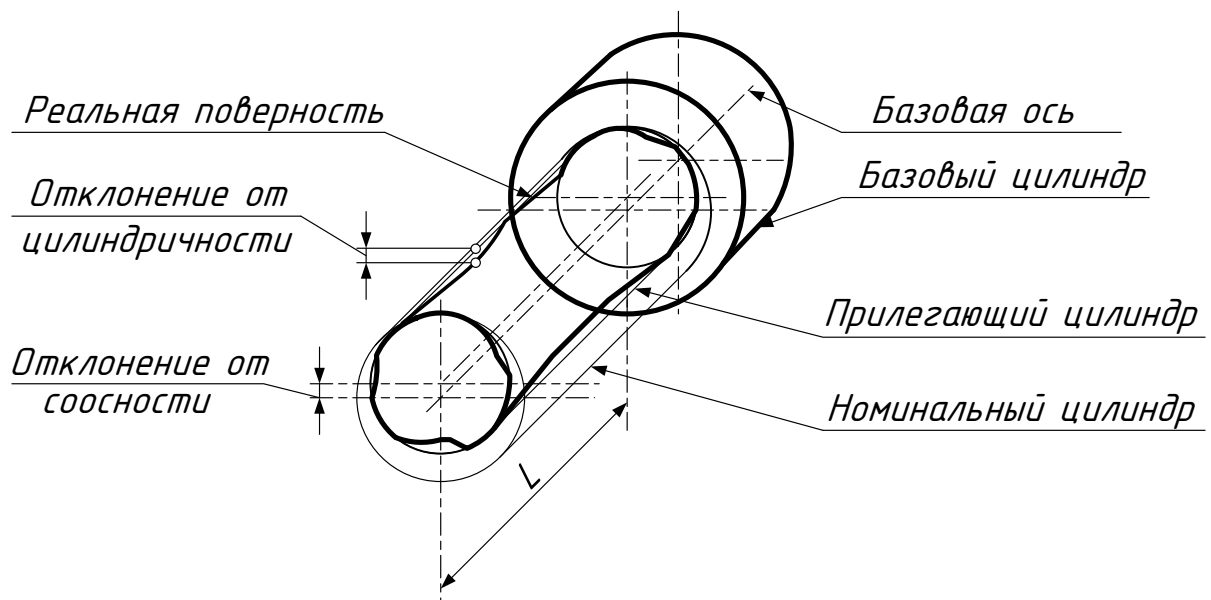


Рисунок 3.1 – Понятия точности геометрических параметров деталей

**Номинальная поверхность** – идеальная поверхность, размеры и форма которой соответствуют заданным номинальным размерам и номинальной форме.

**Реальная поверхность** – поверхность, ограничивающая деталь и отделяющая ее от окружающей среды.

**Профиль** – линия пересечения поверхности с плоскостью или с заданной поверхностью.

**Нормируемый участок  $L$**  – участок поверхности или линии, к которому относится допуск формы, допуск расположения или соответствующее отклонение. Если нормируемый участок не задан, то допуск или отклонение относится ко всей рассматриваемой поверхности или длине рассматриваемого элемента. Если расположение нормируемого участка не задано, то он может занимать любое расположение в пределах всего элемента.

**Прилегающая поверхность** – поверхность, имеющая форму номинальной поверхности, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение. Прилегающая поверхность применяется в качестве базовой при определении отклонений формы и расположения.

**База** – элемент детали или сочетание элементов, по отношению к которым задается допуск.

Термины и определения, относящиеся к основным видам отклонений и допусков формы и расположения, а также принятая терминология приведены в таблице 3.1. Главное отличие отклонений формы и расположения от погрешностей размеров состоит в том, что последние (если нет отклонений формы и расположения поверхностей) можно компенсировать регулировкой в процессе сборки с помощью подвижных или неподвижных компенсаторов.

Таблица 3.1 – Допуски формы и расположения поверхностей

Группа	Допуск	Знак	Группа	Допуск	Знак

Допуски формы	Прямолинейности		Суммарные допуски формы и расположения поверхностей	Радиального и торцового биения; биения в заданном направлении	
	Плоскостности				
	Круглости			Полного радиального и торцового биения	
	Цилиндричности				
	Профиля продольного сечения				
Допуски расположения поверхностей	Параллельности			Формы заданного профиля	
	Перпендикулярности				
	Наклона			Формы заданной поверхности	
	Соосности				
	Симметричности				
	Позиционный				
	Пересечения осей				

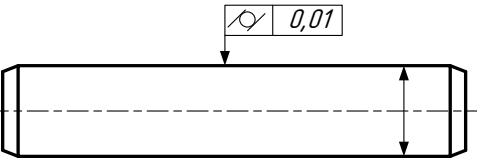
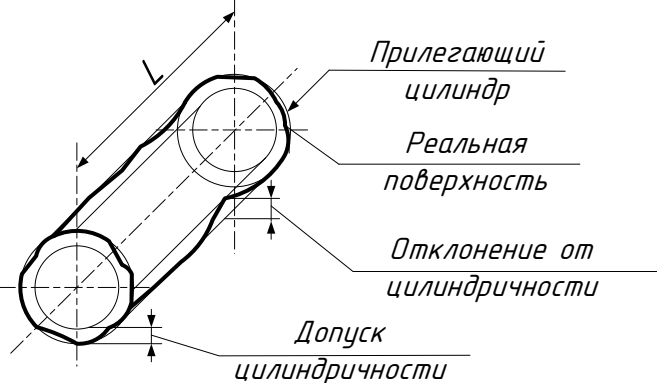
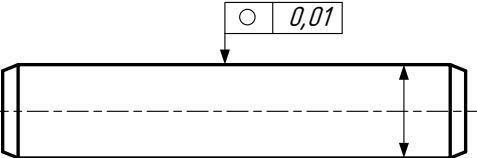
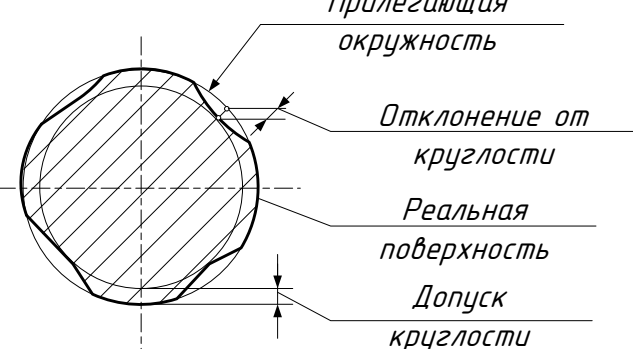
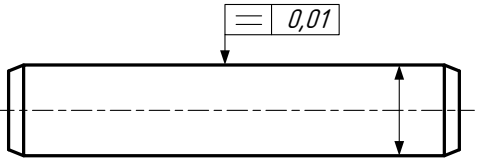
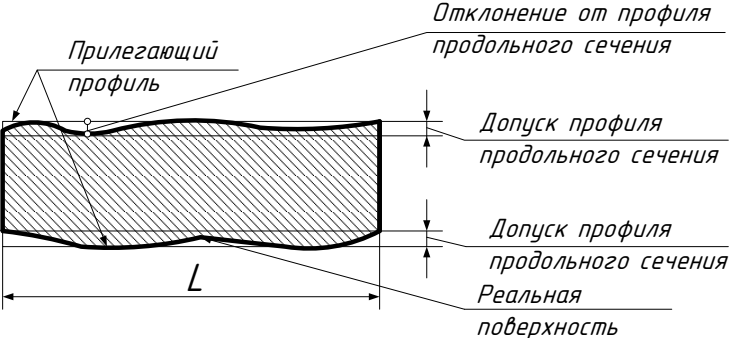
### 3.2 Отклонения и допуски формы поверхностей

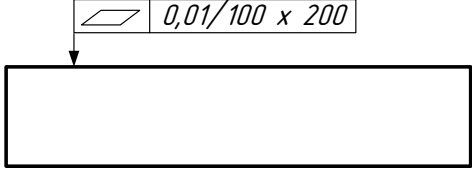
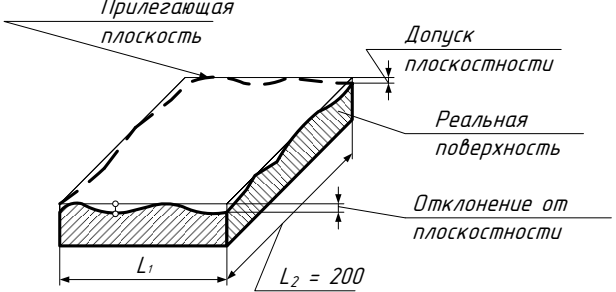
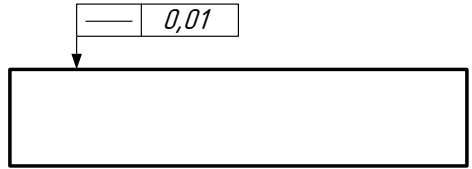
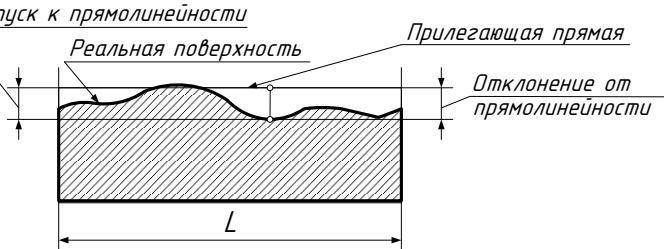
**Отклонением формы** называется отклонение формы реальной поверхности или реального профиля от формы номинальной поверхности или номинального профиля.

Виды допусков, их обозначение и изображение на чертежах приведены в таблице 3.2. Числовые значения допусков в зависимости от степени точности приведены в таблице А7 приложения А.

Выбор допусков зависит от конструктивных и технологических требований и, кроме того, связан с допуском размера. Поле допуска размера для сопрягаемых поверхностей ограничивает также и любые отклонения формы на длине соединения. Ни одно из отклонений формы не может превысить допуска размера. Допуски формы назначают только в тех случаях, когда они должны быть меньше допуска размера.

Таблица 3.2 – Допуски формы

Пример нанесения допуска на чертеже	Изображение допуска и отклонения
<b>Допуск и отклонение от цилиндричности</b>	
	
<b>Допуск и отклонение от круглости</b>	
	
<b>Допуск и отклонение формы продольного сечения</b>	
	

Пример нанесения допуска на чертеже	Изображение допуска и отклонения
Допуск и отклонение от плоскостности	
	
Допуск и отклонение от прямолинейности	
	

### 3.3 Отклонения и допуски расположения поверхностей

**Отклонением расположения** называется отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от его номинального расположения. Под номинальным понимается расположение, определяемое номинальными линейными и угловыми размерами.

Для оценки точности расположения поверхностей, как правило, назначают базы.

**База** – элемент детали (или выполняющее ту же функцию сочетание элементов), по отношению к которому задается допуск расположения рассматриваемого элемента, а также определяется соответствующее отклонение.

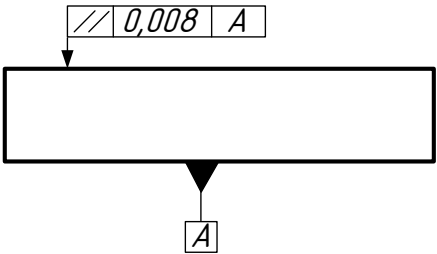
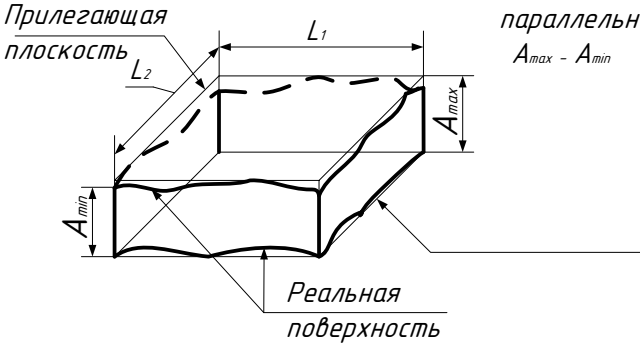
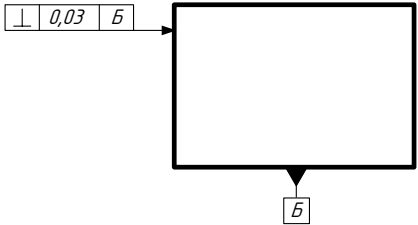
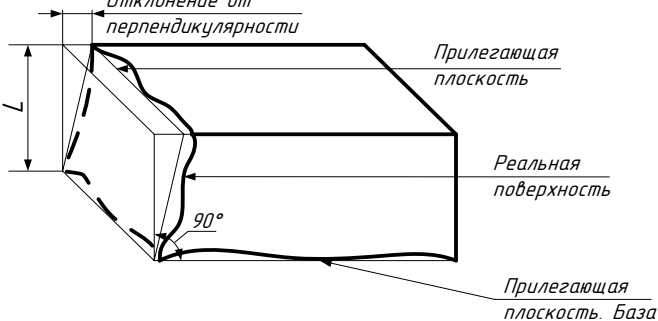
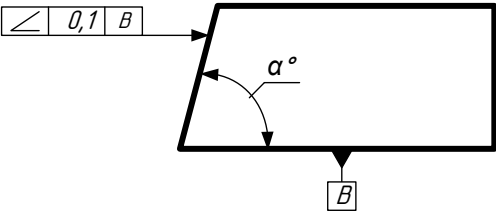
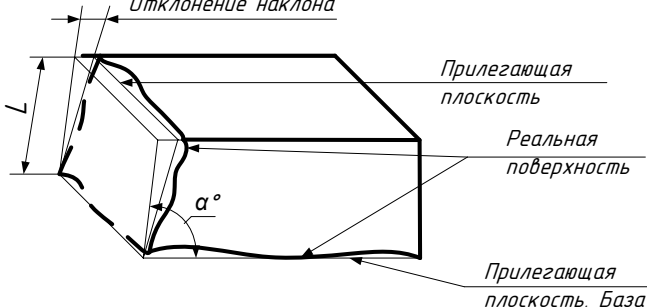
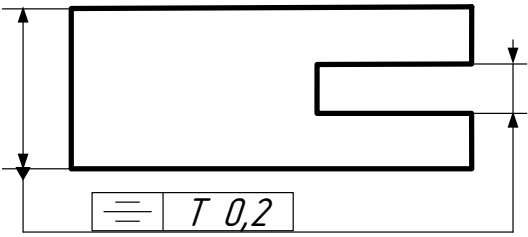
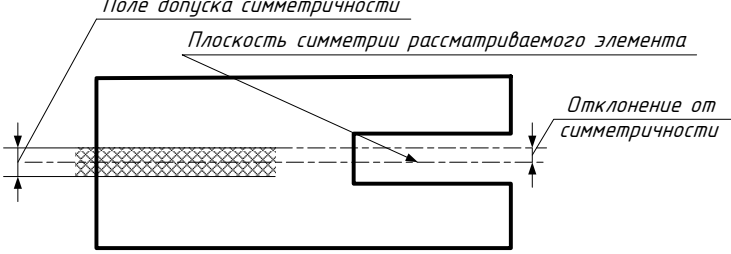
**Допуском расположения** называется предел, ограничивающий допускаемое значение отклонения расположения поверхностей.

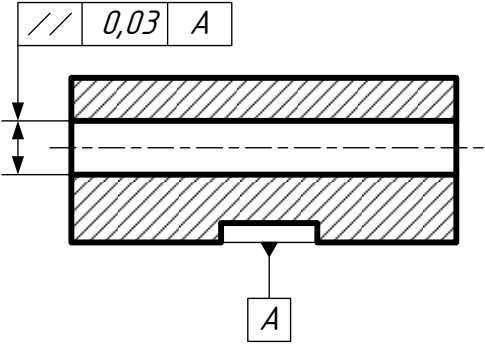
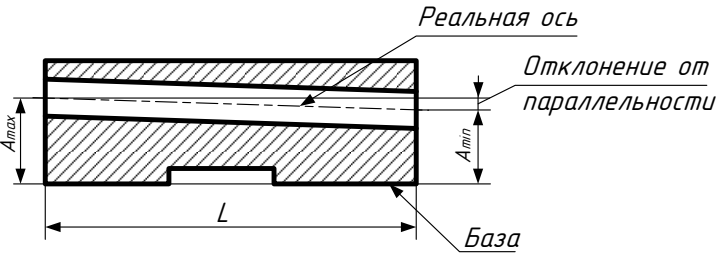
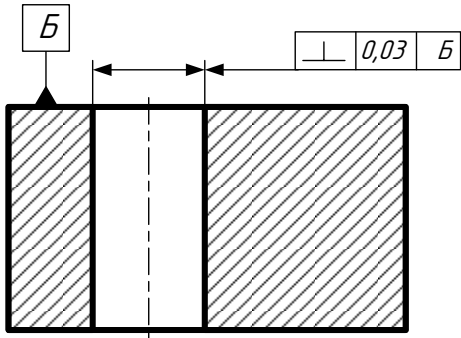
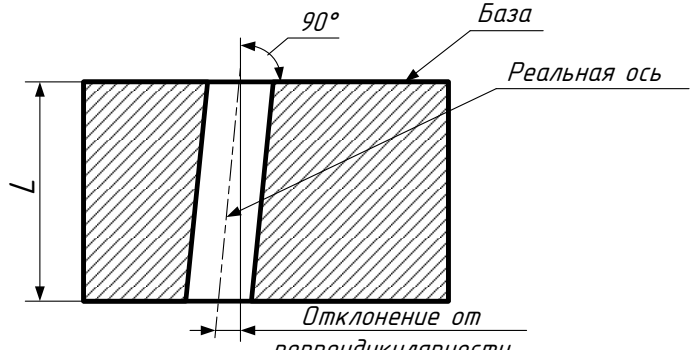
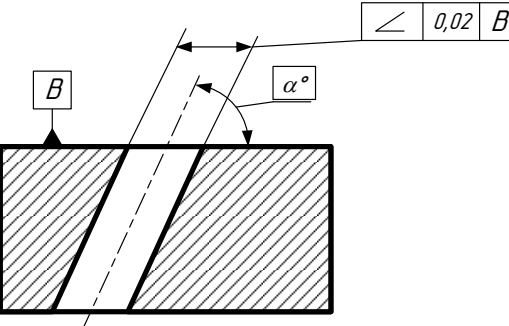
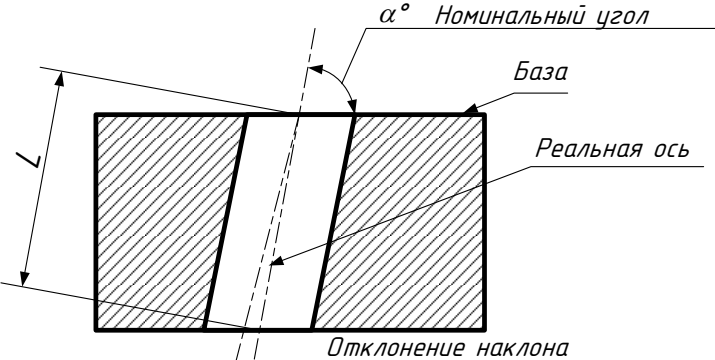
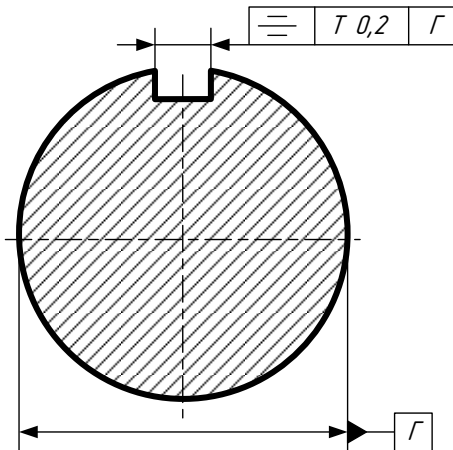

**Поле допуска расположения** – область в пространстве или заданной плоскости, внутри которой должен находиться прилегающий элемент или ось, центр, плоскость симметрии в пределах нормируемого участка, ширина или диаметр которой определяется значением допуска, а расположение относительно баз – номинальным расположением рассматриваемого элемента.

Виды допусков, их обозначение и изображение на чертежах приведены в таблице 3.3. Оценка величины отклонения расположения производится по расположению прилегающей поверхности, проведенной к реальной поверхности; таким образом исключаются из рассмотрения отклонения формы. Допуски соосности, симметричности, пересечения осей, позиционные допуски указываются **обязательно** или **в диаметральном или в радиусном выражении**.

Числовые значения допусков в зависимости от степени точности даны в таблице А7 приложения А.

Таблица 3.3 – Допуски расположения

Пример нанесения допуска на чертеже	Изображение отклонений
Допуски взаимного положения при сочетании «плоскость-плоскость» Допуск параллельности	
	 <p>Отклонение от параллельности <math>A_{max} - A_{min}</math></p>
Допуск перпендикулярности	
	 <p>Отклонение от перпендикулярности</p>
Допуск наклона	
	 <p>Отклонение наклона</p>
Допуск симметричности	
	 <p>Поле допуска симметричности</p> <p>Плоскость симметрии рассматриваемого элемента</p> <p>Отклонение от симметричности</p>

Пример нанесения допуска на чертеже	Изображение отклонений
Допуски взаимного положения при сочетании «плоскость-цилиндр» Допуск параллельности	
	
Допуск перпендикулярности	
	
Допуск наклона	
	
Допуск симметричности	
	

Пример нанесения допуска на чертеже	Изображение отклонений
<b>Позиционный допуск</b>	
<b>Допуски взаимного положения при сочетании «цилиндр-цилиндр» Допуск параллельности</b>	
<b>Допуск перпендикулярности</b>	
<b>Допуск наклона</b>	

Пример нанесения допуска на чертеже	Изображение отклонений
<b>Допуск соосности</b>	
<b>Позиционный допуск</b>	
<b>Допуск пересечения осей</b>	

Выбор допусков формы поверхности зависит от конструктивных и технологических требований, кроме того он связан с допуском размера. Ни один из допусков формы не может превысить допуска размера. Допуски формы должны назначаться только в тех случаях, когда они должны быть меньше допуска размера. В зависимости от соотношения между допуском формы и допуском диаметра различают *A* – нормальную относительная геометрическая точность (для допуска формы или расположения используется примерно 60 % допуска размера); *B* – повышенная относительная геометрическая точность (для допуска формы или расположения используется примерно 40 % допуска размера); *C* – высокая относительная геометрическая точность (для допуска формы или расположения используется примерно 25 % допуска размера) (таблица 3.4). Указанные уровни относительной геометрической точности не исключают возможности в обоснованных случаях назначать допуск формы или расположения, для которого используется менее 25 % допуска размера.

Степень точности формы цилиндрических поверхностей в зависимости от качества допуска диаметра и относительной геометрической точности приведены в таблице А8. Примеры назначения допусков формы цилиндрических поверхностей, степеней точности для плоских и прямолинейных деталей, допусков перпендикулярности и торцового биения приведены в таблицах 3.5 – 3.7.



Таблица 3.4 – Относительная геометрическая точность формы цилиндрических поверхностей по ГОСТ 24643

Относительная геометрическая точность	Среднее соотношение допусков формы и размера, %	Примеры применения
Нормальная (А)	60	Поверхности в подвижных соединениях при небольших скоростях относительных перемещений и нагрузках, если не предъявляется особых требований к плавности хода или минимальному трению. Поверхности в соединениях с натягом или с переходными посадками при необходимости разборки и повторной сборки, повышенных требованиях к точности центрирования и стабильности натяга.
Повышенная (В)	40	Поверхности в подвижных соединениях при средних скоростях относительных перемещений и нагрузках, при повышенных требованиях к плавности хода и герметичности уплотнений. Поверхности в соединениях с натягом или с переходными посадками при повышенных требованиях к точности и прочности в условиях больших скоростей и нагрузок, ударов, вибраций.
Высокая (С)	25	Поверхности в подвижных соединениях при высоких скоростях и нагрузках, высоких требованиях к плавности хода, снижению трения, герметичности уплотнения. Поверхности в соединениях с натягом или с переходными посадками при высоких требованиях к точности и прочности в условиях воздействия больших скоростей и нагрузок, ударов, вибраций.
Особо высокая	Менее 25	Поверхности, к которым предъявляются особо высокие требования по обеспечению кинематической точности, плотности и герметичности при больших давлениях. минимального трения, бесшумности, максимальной долговечности при тяжелых режимах работы. Детали, сортируемые на размерные группы (при числе групп более пяти). Детали, аттестуемые по размеру с высокой точностью.

Примечание – Отклонения формы допустимы в пределах всего поля допуска размера для несопрягаемых поверхностей, к которым не предъявляется особых конструктивных требований; поверхностей в соединениях с зазором, если последний предназначен только для обеспечения собираемости, а взаимное перемещение деталей, либо отсутствует, либо носит эпизодический характер; поверхностей в соединениях с натягом или с переходными посадками, к которым не предъявляются особых требований по точности центрирования или прочности и которые не подвергаются повторным сборкам или тяжелым нагрузкам (ударам, тряске) в процессе эксплуатации.

Таблица 3.5 – Примеры назначения допусков формы цилиндрических поверхностей

Степень точности формы (по таблице А7)	Примеры применения	Способ обработки
1–2	Шарики и ролики для подшипников. Дорожки качения и посадочные поверхности подшипников качения особо высокой точности и сопрягаемые с ними посадочные поверхности валов и корпусов. Детали особо точных плунжерных и золотниковых пар	Доводка, тонкое шлифование и алмазное растачивание повышенной точности
3–4	Дорожки качения и посадочные поверхности подшипников качения повышенной точности и сопрягаемые с ними посадочные поверхности валов и корпусов. Цапфы осей гидроприборов. Подшипники жидкостного трения при больших нагрузках (прокатные станы). Подшипниковые шейки коленчатых валов, поршневые пальцы и сопрягаемые с ними отверстия в деталях авиационных и автомобильных двигателей. Плунжеры, золотники, поршни, втулки и другие детали гидравлической аппаратуры, работающие при высоких давлениях без уплотнений	Доводка, хонингование, тонкое шлифование, алмазное растачивание, тонкое обтачивание и растачивание повышенной точности
5–6	Посадочные поверхности колец подшипников качения нормальной точности и сопрягаемые с ними посадочные поверхности валов и корпусов. Подшипниковые шейки и вкладыши коленчатых валов тракторных и судовых двигателей, валов редукторов, паровых турбин, крупных насосов. Поршневые пальцы дизелей и газовых двигателей. Поршни, золотники, гильзы, цилиндры и другие детали гидравлической и пневматической аппаратуры при средних и низких давлениях без уплотнений или при высоких и средних давлениях с уплотнениями. Несопрягаемые поверхности вала паровой турбины и оправки для балансировки дисков турбин	Шлифование, хонингование, чистовое обтачивание и растачивание, тонкое развертывание, протягивание
7–8	Подшипники скольжения крупных гидротурбин, тихоходных двигателей, редукторов. Цилиндры, гильзы, поршни и поршневые кольца автомобильных и тракторных двигателей. Отверстия под втулки в шатунах двигателей, в гидравлических устройствах средних давлений. Бочка валков холодной прокатки	Чистовое обтачивание и растачивание, развертывание, протягивание; зенкерование и сверление повышенной точности
9–10	Подшипники скольжения при малых скоростях и давлениях. Поршни и цилиндры насосов низкого давления с мягким уплотнением. Поршневые кольца дизелей и газовых двигателей	Обтачивание и растачивание, сверление, литье под давлением

Таблица 3.6 – Примеры назначения степеней точности для плоских и прямолинейных деталей

Степень точности	Применение	Окончательная обработка
1–2	Измерительные и направляющие поверхности приборов, концевых мер длины, прецизионных станков	Доводка, суперфиниширование, тонкое шабрение
3–4	Измерительные и рабочие поверхности приборов (микрометров, поверочных плит) и станков высокой точности	Доводка, шабрение и шлифование повышенной точности
5–6	Направляющие приборов и станков нормальной точности. Рабочие поверхности упорных подшипников	Шлифование, шабрение, обтачивание повышенной точности
7–8	Разметочные плиты, рабочие поверхности ползунов, упорных подшипников, опорные поверхности рам, корпусов подшипников, станин, разъемы корпусов редукторов	Грубое шлифование, фрезерование, строгание, протягивание, обтачивание
9–10	Неподвижные стыковые поверхности, опорные поверхности машин пониженной точности, работающих при легких нагрузках, присоединительные поверхности арматуры	Фрезерование, строгание, обтачивание, долбление
11–12	Неответственные рабочие поверхности машин пониженной точности	Грубая механическая обработка

Таблица 3.7 – Примеры назначения допусков перпендикулярности и торцевого биения

Степень точности	Примеры применения	Способ обработки
1–2	Основные направляющие и базовые поверхности прецизионных станков. Шпиндели и оправки зубоизмерительных приборов, оптической делительной головки.	Доводка, тонкое шлифование. Алмазная обработка повышенной точности
3–4	Основные направляющие и базовые поверхности станков высокой и повышенной точности. Рабочие поверхности угольников (90°). Запечки валов под прецизионные подшипники качения.	Доводка. Шлифование и шабрение повышенной точности, тонкое точение
5–6	Рабочие поверхности станков нормальной точности. Опорные торцы долбяков и шеверов. Торцы корпусов, рабочих шестерен. Винтов и роторов насосов высокого давления. Запечки валов и корпусов под подшипники качения высокой точности. Торцы вкладышей подшипников гидромашин. Фланцы валов и соединительных муфт двигателей.	Шлифование, шабрение, хонингование; фрезерование, строгание и растачивание повышенной точности

Продолжение таблицы 3.7

Степень точности	Примеры применения	Способ обработки
7–8	Рабочие поверхности прессов. Торцы станочных втулок. Заплечики валов и корпусов под подшипники качения нормальной точности. Торцы ступиц и распорных втулок. Ось отверстия под палец в автомобильных и тракторных поршнях.	Шлифование, фрезерование, строгание, долбление, растачивание
9–10	Торцы подшипников в ручных лебедках и приводах. Оси резьбовых шпилек относительно опорных плоскостей в двигателе. Зубчатые венцы колес с обработанными зубьями в сельскохозяйственных машинах.	Обтачивание, грубое фрезерование, строгание и растачивание
11–12	Уплотнительные поверхности присоединительных фланцев угловых вентилях. Зубчатые венцы звездочек с обработанными зубьями в сельскохозяйственных машинах. Оси и поверхности в вилках включения сельскохозяйственных машин. Рабочие поверхности угольников для строительных работ.	Грубая механическая обработка всех видов
13–16	Поверхности низкой точности. Поверхности с неуказанными допусками.	Все виды обработки

### 3.4 Зависимые и независимые допуски

Допуски расположения или формы могут быть зависимыми или независимыми. **Зависимый допуск** – это допуск расположения или формы, указываемый на чертеже в виде значения, которое допускается превышать на величину, зависящую от отклонения действительного размера рассматриваемого элемента от максимума контура материала.

Зависимый допуск – переменный допуск, его минимальное значение указывается на чертеже и допускается превышать за счет изменения размеров рассматриваемых элементов, но так, чтобы их линейные размеры не выходили за пределы предписанных допусков.

Зависимые допуски расположения, как правило, назначают в тех случаях, когда необходимо обеспечить собираемость деталей, сопрягающихся одновременно по нескольким поверхностям.

В отдельных случаях при зависимых допусках имеется возможность перевести деталь из брака в годные путем дополнительной обработки, например, развертыванием отверстий. Как правило, зависимые допуски рекомендуется назначать для тех элементов деталей, к которым предъявляются только требования собираемости.

Пример сравнительного изменения отклонения от соосности  $\delta$  при назначении зависимого допуска и зависимой базы приведен в таблице 3.8. Буква «М» показывает, что допуск зависимый, а способ указания – что значение допуска соосности можно превышать за счет изменения размеров обоих отверстий.

Для зависимых допусков возможно назначение в чертежах их нулевых значений. Такой способ указания допусков означает, что отклонения допустимы только за счет использования части допуска на размер элементов.

**Независимый допуск** – это допуск расположения или формы деталей, числовое значение которого постоянно для всей их совокупности и не зависит от действительных размеров рассматриваемых поверхностей.

Таблица 3.8 – Пример назначения зависимого допуска

<b>Случай 1 – допуск отклонения от соосности независимый</b>	
Чертеж	Возможное расположение осей отверстий
<p>Максимальное значение допуска отклонения от соосности <math>\delta_{max}</math> не будет превышать <math>0,005</math> мм в радиусном выражении, при этом значения размеров <math>D_1</math> и <math>D_2</math> могут быть любыми в пределах допуска.</p>	
<b>Случай 2 – допуск отклонения от соосности зависимый</b>	
Чертеж	Возможное расположение осей отверстий
Расчетная схема	Расчет
	<p>От оси номинального размера <math>D_{2н}</math> вправо откладывается радиус <math>0,5D_{2max}</math> до линии Б, затем от этой линии влево откладывается радиус <math>0,5D_{2min}</math> – это и будет возможная фактическая ось <math>D_2</math>.</p> $\delta_{max} = \delta_{черт} + 0,5D_{2max} - 0,5D_{2min} = \delta_{черт} + 0,5TD_2;$ $\delta_{max} = 0,005 + 0,5 \cdot 0,022 = 0,016 \text{ мм.}$

<b>Случай 3 – допуск отклонения от соосности зависимый, база также зависимая</b>	
Чертеж	Возможное расположение осей отверстий
Расчетная схема	Расчет
	<p>От оси номинального размера <math>D_{2н}</math> вправо откладывается радиус <math>0,5D_{2max}</math>, до линии Б, затем от этой линии влево откладывается радиус <math>0,5D_{2min}</math> – это и будет возможная фактическая ось <math>D_2</math>, аналогично находится ось <math>D_1</math> (от линии В).</p> $\delta_{max} = \delta_{черт} + (0,5D_{2max} - 0,5D_{2min}) + (0,5D_{1max} - 0,5D_{1min}) = \delta_{черт} + 0,5TD_2 + 0,5TD_1;$ $\delta_{max} = 0,005 + 0,5 \cdot 0,022 + 0,5 \cdot 0,033 = 0,0325 \text{ мм.}$

**В первом случае** максимальное значение допуска отклонения от соосности  $\delta_{max} = 0,005$  мм при любом значении размеров  $D_1$  и  $D_2$ .

**Во втором случае** при максимальном значении  $D_2$  значение допуска отклонения от соосности  $\delta_{max} = \delta_{черт} = 0,005$  мм, при минимальном значении  $D_2$  значение допуска отклонения от соосности  $\delta_{max} = 0,016$  мм, т.е. при каком-либо значении  $D_2$  значение допуска отклонения от соосности  $\delta$  увеличится на величину половины фактического допуска  $TD_{2факт}$ .

**В третьем случае** при максимальных значениях  $D_2$  и  $D_1$  значение допуска отклонения от соосности  $\delta_{max} = \delta_{черт} = 0,005$  мм, при минимальных значениях  $D_2$  и  $D_1$  значение допуска отклонения от соосности  $\delta_{max} = 0,0325$  мм, т.е. при каких-либо значениях  $D_2$  и  $D_1$  значение допуска отклонения от соосности  $\delta$  увеличится на величину суммы половины фактических допусков  $TD_{2факт}$  и  $TD_{1факт}$ .

## 4 ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

### 4.1 Параметры шероховатости

В процессе формообразования деталей на их поверхности появляется шероховатость – ряд чередующихся выступов и впадин сравнительно малых размеров. Шероховатость поверхности – это совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная с помощью базовой длины.

Шероховатость поверхности характеризуется величиной микронеровностей реальной поверхности, определяющей ее отклонение от идеально гладкой поверхности.

Шероховатость может быть следом от резца или другого режущего инструмента, копией неровностей форм или штампов, может возникать вследствие вибраций, возникающих при резании, а также в результате действия других факторов.

Способы нормирования шероховатости поверхности установлены ГОСТ 2789 и распространяются на поверхности изделий, изготовленных из любых материалов и любыми методами, кроме ворсистых поверхностей.

Шероховатость поверхности оценивается по неровностям профиля, получаемого путем сечения реальной поверхности плоскостью (чаще всего в нормальном сечении), как это представлено на рисунке 4.1.

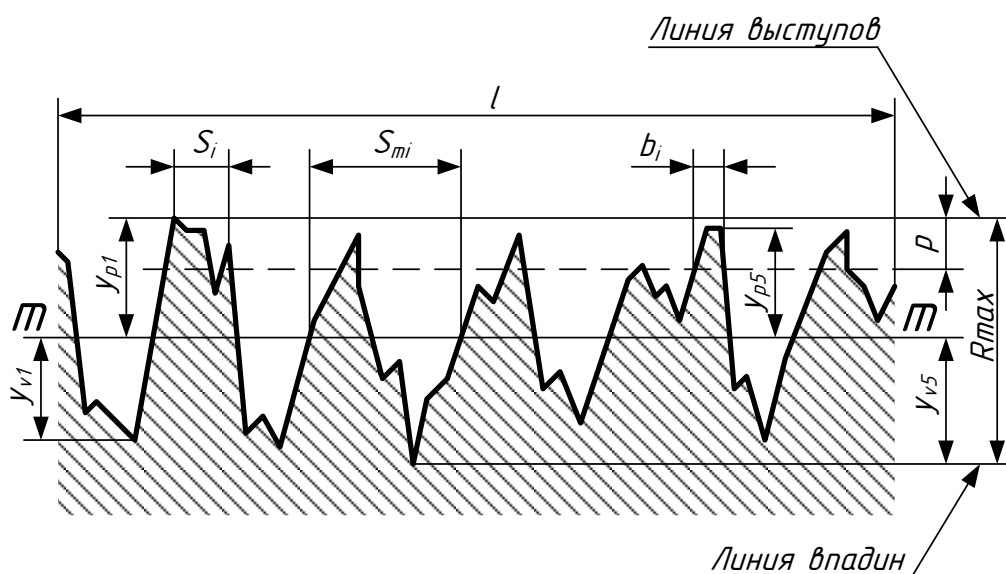


Рисунок 4.1 – Неровности профиля и параметры шероховатости поверхности

Для отделения шероховатости поверхности от других неровностей с относительно большими шагами (отклонения формы и волнистости) ее рассматривают в пределах ограниченного участка, длина которого называется базовой длиной  $l$  (рисунок 4.1). Значения базовой длины выбирают из ряда: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8; 25 мм.

Базой для отсчета отклонений профиля является *средняя линия профиля* m-m – линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение измеряемого профиля до этой линии было минимальным.

Для количественной оценки и нормирования шероховатости поверхности ГОСТ 2789 устанавливает следующие шесть параметров шероховатости, из которых первые три характеризуют высоту неровностей (вертикальные параметры), а три последние – шаговые размеры неровностей (горизонтальные параметры):

1. **Среднее арифметическое отклонение профиля  $Ra$**  – это среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины:

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx, \quad (4.1)$$

где  $l$  – базовая длина;

$y$  – отклонение профиля (расстояние между любой точкой профиля и базовой линией m-m).

При дискретном способе обработки профилограммы параметр  $Ra$  рассчитывают по формуле:

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|, \quad (4.2)$$

где  $y_i$  – измеренные отклонения профиля в дискретных точках;

$n$  – число измеренных дискретных отклонений на базовой длине.

$Ra$  нормируется в пределах от 0,008 до 100 мкм.

2. **Высота неровностей профиля по десяти точкам  $Rz$**  – сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины:

$$Rz = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}|}{5}, \quad (4.3)$$

где  $y_{pi}$  – высота  $i$ -го наибольшего выступа профиля;

$y_{vi}$  – глубина  $i$ -й наибольшей впадины профиля.

$Rz$  нормируется в пределах от 0,025 до 1000 мкм.

3. **Наибольшая высота неровностей профиля  $Rmax$**  – расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины (рисунок 4.1).  $Rmax$  нормируется в пределах от 0,025 до 1000 мкм.

4. **Средний шаг неровностей профиля  $S_m$**  – среднее значение шага неровностей в пределах базовой длины:

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi}, \quad (4.4)$$

где  $S_{mi}$  – шаг неровностей профиля – отрезок средней линии, заключенный между точками пересечения смежных выступа и впадины со средней линией.

Другими словами, под средним шагом неровностей понимается среднее арифметическое значение длин отрезков средней линии, пересекающих профиль в трех соседних точках и ограниченных двумя крайними точками.

Значение  $S_m$  нормируется в пределах от 0,002 до 12,5 мм.

5. **Средний шаг местных выступов профиля  $S$**  – среднее значение шага местных выступов профиля в пределах базовой длины:



$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i, \quad (4.5)$$

где  $S_i$  – шаг местных выступов профиля – длина отрезка средней линии, заключенного между проекциями на нее наивысших точек двух соседних местных выступов профиля.

То есть, под этим параметром понимается среднее арифметическое значение длины отрезков средней линии между проекциями на нее двух наивысших точек соседних выступов профиля.

Значение  $S$  нормируется в пределах от 0,002 до 12,5 мм.

б. **Относительная опорная длина профиля  $t_p$**  – отношение суммы длин отрезков  $b_i$ , отсекаемых в пределах базовой длины в материале детали линией, эквидистантной средней линии и расположенной на заданном расстоянии от линии выступов профиля (уровень сечения  $p$ ), к базовой длине:

$$t_p = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i. \quad (4.6)$$

Значение  $p$  – уровень сечения профиля обычно выражают в процентах от  $R_{max}$  величинами от 5 до 90 %. Значение  $t_p$  нормируется в пределах от 10 до 90 %.

Кроме перечисленных шести количественных параметров шероховатости, стандартом установлены два качественных параметра:

а) вид обработки. Указывается в том случае, когда шероховатость поверхности следует получить только определенным способом;

б) тип направлений неровностей. Выбирается из таблицы 4.1 и указывается только в ответственных случаях, когда это необходимо по условиям работы детали или сопряжения.

Таблица 4.1 – Тип направлений неровностей

Тип направлений неровностей	Схематическое изображение	Обозначение	Тип направлений неровностей	Схематическое изображение	Обозначение
Параллельное			Кругообразное		
Перпендикулярное				Радиальное	
Перекрещивающиеся			Точечное		
Произвольное					

## 4.2 Нормирование качественных параметров шероховатости поверхности

Выбор параметров шероховатости поверхности производится в соответствии с ее служебным или функциональным назначением.

Числовые значения параметров шероховатости по ГОСТ 2789 приведены в таблице А9 приложения А.

Основным во всех случаях является нормирование высотных (вертикальных) параметров. Предпочтительно, в том числе и для самых грубых поверхностей, нормировать параметр  $Ra$ , который лучше отражает отклонения профиля, поскольку определяется по значительно большему числу точек, чем  $Rz$ .

Параметр  $Rz$  нормируется в тех случаях, когда прямой контроль  $Ra$  с помощью профилометров невозможен (режущие кромки инструментов и т. п.).

Следует применять в первую очередь предпочтительные значения, приведенные в таблице А9 приложения А.

В настоящее время существует несколько способов назначения шероховатости поверхности:

а) выбор шероховатости должен производиться с учетом служебного назначения и эксплуатационных свойств поверхности. Рекомендации по выбору числовых значений для наиболее характерных видов сопряжений и типовых элементов деталей машин приведены в справочной литературе, а примеры некоторых типовых элементов – в таблицах 4.2, 4.3;

Таблица 4.2 – Шероховатость поверхности типовых элементов деталей машин

Характеристика поверхности		Значение параметра $Ra$ , мкм, не более				
Посадочные поверхности сменных деталей	Квалитет	Поверхность	Номинальные размеры, мм			
			До 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 500	
	5	Вал	0,2	0,4	0,4	
		Отверстие	0,4	0,8	0,8	
	6, 7	Вал	0,8	0,8	1,6	
		Отверстие	0,8	1,6	3,2	
	8	Вал	0,8	1,6	3,2	
		Отверстие	1,6	1,6	3,2	
9	Вал	1,6	1,6	3,2		
	Отверстие	3,2	3,2	3,2		
Характеристика поверхности		Значение параметра $Ra$ , мкм, не более				
Поверхности деталей при селективной сборке	Поверхность	Допуск сортировочной группы, мкм				
		< 2,5	2,5	5	10	20
	Вал	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8
Поверхности деталей в посадках с натягом: а) собираемых под прессом; б) собираемых способом термических деформаций	Квалитет	Поверхность	Номинальные размеры, мм			
			До 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 500	
	5	Вал	0,1–0,2	0,4	0,4	
		Отверстие	0,2–0,4	0,8	0,8	
	6–7	Вал	0,4	0,8	1,6	
		Отверстие	0,8	1,6	1,6	
	8	Вал	0,8	0,8–1,6	1,6–3,2	
		Отверстие	1,6	1,6–3,2	1,6–3,2	
–	Вал	1,6				
	Отверстие	1,6–3,2				
Поверхности деталей для посадок с точным центрированием	Поверхность	Допуск радиального биения, мкм				
		2,5	4	6	10	16
	Вал	0,05	0,1	0,1	0,2	0,2
Отверстие	0,1	0,2	0,2	0,4	0,8	1,6

Продолжение таблицы 4.2

Посадочные поверхности подшипников скольжения	Поверхность	Квалитеты		Жидкостной режим трения		
		6–9	10–12			
	Вал	0,4–0,8	0,8–3,2	0,1–0,4		
	Отверстие	0,8–1,6	1,6–3,2	0,2–0,8		
Характеристика поверхности		Значение параметра Ra, мкм, не более				
Поверхности цилиндров, поршней, золотников гидравлических систем	Поверхность	Высокое давление		Обычное исполнение	Низкое исполнение	
		Диаметр, мм				
		До 50	Св. 50			
	Вал	0,025	0,05	0,1	0,2	
Отверстие	0,05	0,1	0,2	0,4		
Характеристика поверхности		Значение параметра Ra, мкм, не более				
Поверхности подшипников качения	Поверхность	Номинальный размер, мм	Класс точности подшипника			
			0	6, 5	4	
	Валов	До 80	1,25	0,63	0,32	
		Свыше 80 до 500	2,5	1,25	0,63	
	Отверстий корпусов	До 80	1,25	0,63	0,63	
Свыше 80 до 500		2,5	1,25	1,25		
Опорных торцов заплечиков валов и корпусов	До 80	2,5	1,25	1,25		
		Свыше 80 до 500	2,5	2,5	2,5	
Характеристика поверхности		Значение параметра Ra, мкм, не более				
Поверхности осей и валов под уплотнения	Уплотнение	Скорость, м/с				
		до 3	5	св. 5		
	Резиновое	0,8–1,6; полировать	0,4–0,8; полировать	0,2–0,4; полировать		
	Войлочное	0,8–1,6; полировать			–	
	Лабиринтное	3,2–6,3			–	
Жировые канавки	3,2–6,3			–		
Поверхности направляющих: скольжения	Скорость, м/с	Допуск плоскостности, мкм (на 100 мм)				
		до 6	10	25	60	св. 60
	До 0,5	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2
качения	Св. 0,5	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6
	До 0,5	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6
Св. 0,5	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	
Поверхности торцовых опор (пят и подпятников)	Скорость, м/с	Допуск торцового биения, мкм				
		до 6	16	25	св. 25	
	До 0,5	0,1	0,4	0,8–1,6	3,2	
Св. 0,5	0,1	0,2	0,8	1,6		
Характеристика поверхности		Значение параметра Ra, мкм, не более				
Звездочки для приводных цепей	Поверхности	Точность исполнения				
		Нормальная		Повышенная		
	Рабочие	3,2–6,3		1,6–3,2		
	Впадин	6,3		3,2		
Выступов	3,2–12,5					

Продолжение таблицы 4.2

Характеристика поверхности		Значение параметра Ra, мкм, не более								
Зубчатые и червячные передачи	Поверхности	Степень точности								
		3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Профили зубьев прямозубых, косозубых и шевронных цилиндрических и червячных колес	0,1–0,2	0,2–0,4		0,4	0,4–0,8	1,6	3,2	6,3	6,3
	Профили зубьев конических колес	–	–	0,2–0,4	0,4–0,8		0,8–1,6	1,6–3,2	3,2–6,3	6,3
	Профили витков червяков	0,1	0,2	0,2	0,4	0,4–0,8	0,8–1,6	1,6–3,2	–	–
	По диаметрам впадин	То же, что и для рабочих поверхностей, или ближайшее более грубое предпочтительное значение								
	По диаметрам выступов	3,2–12,5								
Характеристика поверхности		Значение параметра Ra, мкм, не более								
Поверхности сферических опор		Допуск формы профиля, мкм								
		до 30			св. 30					
		0,8			1,6					
Торцевые опорные поверхности неподвижных стыков (фланцевые соединения и т. п.)		Допуск перпендикулярности, мкм (на длине 100 мм)								
		до 25			60			св. 60		
		1,6			3,2			6,3		
Поверхности разъема корпусов (редукторов, подшипников и т. п.)	Соединение	С прокладкой			Без прокладки					
	Герметичное Негерметичное	3,2–6,3 0,3–12,5			0,8–1,6 6,3–12,5					
Характеристика поверхности		Значение параметра Ra, мкм, не более								
Поверхности кронштейнов, втулок, поводков, колец, ступиц, крышек и аналогичных деталей, прилегающих к другим поверхностям, но не являющихся посадочными		3,2–6,3								
Рабочие поверхности кулачков и копиров	Сопряжение	Допуск формы профиля, мкм								
		до 6	30	50	св. 50					
		0,4	0,8	1,6	3,2					
	С ножами или сухарями	0,8	1,6	3,2	6,3					
	С роликами									
Характеристика поверхности		Значение параметра Ra, мкм, не более								
Рабочие поверхности шкивов плоско- и клиноременных передач		Диаметр шкива, мм								
		до 120			св. 120 до 315			св. 315		
		1,6			3,2			6,3		

Продолжение таблицы 4.2

Характеристика поверхности			Значение параметра Ra, мкм, не более							
Индексирующие поверхности делительных и установочных устройств, например, поверхности делительных дисков, фиксаторов, упоров и т. п.			Точность фиксации, мкм							
			до 4	6	10	25	63	св. 63		
			0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2		
Нерабочие торцовые поверхности зубчатых и червячных колес и звездочек			3,2–12,5							
Нерабочие поверхности осей и валов			6,3–12,5							
Канавки, фаски, выточки, зенковки, закругления и т. п.			3,2–12,5							
Проходные отверстия под болты, винты, заклепки и т. п.			25							
Болты и гайки чистые (кругом)			3,2–12,5							
Болты и гайки получистые (в местах обработки)			25							
Поверхности головок винтов			3,2–12,5							
Опорные поверхности пружин сжатия			12,5–25							
Рабочие поверхности катков, фрикционных передач			В зависимости от габарита и условий работы							
			0,2–0,8							
Характеристика поверхности			Значение параметра Ra, мкм, не более							
Рабочие поверхности фрикционов	Колодки, муфты, диски		Колодки		Муфты		Диски			
					0,8–1,6		0,1–0,8			
	Тормозные барабаны		Диаметр барабана, мм							
			до 500			св. 500				
		0,8–1,6			1,6–3,2					
Рабочие поверхности конических соединений			Соединения							
			герметичные		центрирующие		прочие			
			0,1–0,4		0,4–1,6		1,6–6,3			
Характеристика поверхности			Значение параметра Ra, мкм, не более							
Соединения с призматическими и сегментными шпонками	Соединение		Поверхность		Шпонка		Паз вала		Паз втулки	
	Неподвижное		Рабочая		3,2		1,6–3,2		1,6–3,2	
			Нерабочая		6,3–12,5		6,3–12,5		6,3–12,5	
	С направляющей шпонкой		Рабочая		1,6–3,2		1,6–3,2		1,6–3,2	
Нерабочая			6,3–12,5		6,3–12,5		6,3–12,5			
Характеристика поверхности			Значение параметра Ra, мкм, не более							
Зубчатые (шлицевые) соединения	Соединение		Впадина отверстия	Зуб вала	Центрирующие поверхности		Нецентрирующие поверхности			
					Отверстие	Вал	Отверстие	Вал		
	Неподвижное		1,6–3,2	1,6–3,2	0,8–1,6	0,4–0,8	3,2–3,6	1,6–6,3		
Подвижное		0,8–1,6	0,4–0,8	0,8–1,6		3,2	1,6–3,2			

Продолжение таблицы 4.2

Характеристика поверхности		Значение параметра Ra, мкм, не более		
Резьбовые соединения	Рабочие поверхности резьбы	Степень точности резьбы		
		4; 5	6; 7	7–9
	Крепежная резьба на болтах, винтах и гайках	1,6	3,2	3,2–6,3
	Резьба на валах, штоках, втулках и т. д., а также на конусах (коническая)	0,8–1,6	1,6	3,2
	Резьба ходовых и грузовых винтов	–	0,4	0,8
	Резьба гаек ходовых и грузовых винтов	–	0,8	1,6

Таблица 4.3 – Шероховатость свободных поверхностей деталей машин

Вид поверхности	Шероховатость, мкм
Поверхности, видимые при наружном осмотре машины	
Прецизионные шкалы с оптическим отсчетом	Ra = 0,040
Шкалы нормальной точности, лимбы	Ra = 0,63
Выступающие части быстровращающихся деталей; концы и фланцы шпинделей, валов	Ra = 1,25
Рукоятки, обводы маховиков, штурвалы, ручки, кнопки	Ra = 0,32 (полировать)
Поверхности указателей, таблиц	Ra = 0,63 (полировать)
Головки винтов, торцы валов, фаски, канавки, закругления	Ra = 2,5... Rz = 40
Поверхности механически обработанных корпусных деталей с наибольшим размером (мм):	
до 100	Ra = 2,5
св. 100 до 400	Ra = 20
св. 400 до 1200	Rz = 40
Поверхности фланцев и крышек негерметичных соединений	Rz = 40
Разъем подшипников скольжения	Rz = 40
Поверхности, невидимые при наружном осмотре машины	
Поверхности, механически обрабатываемые	Rz = 80...20
Подшвы и основания станин, корпусов, лап; несопрягаемые поверхности, механически обработанные	Rz = 80

б) шероховатость устанавливается стандартами на детали и изделия, а также на поверхности, с которыми они сопрягаются (таблица 4.2);

в) когда отсутствуют рекомендации по выбору шероховатости, величину параметра Rz рекомендуется назначать не более 0,33 от величины поля допуска на размер либо 0,5...0,4 от допуска расположения или формы (таблица 4.4). Если элемент детали имеет все три допуска, то следует брать допуск с наименьшей величиной.

Переход от параметра  $Rz$  к параметру  $Ra$  производится по соотношениям:

$$Ra \approx 0,25 Rz \quad \text{при} \quad Rz \geq 8 \text{ мкм};$$

$$Ra \approx 0,2 Rz \quad \text{при} \quad Rz < 8 \text{ мкм}.$$

После чего параметр  $Ra$  округляют до ближайшего числа из ряда стандартных значений.

Таблица 4.4 – Шероховатость поверхности в зависимости от допусков размера и формы

Допуск размера	Допуск формы, % от допуска размера	Номинальные размеры, мм				Допуск размера	Допуск формы, % от допуска размера	Номинальные размеры, мм			
		До 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 500			До 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 500
		Значения $Ra$ , мкм, не более						Значения $Ra$ , мкм, не более			
IT3	100	0,2	0,4	0,4	0,8	IT9	100; 60	3,2	3,2	6,3	6,3
	60	0,1	0,2	0,2	0,4		40	1,6	3,2	3,2	6,3
	40	0,05	0,1	0,1	0,2		25	0,8	1,6	1,6	3,2
IT4	100	0,4	0,8	0,8	1,6	IT10	100; 60	3,2	6,3	6,3	6,3
	60	0,2	0,4	0,4	0,8		40	1,6	3,2	3,2	6,3
	40	0,1	0,2	0,2	0,4		25	0,8	1,6	1,6	3,2
IT5	100	0,4	0,8	1,6	1,6	IT11	100; 60	6,3	6,3	12,5	12,5
	60	0,2	0,4	0,8	0,8		40	3,2	3,2	6,3	6,3
	40	0,1	0,2	0,4	0,4		25	1,6	1,6	3,2	3,2
IT6	100	0,8	1,6	1,6	3,2	IT12,	100; 60	12,5	12,5	25	25
	60	0,4	0,8	0,8	1,6	IT13	40	6,3	6,3	12,5	12,5
	40	0,2	0,4	0,4	0,8	IT14,	100; 60	12,5	25	50	50
IT7	100	1,6	3,2	3,2	3,2	IT15	40	12,5	12,5	25	25
	60	0,8	1,6	1,6	3,2	IT16,	100; 60	25	50	100	100
	40	0,4	0,8	0,8	1,6	IT17	40	25	25	50	50
IT8	100	1,6	3,2	3,2	3,2	Если необходимо по функциональным требованиям допускается устанавливать значения $Ra$ менее указанных в таблице					
	60	0,8	1,6	3,2	3,2						
	40	0,4	0,8	1,6	1,6						

При этом следует учитывать рациональные методы и способы обработки детали и достигаемые при этом точность и шероховатость поверхности, приведенные в таблице 4.5. Повышение этих требований влечет за собой значительное увеличение затрат на обработку, которое может быть оправдано, если будет компенсировано повышением качества изделий. В таблице 4.5 приведены шероховатость поверхности и качества точности при различных способах и видах обработки деталей резанием.

Таблица 4.5 – Шероховатость поверхности и качества точности при различных способах и видах обработки деталей резанием

Вид обработки		Значения параметра Ra, мкм	Квалитеты		
			экономические	достижимые	
Автоматическая газовая резка		12,5–100	15–17		
Отрезка	приводной пилой	25*–50 (12,5)	15–17	–	
	резцом	25*–100	14–17		
	фрезой	25*–50			
	абразивом	3,2–6,3*	12–15		
Подрезка торцев		3,2*–12,5 (0,8)**	11–13	8; 9	
Строгание	черновое	12,5*–25	12–14	–	
	чистовое	3,2*–6,3	11–13 (10)**		
	тонкое	(0,8)**–1,6	8–10		7
Долбление	черновое	25–50	14; 15	–	
	чистовое	3,2*–12,5	12; 13	11	
Фрезерование цилиндрической фрезой	черновое	25–50	12–14 (11)**	– 6; 7	
	чистовое	3,2*–6,3	11 (10)**		
	тонкое	1,6	8; 9		
Фрезерование торцевой фрезой	черновое	6,3–12,5	12–14 (11)**	–	
	чистовое	3,2*–6,3 (1,6)**	11	10	
	тонкое	(0,8)–1,6	8; 9	6; 7	
Обтачивание продольной подачей	обдирочное	25–100	15–17	–	
	получистовое	6,3–12,5	12–14		
	чистовое	1,6*–3,2 (0,8)**	7–9		6
	тонкое (алмазное)	0,4*–0,8 (0,2)**	6		5
Обтачивание поперечной подачей	обдирочное	25–100	16; 17	–	
	получистовое	6,3–12,5	14; 15		
	чистовое	3,2*	11–13		8; 9
	тонкое	(0,8)**–1,6	8–11		7
Сверление	до 15 мм	6,3–12,5*	12–14***	10; 11	
	св 15 мм	12,5–25*	12–14***	10; 11	
Рассверливание		12,5–25* (6,3)**	12–14	10; 11	
Зенкерование	черновое (по корке)	12,5–25	12–15	–	
	чистовое	3,2*–6,3	10; 11	8; 9	
Растачивание	черновое	50–100	15–17	–	
	получистовое	12,5–25	12–14		
	чистовое	1,6*–3,2 (0,8)**	8; 9		7
	тонкое (алмазное)	0,4*–0,8 (0,2)**	7		6



Продолжение таблицы 4.5

Вид обработки		Значения параметра $Ra$ , мкм	Квалитеты	
			экономические	достижимые
Развертывание	получистовое	6,3–12,5	9; 10	8
	чистовое	1,6*–3,2	7; 8 (8)**	–
	тонкое	(0,4)**– 0,8	7	6
Слесарная опиловка		(1,6)**– 25	8–11	6; 7
Зачистка наждачным полотном (после резца и фрезы)		(0,2)**–1,6	8–11	7; 8
Шлифование круглое	получистовое	3,2–6,3	8–11	–
	чистовое	0,8*–1,6	6–8	6
	тонкое	0,2*–0,4 (0,1)**	5	Выше 5-го
Шлифование плоское	получистовое	3,2	8–11	–
	чистовое	0,8*–1,6	6–8	
	тонкое	0,2*–0,4 (0,1)**	6; 7	6
Обкатывание и раскатывание роликами или шариками при значении параметра $Ra$ исходной поверхности 3,2–12,5 мкм		0,4–1,6	6–9	–
Притирка	чистовая	0,4–3,2	6; 7	
	тонкая	0,1–1,6	5	
Полирование	обычное	0,2–1,6	6	–
	тонкое	0,05–0,1	5	
Хонингование	плоскостей	0,1–0,4*	7; 8	6
	цилиндром	0,05–0,2*	6; 7	
Суперфиниширование	плоскостей	0,2*–0,4 (0,05)**	5 и точнее	–
	цилиндров	0,1*–0,4 (0,05)**	–	
Нарезание резьбы	плашкой, метчиком	3,2–12,5*	6–8	4–5
	резцом, гребенкой	3,2*–6,3 (1,6)**	6–8	

\*Оптимальное значение  $Ra$  для данного вида обработки.  
\*\*В скобках приведена экономическая точность изготовления для чугуна.  
\*\*\* При сверлении без кондуктора.

### 4.3 Обозначение шероховатости поверхностей

Структура обозначения шероховатости поверхности показана на рисунке 4.2. Обозначение включает в себя знак шероховатости, полку знака и другие дополнительные указания.

Примеры обозначения шероховатости поверхности приведены в таблице 4.6.

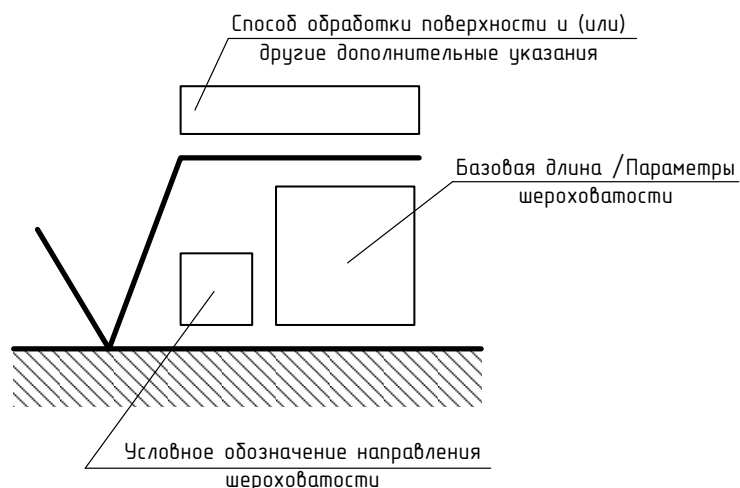
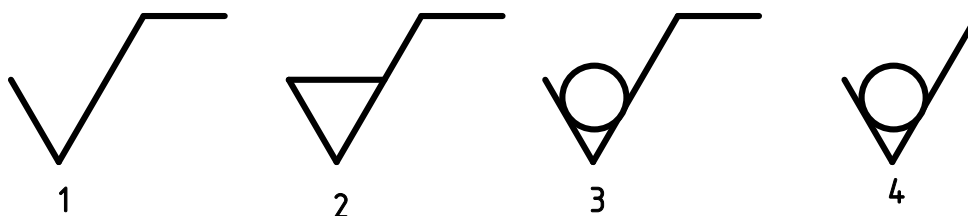


Рисунок 4.2 – Обозначение шероховатости поверхностей

Для обозначения на чертежах шероховатости поверхности применяют один из следующих четырех знаков (рисунок 4.3).



1 – способ обработки поверхности не устанавливается; 2 – поверхность должна быть образована удалением слоя материала; 3 – поверхность должна быть образована без удаления слоя материала; 4 – поверхность не обрабатывается по данному чертежу

Рисунок 4.3 – Знаки обозначения шероховатости поверхности

Таблица 4.6 – Примеры обозначения шероховатости поверхности на чертежах

$\sqrt{Ra0,4}$	Параметр $Ra$ не должен превышать 0,4 мкм
$\sqrt{Rz25}$	Параметр $Rz$ не должен превышать 25 мкм
$\sqrt{Rmax12,5}$	Параметр $Rmax$ не должен превышать 12,5 мкм
$\sqrt{Sm0,63}$	Параметр $Sm$ не должен превышать 0,63 мкм
$\sqrt{0,8/Rz5}$	Параметр $Rz$ на базовой длине 0,8 мм не должен превышать 5 мкм
$\sqrt{=0,8/Ra3,2}$	Параметр $Ra$ на базовой длине 0,8 мм не должен превышать 3,2 мкм при параллельном направлении неровностей
$\overline{\text{Полировать}}$ $\sqrt{M Ra0,25}$	Шероховатость поверхности обеспечивается полированием и параметр $Ra$ не должен превышать 0,025 мкм при произвольном направлении неровностей.

Пример расчета параметров посадки (размеров, отклонений, шероховатости) приведен в разделе 10.

## 5 СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ

### 5.1 Выбор средств измерения

Пригодность размеров деталей после их изготовления или ремонта устанавливают либо путем измерения, либо путем контроля. При измерении широко применяют *универсальные средства измерения* (УСИ), позволяющие установить с заданной точностью значения действительных размеров, которые затем сравнивают с установленными предельными размерами, и дают заключение о годности детали. При контроле, где также широко применяют предельные калибры, устанавливается только факт годности или брака (исправимого или неисправимого) проверяемого размера без определения его действительной величины.

*При выборе УСИ учитывают совокупность метрологических* (диапазон измерения, цена деления, измерительное усилие, точность, предельная погрешность и др.) *и технико-экономических показателей*. К последним относятся: стоимость УСИ, продолжительность их работы до повторной настройки и до ремонта, время на настройку и сам процесс измерения и др.

Одним из главных метрологических критериев выбора конкретного УСИ является соблюдение условия

$$\delta \geq \Delta_{lim} \quad (5.1)$$

где  $\delta$  – допускаемая погрешность измерения, выбираемая по данным таблицы 5.1, которая зависит от точности (качества) и величины номинального размера контролируемой детали;

$\Delta_{lim}$  – предельная погрешность УСИ, гарантированная заводом-изготовителем УСИ и определяемая по данным таблицы 5.2.

*Для достоверного измерения необходимо, чтобы выполнялись следующие условия:*

1. *Предельная погрешность УСИ равнялась или была меньше допустимой погрешности измерения  $\delta$ , т.е. выполнялось условие (5.1).*

2. *Номинальная величина измеряемого размера должна находиться в интервале измерения измерительного средства.*

3. *Интервал шкалы измерительного средства должен быть равен или больше допуска измеряемого размера.*

Настройки многих измерительных средств необходимо производить с помощью настроечной меры (концевые меры, калибр и т. д.). В большинстве случаев величину настроечной меры берут равной номинальному размеру. В этом случае удобно сравнивать показания прибора с предельными отклонениями размера. Однако, не всегда при настройке прибора на номинальный размер интервал шкалы позволяет измерить предельные отклонения. В этом случае настроечную меру берут такой, чтобы интервал шкалы позволял измерить предельные размеры.

4. *Температурный режим, условия эксплуатации, класс концевых мер для настройки, положение прибора при измерении должны соответствовать паспортным данным.*

### 5.2 Влияние погрешностей измерения

Допускаемые погрешности измерения  $\delta$ , установленные стандартом, являются наибольшими и включают в себя не только погрешности средств измерений, но и погрешности от других источников: погрешности установочных мер, погрешности базирования, погрешности, связанные с температурными деформациями и т. п. Допускаемые

погрешности измерения ограничивают случайную и неучтенную систематическую погрешности измерения.

Таблица 5.1 – Допустимые погрешности при измерении линейных размеров от 1 до 500 мм

Номинальные размеры, мм	Квалитеты											
	4		5		6		7		8		9	
	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$
До 3	3	1,0	4	1,4	6	1,8	10	3,0	14	3,0	25	6
Свыше 3 до 6	4	1,4	5	1,6	8	2,0	12	3,0	18	4,0	30	8
Свыше 6 до 10	4	1,4	6	2,0	9	3,0	15	4,0	22	5,0	36	9
Свыше 10 до 18	5	1,6	8	2,8	11	3,0	18	5,0	27	7,0	43	10
Свыше 18 до 30	6	2,0	9	3,0	13	4,0	21	6,0	33	8,0	52	12
Свыше 30 до 50	7	2,4	11	4,0	16	5,0	25	7,0	39	10,0	62	16
Свыше 50 до 80	8	2,8	13	4,0	19	5,0	30	9,0	48	12,0	74	18
Свыше 80 до 120	10	3,0	15	5,0	22	6,0	35	10,0	54	12,0	87	20
Свыше 120 до 180	12	4,0	18	6,0	25	7,0	40	12,0	63	16,0	100	30
Свыше 180 до 250	14	5,0	20	7,0	29	8,0	46	12,0	72	18,0	115	30
Свыше 250 до 315	16	5,0	23	8,0	32	10,0	52	14,0	81	20,0	130	30
Свыше 315 до 400	18	6,0	25	9,0	36	10,0	57	16,0	89	24,0	140	40
Свыше 400 до 500	20	6,0	27	9,0	40	12,0	63	18,0	97	26,0	155	40

Продолжение таблицы 5.1

Номинальные размеры, мм	Квалитеты											
	10		11		12		13		14		15	
	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$
До 3	40	8	60	12	100	20	140	30	250	50	400	80
Свыше 3 до 6	48	10	75	16	120	30	180	40	300	60	480	100
Свыше 6 до 10	58	12	90	18	150	30	220	50	360	80	580	120
Свыше 10 до 18	70	14	110	30	180	40	270	60	430	90	700	140
Свыше 18 до 30	84	18	130	30	210	50	330	70	520	120	840	180
Свыше 30 до 50	100	20	160	40	250	50	390	80	620	140	1000	200
Свыше 50 до 80	120	30	190	40	300	60	460	100	740	160	1200	240
Свыше 80 до 120	140	30	220	50	350	70	510	120	870	180	1400	280
Свыше 120 до 180	180	40	250	50	400	80	630	140	1000	200	1600	320
Свыше 180 до 250	185	40	290	60	460	100	720	160	1150	240	1850	380
Свыше 250 до 315	210	50	320	70	520	120	810	180	1300	260	2100	440
Свыше 315 до 400	230	50	360	80	570	120	890	180	1400	280	2300	460
Свыше 400 до 500	250	50	400	80	630	140	970	200	1550	320	2500	500

Таблица 5.2 – Метрологическая характеристика многомерных средств измерения

Наименование средства измерения		Интервал измерения	Цена деления шкалы	Интервал шкалы	Суммарная погрешность измерения	Настроечная мера	Погрешность показаний шкалы	
		мм	мм	мм	мм		мм	
<b>При измерении отверстий</b>								
Штангенциркуль	ШЦ-П	10–200	0,05	0–200	±0,130	–	±0,050	
Нутромер микрометрический		75–175	0,01	13	±0,020	–	±0,008	
Нутромер индикаторный при измерении в пределах всей шкалы	НИ-10	6–10	0,01	±0,3	±0,016	Скоба из концевых мер 3 класса	±0,006	
	НИ-18	10–18	0,01	±0,4	±0,016		±0,006	
	НИ-35	18–35	0,01	±0,75	±0,016		±0,0075	
	НИ-50	35–50	0,01	±1	±0,017		±0,0075	
	НИ-100	50–100	0,01	±2	±0,017		±0,010	
	НИ-160	100–160	0,01	±2	±0,018		±0,010	
Нутромер индикаторный при измерении аттестованным участком шкалы	НИ-10	6–10	0,01	±0,05	±0,009	Скоба из концевых мер 3 класса	±0,004	
	НИ-18	10–18	0,01	±0,05	±0,009		±0,004	
	НИ-35	18–35	0,01	±0,05	±0,009		±0,004	
	НИ-50	35–50	0,01	±0,05	±0,009		±0,004	
	НИ-100	50–100	0,01	±0,05	±0,009		±0,004	
	НИ-160	100–160	0,01	±0,05	±0,009		±0,004	
Нутромер индикаторный повышенной точности	104	6–10	0,001	±0,05	±0,0025	Скоба из концевых мер 2 класса	±0,002	
	105	10–18	0,001	±0,05	±0,0030		±0,0025	
	109	18–50	0,002	±0,1	±0,0045		±0,0025	
Нутромер индикаторный с головкой точностью 0,001 мм	6–10	0,01	±0,05	0,0015	±0,004		Скоба из концевых мер 2 класса	±0,004
	10–18	0,01	±0,05	0,0015	±0,004			±0,004
	18–30	0,01	±0,05	0,0015	±0,004			±0,004
	30–50	0,01	±0,05	0,0020	±0,004	±0,004		
	50–80	0,01	±0,05	0,0020	±0,004	±0,004		
	80–120	0,01	±0,05	0,0020	±0,004	±0,004		
Оптиметр горизонтальный ОГО-1 с приспособлением ИП-3		14–150	0,001	±0,1	±0,0018		±0,0003	

Продолжение таблицы 5.2

Наименование средства измерения		Интервал измерения	Цена деления шкалы	Интервал шкалы	Суммарная погрешность измерения	Настраечная мера	Погрешность показаний шкалы
		мм	мм	мм	мм		мм
<b>При измерении валов</b>							
Штангенциркуль	ШЦ-I	0-125	0,1	0-125	±0,160	-	±0,100
	ШЦ-II	0-200	0,05	0-200	±0,090	-	±0,050
Индикаторная скоба СИ		0-50 50-100	0,01	±5	±0,012	Меры 3 кл.	±0,010
		100-200	0,01	±5	±0,014		±0,012
Индикаторная скоба СИ при измерении аттестованным участком шкалы		0-50 50-100	0,01	±0,05	±0,008		±0,006
		100-200	0,01	±0,05	±0,008		±0,006
Индикатор на штативе		0-200	0,01	±5	±0,015		±0,011
Микрометр 1 кл.		0-25; 25-50 50-75; 75-100	0,01	25	±0,008		-
		100-125; 125-150 150-175; 175-200	0,01	25	±0,012	-	±0,005
Микрометр 0 кл.		0-25	0,01	25	±0,005	-	±0,002
Микрометр рычажный		МР 0-25 25-50	0,002	±0,02	±0,004	Меры 3 кл.	±0,003
		МРИ 50-75 75-100	0,005	±0,05	±0,006		±0,004
Скоба рычажная СР		0-25; 25-50 50-75; 75-100	0,002	±0,08	±0,0035		±0,002
Инструментальный микроскоп ММИ		прод. 0-75 попер. 0-25	0,005	25	±0,003	-	±0,002
Оптиметр горизонтальный ОГО-1		0-350	0,001	±0,1	±0,0016	Меры 2 кл.	±0,0003
Оптиметр вертикальный ОВО-1		0-160	0,001	±0,1	±0,0013		±0,0003
<b>При измерении высот и глубин</b>							
Штангенциркуль ШЦ-I		0-125	0,1	125	±0,300	-	±0,100
Штангенглубиномер		0-200	0,05	200	±0,150	-	±0,050
Штангенрейсмасс		0-250	0,05	250	±0,150	-	±0,050
Глубиномер микрометрический ГМ		0-100	0,01	25	±0,018	-	±0,004
Глубиномер индикаторный		0-100	0,01	10	±0,015	Меры 3 кл.	±0,004

Погрешности измерения не должны нарушать взаимозаменяемости изделий и ухудшать их качество. При приемочном контроле детали после изготовления погрешность измерения накладывается на погрешность изготовления и оказывает влияние на достоверность результатов контроля. Детали, у которых размеры находятся близко к границам поля допуска, могут быть неправильно оценены, т. е. годные забракованы, а бракованные пропущены как годные. Приемочные границы, т. е. значение размеров, по которым производится приемочный контроль, могут совпадать с границами поля табличного допуска  $T$  на изготовление детали (рисунок 5.1 а). В этом случае применение средств измерения и контроля приводит к уменьшению табличного допуска  $T$ . Допуск  $T$  оставался бы постоянным, если бы это измерительное средство было идеально точно выполнено и настроено на границы поля допуска  $ES$  ( $es$ ) и  $EI$  ( $ei$ ). В действительности всегда возникает погрешность измерения  $\pm \delta_{изм}$ .

Для того, чтобы ни одна из бракованных деталей не была признана ошибочно годной, приемочные границы могут быть и сдвинуты внутрь поля допуска до значения технологического (производственного) допуска  $T_{пр}$  (рисунок 5.1 а). Чтобы не сужать допуск и не увеличивать стоимости изделия, необходимо либо уменьшить погрешность  $\delta_{изм}$ , либо сместить настройку (установить приемочные границы) вне поля допуска (рисунок 5.1 б, в), расширяя его до гарантированного значения  $T_2$ .

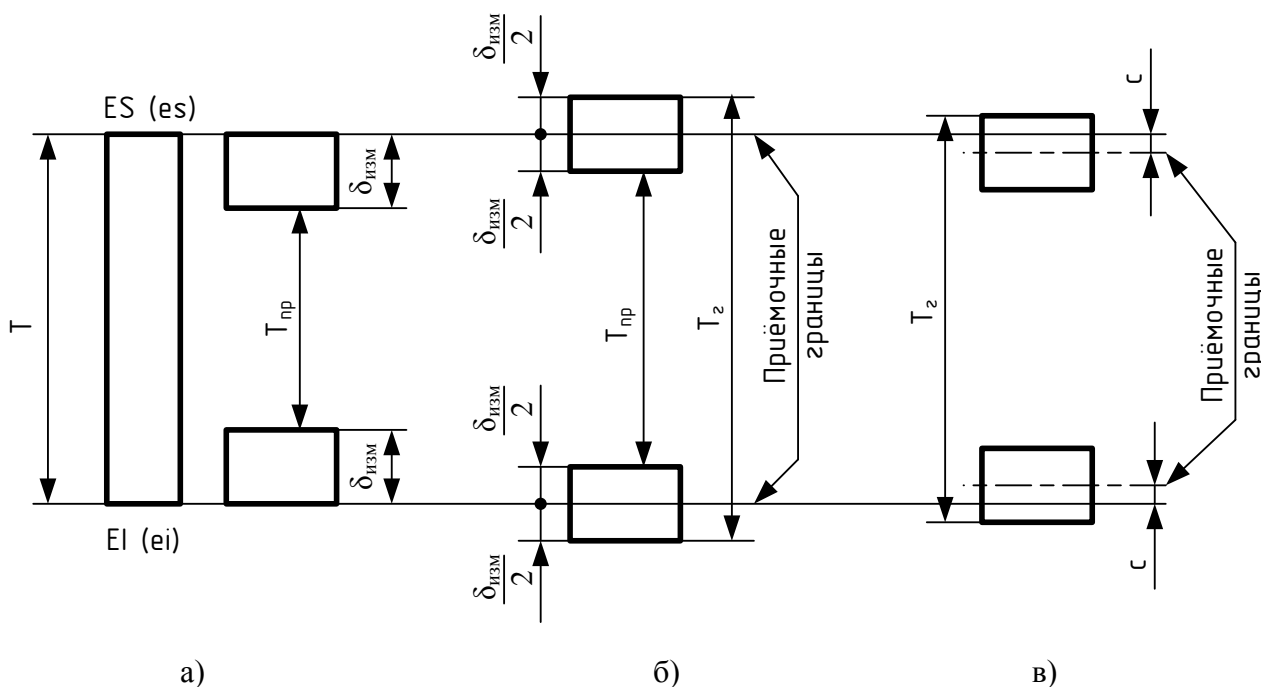


Рисунок 5.1 – Варианты расположения приемочных границ по отношению к полю допуска

При установлении приемочных границ, совпадающих с границами поля допуска (наиболее предпочтительный вариант как в отечественной, так и в зарубежной практике), из-за погрешности измерения  $\delta_{изм}$  в случае перепроверки части деталей из общего количества деталей, принятых как годные, окажется какой-то процент брака ( $m$ , %), а у части забракованных деталей – какой-то процент годных деталей ( $n$ , %). Имеет значение также параметр, характеризующий вероятностную предельную величину  $c$  выхода размеров за каждую границу поля допуска у неправильно принятых деталей. Число неправильно принятых  $m$  и неправильно забракованных  $n$  изделий, а также размер  $c$  выхода у первых определяют вероятностным расчетом, так как эти параметры зависят от закона распределения погрешностей изготовления и измерения.

Рассеяние размеров деталей, изготовленных на технологическом оборудовании, подчиняется одному из вероятностных законов распределения с погрешностью  $\delta_{max}$  и со среднеквадратичным распределением  $\sigma_{max}$ .

Установлена связь между вероятностью  $m$  принятия бракованных деталей как годных, вероятностью  $n$  неправильной браковки годных деталей, вероятным предельным значением  $c$  выхода размера за каждую границу поля допуска у неправильно принятых бракованных деталей и относительной погрешностью измерения

$$A_{мет}(\sigma) = \frac{\sigma_{изм}}{T}, \quad (5.2)$$

где  $\sigma_{изм}$  – среднее квадратическое отклонение погрешности измерения.

При определении параметров  $m$ ,  $n$  и  $c$  (таблица 5.3) рекомендуется принимать для квалитетов IT2 – IT7  $A_{мет}(\sigma) = 0,16$  (16 %), для квалитетов IT8 – IT9  $A_{мет}(\sigma) = 0,12$  (12 %), для квалитетов IT10 и грубее  $A_{мет}(\sigma) = 0,1$  (10 %).

Таблица 5.3 – Предельные значения параметров разбраковки по ГОСТ 8.051

$A_{мет}(\sigma)$ , %	$m$ , %	$n$ , %	$\frac{c}{T}$	$A_{мет}(\sigma)$ , %	$m$ , %	$n$ , %	$\frac{c}{T}$
1,6	0,37–0,39	0,7–0,75	0,01	10,0	3,10–3,50	4,50–4,75	0,14
3	0,87–0,9	1,2–1,3	0,03	12,0	3,75–4,11	5,40–5,80	0,17
5	1,6–1,7	2,0–2,25	0,06	16,0	5,0–5,4	7,80–8,25	0,25
6	2,6–2,8	3,4–3,7	0,1				

Первые значения  $m$  и  $n$  соответствуют закону нормального распределения погрешностей измерения, вторые – закону равной вероятности.

При неизвестном законе распределения погрешности измерения значения  $m$  и  $n$  можно определить как среднее из приведенных значений. При введении производственного допуска величина смещения не должна превышать значения  $\frac{\sigma_{изм}}{2}$  у каждой приемочной границы.

Если точность технологического процесса неизвестна, производственный допуск назначается из условия (рисунок 5.1 б)

$$T_{np} = T - \delta_{изм}. \quad (5.3)$$

Когда известна точность технологического процесса, величину производственного допуска рекомендуется назначить из условия (рисунок 5.1 в)

$$T_{np} = T - 2c. \quad (5.4)$$

Производственный допуск следует назначать в исключительных случаях, когда необходимо значительно сократить число брака в годных деталях. Однако при этом возрастает число годных деталей в забракованной продукции, что наносит производству значительный экономический ущерб.

Анализ разбраковки проводят после выбора измерительных средств. Для определения параметров разбраковки  $m$ ,  $n$  и  $c$  необходимо в соответствии с квалитетом контролируемого размера и законом распределения погрешностей по таблице 5.1 выбрать  $A_{мет}(\sigma)$ ,  $m$  и  $n$ . Из выражения (5.2) определить параметр  $c$ .



Среди годных деталей могут оказаться неправильно принятые детали с размерами:

$$d_{max \delta p} = d_{max} + c, \quad (5.5)$$

$$D_{max \delta p} = D_{max} + c, \quad (5.6)$$

$$d_{min \delta p} = d_{min} - c, \quad (5.7)$$

$$D_{min \delta p} = D_{min} - c. \quad (5.8)$$

Если влияние погрешностей измерения по условиям работы изделия признается допустимым, то оставляют выбранный допуск и этим устанавливают, что приемочными границами будут являться предельные размеры изделия, т. е. чертежные размеры.

Если влияние погрешности измерения признается существенным и недопустимым, то:

– либо назначают более грубый квалитет точности, либо другое поле допуска, при которых влияние погрешности измерения будет признано допустимым;

– либо вводят производственный допуск, когда приемочные границы смещаются внутрь поля допуска (происходит уменьшение допуска на изготовление). При введении производственного допуска могут возникнуть два варианта в зависимости от того, известна или неизвестна точность технологического процесса.

Когда точность технологического процесса неизвестна, предельные размеры детали уменьшаются на половину допускаемой погрешности измерения (рисунок 5.1 б), тогда вал (или отверстие) будет иметь размеры:

$$d'_{max} = d_{max} - 1/2 \delta_{изм}, \quad (5.9)$$

$$D'_{max} = D_{max} - 1/2 \delta_{изм}, \quad (5.10)$$

$$d'_{min} = d_{min} + 1/2 \delta_{изм}, \quad (5.11)$$

$$D'_{min} = D_{min} + 1/2 \delta_{изм}. \quad (5.12)$$

Если точность технологического процесса известна, то предельные отклонения уменьшаются на величину  $c$  (рисунок 5.1 в)

$$d''_{max} = d_{max} - c, \quad (5.13)$$

$$D''_{max} = D_{max} - c, \quad (5.14)$$

$$d''_{min} = d_{min} + c, \quad (5.15)$$

$$D''_{min} = D_{min} + c. \quad (5.16)$$

Пример выбора универсальных средств измерения и выбраковки деталей приведен в приложении В.

## 6 СОЕДИНЕНИЯ С ПОДШИПНИКАМИ КАЧЕНИЯ

### 6.1 Основные положения

**Подшипник** – часть опоры вала (или оси), воспринимающая от него нагрузки и обеспечивающая его вращение.

**По принципу работы** различают подшипники скольжения и качения.

**Подшипники скольжения** образуют комплект цилиндрических, конических или сферических поверхностей и работают в условиях жидкостного, смешанного или сухого трения. Чаще всего между валом и опорами устанавливаются дополнительные детали (втулки, вкладыши), обладающие антифрикционными свойствами. Эти подшипники, в принципе, представляют собой посадки с зазором и не имеют каких-либо особенностей при нормировании точности, по сравнению с гладкими цилиндрическими соединениями.

**Подшипник качения** представляет собой изделие (сборочную единицу), состоящее из двух соосных колец (наружного и внутреннего) и расположенных между ними тел качения (шариков или роликов), заключенных в сепаратор.

**Сепаратор** в подшипниках качения – металлическая обойма с отверстиями, предназначенными для разделения и удержания тел качения на определенном расстоянии друг от друга.

**По направлению воспринимаемой нагрузки** подшипники качения делятся на радиальные, воспринимающие только радиальную нагрузку; упорные, предназначенные для восприятия осевых нагрузок; и радиально-упорные, применяемые для восприятия радиальных и осевых нагрузок.

**По форме тел качения и рабочих поверхностей колец**, где располагаются тела качения, подшипники разделяются на шариковые; шариковые сферические; роликовые цилиндрические с короткими, длинными (игольчатыми) и витыми роликами; коническо-сферические; в том числе самоустанавливающиеся, нечувствительные к незначительным угловым отклонениям вала.

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

**Подшипник качения** – это стандартное изделие, обладающее внешней взаимозаменяемостью своими присоединительными поверхностями с размерами:  $D$  – наружный диаметр наружного кольца,  $d$  – внутренний диаметр внутреннего кольца,  $B$  – ширина (высота) колец подшипника при одинаковой ширине наружного и внутреннего колец. Для радиальных однорядных шариковых подшипников размеры представлены в таблице 6.1.

**При изготовлении подшипников нет полной взаимозаменяемости**, и если разобрать несколько одинаковых подшипников, и перемешать детали, то при их повторной сборке подшипники могут, либо не собраться, либо не будут соответствовать нормируемой точности по эксплуатационным показателям.

### 6.2 Особенности соединений подшипников качения с деталями машин

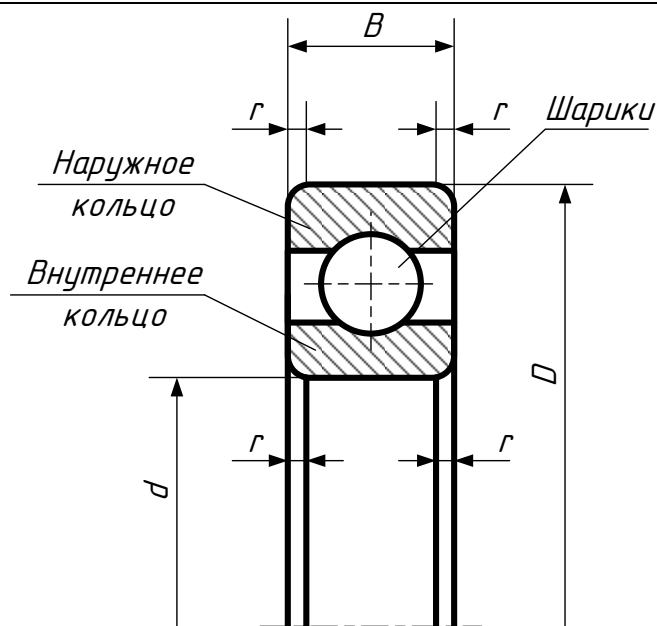
Соединения подшипников качения с деталями машин являются частным случаем гладких цилиндрических соединений, весьма распространенным, но имеющим **свои специфические особенности**. Эти особенности определяются централизованным изготовлением подшипников качения, требующим унификации и стандартизации их присоединительных размеров, и особым влиянием посадки подшипников на условия их монтажа и работы.

1. Основными присоединительными (посадочными) поверхностями подшипников качения, по которым они монтируются на валах и в корпусах машин являются: отверстие во внутреннем кольце подшипников и наружная поверхность наружного кольца подшипников.

Соответственно различают два отдельных соединения: внутреннего кольца с валом и наружного кольца с корпусом.

Таблица 6.1 – Конструктивные размеры радиальных однорядных шариковых подшипников (по ГОСТ 8338)

В миллиметрах



Условное обозначение подшипника	Внутренний диаметр $d$	Наружный диаметр $D$	Ширина кольца $B$	Радиус фаски $r$
Особолегкая серия				
100	10	26	8	0,5
101	12	28	8	0,5
104	20	42	12	1,0
105	25	47	12	1,0
106	30	55	13	1,5
107	35	62	14	1,5
108	40	68	15	1,5
109	45	75	16	1,5
110	50	80	16	1,5
111	55	90	18	2,0
112	60	95	18	2,0
113	65	100	18	2,0
114	70	110	20	2,0
115	75	115	20	2,0
116	80	125	22	2,0
117	85	130	22	2,0
118	90	140	24	2,5
120	100	150	24	2,5
Легкая серия				
200	10	30	9	1
201	12	32	10	1
202	15	35	11	1
203	17	40	12	1,5
204	20	47	14	1,5



Продолжение таблицы 6.1

Условное обозначение подшипника	Внутренний диаметр $d$	Наружный диаметр $D$	Ширина кольца $B$	Радиус фаски $r$
205	25	52	15	1,5
206	30	62	16	1,5
207	35	72	17	2
208	40	80	18	2
209	45	85	19	2
210	50	90	20	2
211	55	100	21	2,5
212	60	110	22	2,5
213	65	120	23	2,5
214	70	125	24	2,5
215	75	130	25	2,5
216	80	140	26	3
217	85	150	28	3
218	90	160	30	3
219	95	170	32	3,5
220	100	180	34	3,5
Средняя серия				
300	10	35	11	1
301	12	37	12	1,5
302	15	42	13	1,5
303	17	47	14	1,5
304	20	52	15	2
305	25	62	17	2
306	30	72	19	2
307	35	80	21	2,5
308	40	90	23	2,5
309	45	100	25	2,5
310	50	110	27	3
311	55	120	29	3
312	60	130	31	3,5
313	65	140	33	3,5
314	70	150	35	3,5
315	75	160	37	3,5
316	80	170	39	3,5
317	85	180	41	4
318	90	190	43	4
319	95	200	45	4
320	100	215	47	4
Тяжелая серия				
405	25	80	21	2,5
406	30	90	23	2,5
407	35	100	25	2,5
408	40	110	27	3
409	45	120	29	3

Продолжение таблицы 6.1

Условное обозначение подшипника	Внутренний диаметр $d$	Наружный диаметр $D$	Ширина кольца $B$	Радиус фаски $r$
410	50	130	31	3,5
411	55	140	33	3,5
412	60	150	35	3,5
413	65	160	37	3,5
414	70	180	42	4
415	75	190	45	4
416	80	200	48	4
417	85	210	52	5
418	90	225	54	5

2. Многообразие условий монтажа и работы подшипников качения в различных машинах определяет **необходимость различных посадок колец подшипников**. Требуемый характер посадки обеспечивается выбором соответствующего поля допуска вала или отверстия корпуса **при неизменных полях допуска колец подшипников**.

Таким образом, *посадки подшипников на вал выполняются в системе отверстия*, а отверстие внутреннего кольца подшипников является в этих посадках основным отверстием. *Посадки подшипников в корпус выполняются в системе вала*, а основным валом в этих посадках служит наружная поверхность наружного кольца.

3. В зависимости от используемых тел качения и от направления воспринимаемой нагрузки ГОСТ 520 устанавливает следующие **классы точности подшипников качения** (таблица 6.2).

Таблица 6.2 – Классы точности подшипников качения (по ГОСТ 520)

Тип подшипника качения	Класс точности подшипника						
	0	6X	6	5	4	2	T
Шариковые и роликовые радиальные, шариковые радиально-упорные	+	–	+	+	+	+	+
Упорные и упорно-радиальные	+	–	+	+	+	+	–
Роликовые конические	+	+	+	+	+	+	–
Примечания.							
1. Наиболее грубый класс – 0, наиболее точный – T.							
2. По заказу потребителя могут поставляться более грубые классы 8 и 7, которые по точности ниже класса 0.							

4. Класс точности подшипника определяет не только точность диаметра и других присоединительных размеров подшипника, но и точность его вращения. Поэтому *классы точности подшипников не имеют ничего общего с качествами ЕСДП*.

В общем машиностроении, когда требования к точности вращения специально не оговорены, **рекомендуется применять подшипники классов точности 0 и 6**.

5. **Основные отклонения** посадочных мест **колец подшипников обозначают латинской буквой  $L$**  для диаметра отверстия и буквой  $l$  – для наружного диаметра (эти буквы специально оставлены в ЕСДП для подшипников качения).

6. В соответствии с ГОСТ 3325 **поля допусков** на посадочные размеры подшипника **образуются основным отклонением и классом точности** подшипника. Тогда  $l_0, l_6, l_5, l_4, l_2$  – обозначение полей допуска наружного диаметра кольца, а  $L_0, L_6, L_5, L_4, L_2$  – обозначение полей допуска диаметра отверстия внутреннего кольца подшипника по классам точности 0, 6, 5, 4, 2.

7. По ГОСТ 520 и ГОСТ 3325 для подшипников предусмотрена специальная система допусков и предельных отклонений, представленная на рисунке 6.1, которая отличается от ЕСДП характером расположения поля допуска внутреннего кольца подшипника относительно номинального размера.

Поля допусков  $I0$ ,  $I6$  (и др. классов точности) наружного кольца подшипника располагаются аналогично полю допуска основного вала  $h$  по ЕСДП (рисунок 6.2).

Поля допусков  $L0$ ,  $L6$  (и др. классов точности) внутреннего кольца подшипника располагаются не в тело кольца, т.е. в «плюс» (как для основного отверстия  $H$  по ЕСДП), а в «минус» от нулевой линии (рисунок 6.2).

Таким образом, при сопряжении валов с отверстием, у которого поле допуска расположено в минус от номинального размера, а не в плюс, часть полей допусков валов, которые в ЕСДП использовались для получения посадок с небольшим зазором, будут образовывать с отверстием подшипника посадки переходные с небольшими натягами или зазорами. В это же время поля допуска, обычно используемые по ЕСДП для переходных посадок, будут с кольцами подшипников образовывать посадки с небольшим натягом.

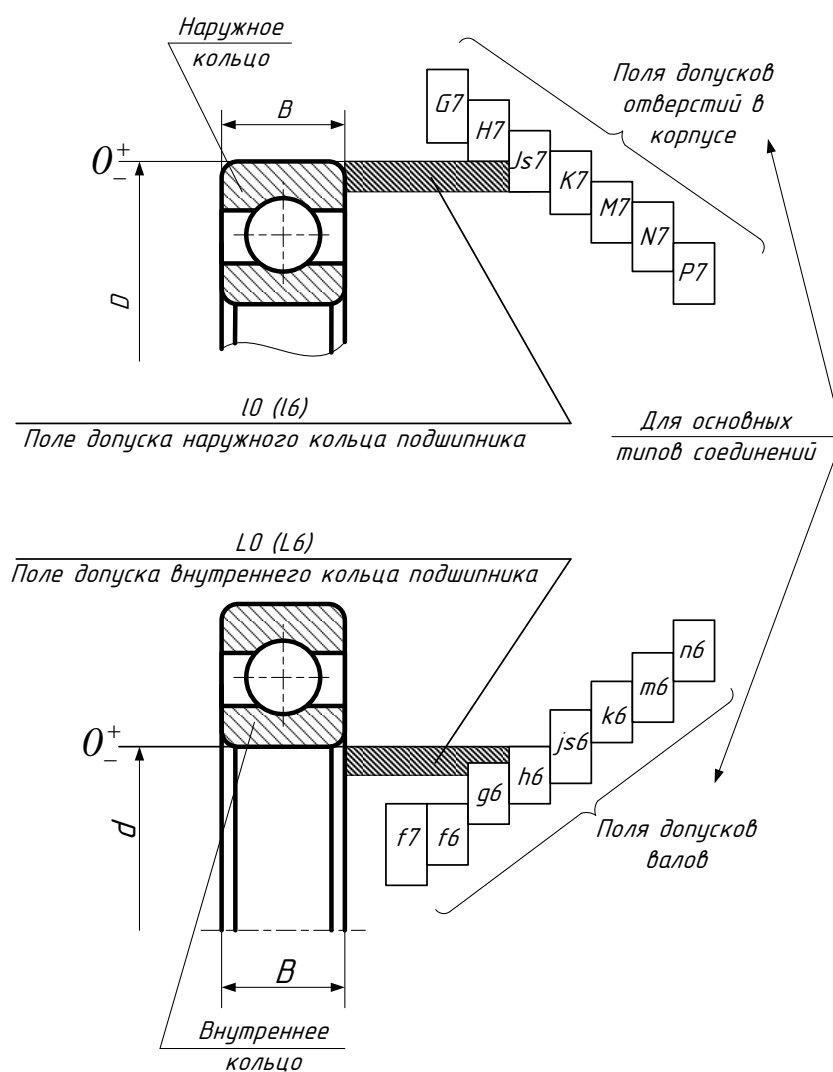


Рисунок 6.1 – Поля допусков посадочных поверхностей подшипников, отверстий и валов для установки подшипников качения 0 и 6 классов точности

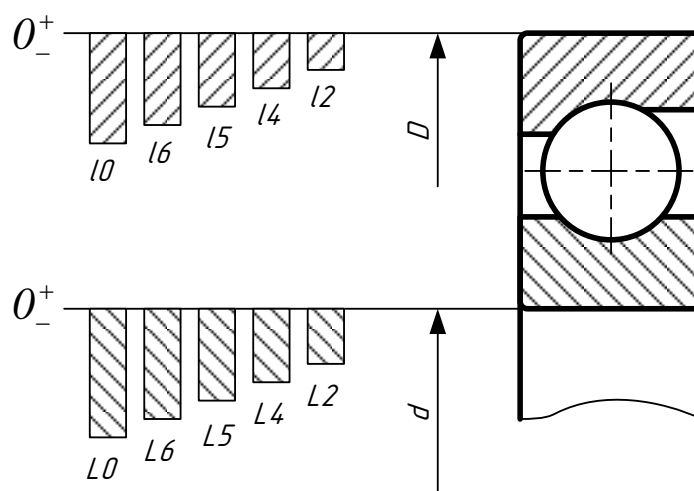


Рисунок 6.2 – Схема расположения полей допусков на наружный диаметр и диаметр отверстия подшипников по классам точности

Точность (предельные отклонения) размеров колец шариковых, роликовых радиальных и шариковых радиально-упорных подшипников 0 и 6 классов точности представлена в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Точность размеров внутренних и наружных колец подшипников шариковых, роликовых радиальных и шариковых радиально - упорных 0 и 6 классов точности (по ГОСТ 520)

Интервал номинальных диаметров, мм	Допускаемые отклонения, мкм							
	диаметра отверстия d			наружного диаметра D			ширины колец B	
	Классы точности подшипников							
	0; 6	0	6	0; 6	0	6	0; 6	
	<i>ES</i>	<i>EI</i>	<i>EI</i>	<i>es</i>	<i>ei</i>	<i>ei</i>	<i>es</i>	<i>ei</i>
Св. 10 до 18	0	-8	-7	0	-8	-7	0	-120
Св. 18 до 30	0	-10	-8	0	-9	-8	0	-120
Св. 30 до 50	0	-12	-10	0	-11	-9	0	-120
Св. 50 до 80	0	-15	-12	0	-13	-11	0	-150
Св. 80 до 120	0	-20	-15	0	-15	-13	0	-200
Св. 120 до 180	0	-25	-18	0	-25	-18	0	-250
Св. 180 до 250	0	-30	-22	0	-30	-20	0	-300
Св. 250 до 315	0	-35	-25	0	-35	-25	0	-350
Св. 315 до 400	0	-40	-30	0	-40	-28	0	-400
Св. 400 до 500	0	-45	-35	0	-45	-33	0	-450



8. При установке подшипников качения используют все три вида посадок по характеру сопряжения, т. е. посадки с зазором, с натягом и переходные.

**При выборе посадок подшипников необходимо руководствоваться следующими общими рекомендациями:**

- кольцо подшипника, которое соединяется с вращающимся элементом конструкции (валом или корпусом) должно устанавливаться с гарантированным натягом;
- при двухопорном валу (два подшипника на концах вала), посадка одного из не вращающихся колец должна быть с гарантированным зазором, для компенсации температурных деформаций вала или корпуса;
- более точный выбор посадок должен выполняться с учетом степени и вида нагрузки каждого из колец подшипника.

9. Во время работы кольца подшипника испытывают различные виды силового воздействия от постоянных и переменных нагрузок. По ГОСТ 3325 различают следующие виды нагружений колец подшипника: местное, циркуляционное и колебательное.

**Местным нагружением** называется такое нагружение, при котором на кольцо действует постоянная по направлению радиальная нагрузка  $P_n$ , воспринимаемая лишь ограниченным участком дорожки качения, которая передается соответствующему ограниченному участку посадочной поверхности вала или корпуса (рисунок 6.3, таблица 6.4).

**Циркуляционным нагружением** называется такое нагружение, при котором результирующая радиальная нагрузка  $P_n$  воспринимается последовательно по всей окружности дорожки качения и передает ее последовательно всей посадочной поверхности вала или корпуса. Такое нагружение получается при вращении кольца и постоянно направленной нагрузке  $P_n$  или наоборот, при радиальной нагрузке  $P_v$ , вращающейся относительно неподвижного кольца (рисунок 6.3, таблица 6.4).

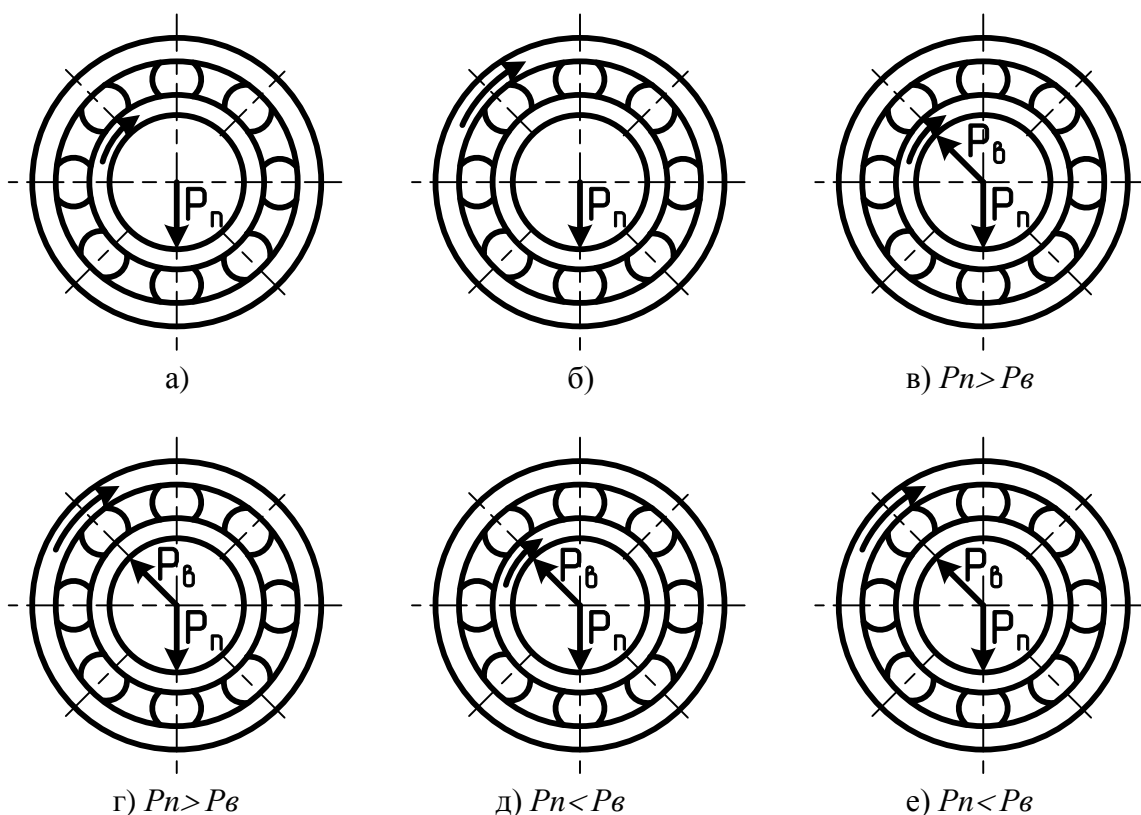


Рисунок 6.3 – Схемы нагружения колец подшипника

Таблица 6.4 – Виды нагружения колец подшипника

Радиальные нагрузки, воспринимаемые шарико- и роликоподшипниками	Вращающееся кольцо (по рисунку 6.3)	Виды нагружения кольца	
		внутреннего	наружного
Постоянная по направлению $P_n$	Внутреннее (а)	Циркуляционное	Местное
	Наружное (б)	Местное	Циркуляционное
Постоянная по направлению $P_n$ и вращающаяся $P_v$ – меньшая по величине	Внутреннее (в)	Циркуляционное	Колебательное
	Наружное (г)	Колебательное	Циркуляционное
Постоянная по направлению $P_n$ и вращающаяся $P_v$ – большая по величине	Внутреннее (д)	Местное	Циркуляционное
	Наружное (е)	Циркуляционное	Местное
Постоянная по направлению $P_n$	Внутреннее и наружное кольца в одном или противоположных направлениях	Циркуляционное	Циркуляционное
Вращающаяся $P_v$ с внутренним кольцом		Местное	Циркуляционное
Вращающаяся $P_v$ с наружным кольцом		Циркуляционное	Местное

**Колебательным нагружением** называется такое нагружение, при котором меняющаяся по величине результирующая нагрузка не совершает полного оборота, а действует на ограниченном участке одного из колец. Такое нагружение, например, имеет место при вращении несбалансированных деталей. Кольцо воспринимает равнодействующую двух радиальных нагрузок ( $P_n$  – постоянной по направлению и  $P_v$  – вращающейся и меньшей по величине) ограниченным участком окружности дорожки и передает ее соответствующему ограниченному участку посадочной поверхности вала или корпуса, при этом равнодействующая сил  $P_n$  и  $P_v$  не совершает полного оборота, а колеблется (рисунок 6.3, таблица 6.4).

В том случае, если постоянно направленная нагрузка  $P_n$  меньше, чем вращающаяся  $P_v$ , то вращающееся кольцо подшипника имеет местное нагружение, а неподвижное – циркуляционное (рисунок 6.3, таблица 6.4).

Кольца, которые подвергаются **местному нагружению**, должны устанавливаться с **гарантированным зазором или по переходной посадке** при минимальном натяге. Это необходимо для того, чтобы кольцо, подвергаемое местному нагружению, могло в процессе работы иногда проворачиваться, чтобы нагрузка не приходилась постоянно на одно и то же место, так как это может привести к быстрому местному износу. При повороте колец в процессе эксплуатации износ подшипника будет происходить равномерно.

**При циркуляционном нагружении** кольцо должно устанавливаться **по посадке с натягом** для того, чтобы оно не проворачивалось в процессе работы и его износ происходил равномерно, так как сама нагрузка проходит последовательно по сопрягаемой поверхности.

**При колебательном нагружении** кольцо должно устанавливаться **по переходной посадке** с целью обеспечения возможного поворота кольца в процессе работы для равномерного износа.

Поля допусков посадочных мест валов и отверстий корпусов в зависимости от вида нагружения колец подшипников 0 и 6 классов точности приведены в таблице 6.5.

**10. Режим работы подшипников** характеризуется их долговечностью.

При выборе полей допуска в зависимости от режима работы различают легкий, нормальный и тяжелый режимы, представленные в таблице 6.6.

Таблица 6.5 – Поля допусков и посадки шариковых и роликовых радиальных и радиально-упорных подшипников для видов нагружения (по ГОСТ 3325)

Вид нагружения кольца	Поле допуска		Посадка	
	вала	отверстия	на валу	в отверстии
Местное	<i>f6; g6; h6; js6</i>	<i>G7;H7;Js7</i>	<i>L0/f6; L6/f6; L0/g6; L6/g6; L0/h6; L6/h6; L0/js6; L6/js6</i>	<i>G7/l0; G7/l6; H7/l0; H7/l6; Js7/l0; Js7/l6</i>
		<i>H8,H9</i>		<i>H8/l0; H8/l6; H9/l6</i>
Циркуляционное	<i>n6; m6; k6; js6</i>	<i>N7; M7; K7;</i>	<i>L0/n6; L6/n6; L0/m6; L6/m6; L0/k6; L6/k6; L0/js6; L6/js6</i>	<i>N7/l0; N7/l6; M7/l0; M7/l6; K7/l0; K 7/l6 P7/l0; P7/l6</i>
		<i>P7</i>		
Колебательное	<i>js6</i>	<i>Js7</i>	<i>L0/js6; L6/js6;</i>	<i>Js7/l0; Js7/l6</i>

Таблица 6.6 – Режимы работы подшипников

Режим работы	Расчетная долговечность, ч	Расчетная календарная долговечность (при 8-часовой работе подшипника в сутки)
Легкий	Более 10 000	Более 4 лет
Нормальный	От 5 000 до 10 000	От 2 до 4 лет
Тяжелый	От 2 500 до 5 000	От 1 года до 2 лет

Примечания.

- При ударных и вибрационных нагрузках (например, в железнодорожных и трамвайных буксах, на коленчатых валах двигателей, в дробильных машинах и т.п.) посадки для подшипников выбираются, как для тяжелого режима работы, независимо от расчетной долговечности.
- Под расчетной долговечностью подшипников качения понимается время в рабочих часах, в течение которого не менее 90 % подшипников данной группы при одинаковых условиях должны работать без появления признаков усталости металла (выкрашивание металла на рабочих поверхностях деталей или отслаивания металла).

**11. Посадки циркуляционно-нагруженных колец подшипников** могут выбираться по интенсивности радиальной нагрузки на посадочную поверхность.

При циркуляционном нагружении колец подшипников посадки выбирают по интенсивности радиальной нагрузки  $P_r$  на посадочную поверхность. Допустимые значения  $P_r$ , подсчитанные по средним значениям посадочных натягов, приведены в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Допустимые интенсивности нагрузок на посадочные поверхности вала и корпуса при циркуляционном нагружении

Диаметр отверстия внутреннего кольца подшипника $d$ , мм	Допустимые значения $P_r$ , кН/м			
	Поле допуска для вала			
	$js6; js5$	$k6; k5$	$m6; m5$	$n6; n5$
Св. 18 до 80	До 300	300–1400	1400–1600	1600–3000
Св. 80 до 180	До 600	600–2000	2000–2500	2500–4000
Св. 180 до 360	До 700	700–3000	3000–3500	3500–6000
Св. 360 до 630	До 900	900–3500	3500–5400	5400–8000
Диаметр наружного кольца $D$ , мм	Поле допуска для корпуса			
	$K7; K6$	$M7; M6$	$N7; N6$	$P7$
	Св. 50 до 180	До 800	800–1000	1000–1300
Св. 180 до 360	До 1000	1000–1500	1500–2000	2000–3300
Св. 360 до 630	До 1200	1200–2000	2000–2600	2600–4000
Св. 630 до 1600	До 1600	1600–2500	2500–3500	3500–5500

Интенсивность нагрузки подсчитывается по формуле

$$P_r = \frac{F_r}{B - 2r} K_1 K_2 K_3, \quad (6.1)$$

где  $F_r$  – радиальная нагрузка на опору, кН;

$B$  – ширина подшипника, м;

$r$  – размер фаски кольца подшипника, м;

$K_1$  – динамический коэффициент посадки, зависящий от характера нагрузки (при перегрузке до 150 %, умеренных толчках и вибрациях  $K_1 = 1$ ; при перегрузке до 300 %, сильных ударах и вибрации  $K_1 = 1,8$ );

$K_2$  – коэффициент, учитывающий степень ослабления посадочного натяга при полом вале или тонкостенном корпусе, приводится в таблице 6.8 (при сплошном вале  $K_2 = 1$ );

Таблица 6.8 – Значения коэффициента  $K_2$

$\frac{d_{отв}}{d}$ или $\frac{D}{D_{корп}}$		Для вала			Для корпуса
свыше	до	$\frac{D}{d} \leq 1,5$	$\frac{D}{d} = 1,5 \dots 2,0$	$\frac{D}{d} > 2 \dots 3$	Для всех подшипников
–	0,4	1	1	1	1
0,4	0,7	1,2	1,4	1,6	1,1
0,7	0,8	1,5	1,7	2	1,4
0,8	–	2	2,3	3	1,8

Примечание:  $d$  и  $D$  – соответственно диаметры отверстия и наружной поверхности подшипника;  $d_{отв}$  – диаметр отверстия полого вала;  $D_{корп}$  – диаметр наружной поверхности тонкостенного корпуса.

$K_3$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения радиальной нагрузки  $F_r$  между рядами роликов в двухрядных конических роликоподшипниках или между сдвоенными шарикоподшипниками при наличии осевой нагрузки на опору. Для радиальных и радиально-упорных подшипников с одним наружным или внутренним кольцом  $K_3 = 1$ .

12. Шероховатость и точность расположения посадочных поверхностей валов и отверстий корпусов (отклонения от круглости, профиля продольного сечения и торцевое биение) должны соответствовать нормам, указанным в таблицах А7, 6.9, 6.10 и 6.11.

Таблица 6.9 – Шероховатость посадочных поверхностей валов и отверстий корпусов под подшипники качения (по ГОСТ 3325)

Посадочные поверхности	Класс точности подшипников по ГОСТ 520	Номинальный диаметр, мм	
		до 80	св. 80 до 500
		Шероховатость поверхности Ra по ГОСТ 2789, мкм, не более	
Валов	0	1,25	2,50
	6 и 5	0,63	1,25
Отверстий корпусов	0	1,25	2,50
	6; 5 и 4	0,63	1,25
Опорных торцов заплечиков валов и корпусов	0	2,50	2,50
	6; 5 и 4	1,25	2,50

Таблица 6.10 – Допуски формы и расположения посадочных поверхностей валов и отверстий корпусов, сопрягаемых с подшипником качения

Для посадочной поверхности вала, сопрягаемого с подшипником													
Класс точности подшипника	Номинальные диаметры $d$ и $D$ подшипников качения, мм												
	От 0,6 до 2,5	Св. 2,5 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400
Допуск круглости и допуск профиля продольного сечения, мкм													
0 и 6	1,5	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	6	7	8	9
5 и 4	0,7	0,7	0,8	1	1,3	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	4
2	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,8	1	1	1,2	1,5	1,7	–	–
Для посадочной поверхности отверстия корпуса, сопрягаемого с подшипником													
Класс точности подшипника	Номинальные диаметры $d$ и $D$ подшипников качения, мм												
	От 0,6 до 2,5	Св. 2,5 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400
Допуск круглости и допуск профиля продольного сечения, мкм													
0 и 6	–	2,5	3	4	4,5	5	6	7,5	9	10	11,5	13	14
5 и 4	–	1	1,3	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	5,3	6
2	–	0,5	0,6	0,8	1	1	1,4	1,6	2	2,2	2,5	3	4

Таблица 6.11 – Допуски расположения посадочных поверхностей заплечиков валов и корпусов под подшипники качения (по ГОСТ 3325)

Номинальный диаметр d или D, мм	Допуски торцового биения, мкм, не более			
	Заплечики валов		Заплечики отверстий корпусов	
	Класс точности подшипников			
	0	6	0	6
От 1 до 3	10	6	–	–
Св. 3 до 6	12	8	18	12
Св. 6 до 10	15	9	22	15
Св. 10 до 18	18	11	27	18
Св. 18 до 30	21	13	33	21
Св. 30 до 50	25	16	39	25
Св. 50 до 80	30	19	46	30
Св. 80 до 120	35	22	54	35
Св. 120 до 180	40	25	63	40
Св. 180 до 250	46	29	72	46
Св. 250 до 315	52	32	81	52
Св. 315 до 400	57	36	89	57
Св. 400 до 500	63	40	97	63

13. Обозначение посадок подшипников качения такое же, как принято в ЕСДП, т. е. в числителе указывают поле допуска отверстия, а в знаменателе – поле допуска вала. Одно из полей допуска – поле допуска кольца подшипника.

На посадочные поверхности валов и отверстий корпусов, сопрягаемых с подшипником качения обычно задают отклонение от цилиндричности (таблица А7). Отклонение от цилиндричности является комплексным показателем и в настоящее время не существует простых и доступных средств измерения, позволяющих в чистом виде измерять эту величину. Реально это измерение осуществляется методом сечений перпендикулярно оси детали и продольно ее оси. При этом измеряется отклонение от круглости и отклонение профиля продольного сечения. Последние два показателя заменяют отклонение от цилиндричности. Поэтому на чертежах *целесообразно задавать не допуск цилиндричности, а допуск круглости и допуск профиля продольного сечения*. Это также принято в ГОСТ 3325 для посадочных поверхностей валов и отверстий, сопрягаемых с подшипниками качения (таблица 6.10). Кроме того, регламентируют допуски расположения посадочных поверхностей заплечиков валов и корпусов для предотвращения перекоса подшипников (таблица 6.11).

Пример расчета посадок радиальных однорядных шариковых подшипников приведен в разделе 10.

## 7 ШПОНОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

### 7.1 Основные положения

**Шпоночным соединением** называют соединение вала с установленным на нем отверстием посредством шпонки, т.е. детали, представляющей собой призматический, клинообразный или сегментный брусок.

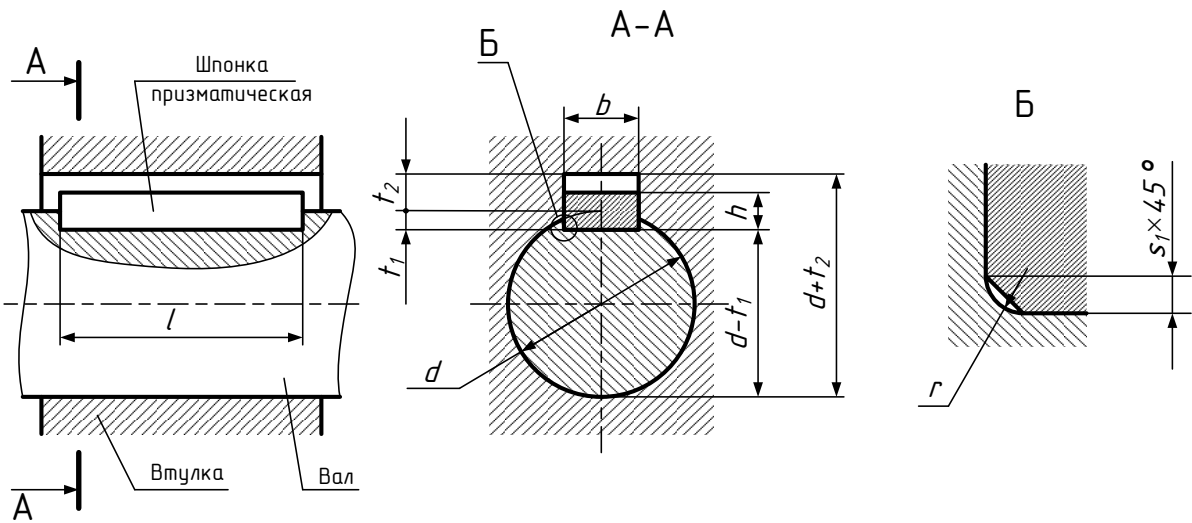
В шпоночных соединениях имеются вал и отверстие, как в гладких цилиндрических соединениях. На валу и во втулке этого соединения выполнен паз, расположенные вдоль оси. В этот паз вала и втулки вставляется шпонка, которая дает возможность валу и втулке вращаться вместе.

Шпоночные соединения предназначены для получения разъемных неподвижных соединений, передающих крутящие моменты. Их применяют в случаях, когда к точности центрирования сопрягаемых деталей не предъявляется высоких требований: для соединения с валами зубчатых колес, шкивов ременных передач, муфт, маховиков, эксцентриков, рукояток и т.п. Шпоночные соединения отличаются простотой, компактностью, удобством разборки и сборки.

В машиностроении применяются шпоночные соединения с призматическими, сегментными, клиновыми и тангенциальными шпонками. Наибольшее распространение получили призматические и сегментные шпонки.

Основные размеры шпоночных соединений с призматическими шпонками представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Основные размеры соединений с призматическими шпонками (по ГОСТ 23360)



Интервалы диаметров вала и отверстия втулки, мм	Ширина шпонки и пазов, мм	Высота шпонки, мм	Глубина паза вала, мм	Глубина паза втулки, мм	Интервалы длин шпонок, мм	Фаска шпонки, мм	Фаска или радиус закругления в пазах, мм
$D$	$b$	$h$	$t_1$	$t_2$	$l$	$s$	$s_1$ или $r$
От 6 до 8	2	2	1,2	1,0	6–20	0,16–0,25	0,08–0,16

Продолжение таблицы 7.1

Интервалы диаметров вала и отверстия втулки, мм	Ширина шпонки и пазов, мм	Высота шпонки, мм	Глубина паза вала, мм	Глубина паза втулки, мм	Интервалы длин шпонок, мм	Фаска шпонки, мм	Фаска или радиус закругления в пазах, мм
$D$	$b$	$h$	$t_1$	$t_2$	$l$	$s$	$s_l$ или $r$
Св. 8 до 10	3	3	1,8	1,4	6–36		
Св. 10 до 12	4	4	2,5	1,8	8–45		
Св. 12 до 17	5	5	3	2,3	10–56	0,25–0,4	0,16–0,25
Св. 17 до 22	6	6	3,5	2,8	14–70		
Св. 22 до 30	8	7	4	3,3	18–90		
Св. 30 до 38	10	8	5	3,3	22–110	0,4–0,6	0,25–0,4
Св. 38 до 44	12	8	5	3,3	28–140		
Св. 44 до 50	14	9	5,5	3,8	36–160		
Св. 50 до 58	16	10	6	4,3	45–180		
Св. 58 до 65	18	11	7	4,4	50–200	0,6–0,8	0,4–0,6
Св. 65 до 75	20	12	7,5	4,9	56–220		
Св. 75 до 85	22	14	9	5,4	63–250		
Св. 85 до 95	25	14	9	5,4	70–280		
Св. 95 до 110	28	16	10	6,4	80–320		
Св. 110 до 130	32	18	11	7,4	90–360		

Специфическая особенность шпоночных соединений заключается в том, что кроме гладкого цилиндрического соединения «вал–втулка» (таблица 7.2) в сопряжении участвуют три элемента:

- поверхность паза во втулке;
- поверхность паза на валу;
- поверхность шпонки.

Таблица 7.2 – Рекомендуемые поля допусков в соединениях «вал–втулка» для призматических шпонок

Условия работы и назначение	Рекомендуемые поля допусков		Посадки
	отверстия	вала	
При точном центрировании	$H6$	$js6; k6; m6; n6$	Переходные
При больших динамических нагрузках	$H7$	$s7$	С натягом
	$H8$	$x8; u8; s8$	
При осевом перемещении втулки по валу	$H6$	$h6$	С зазором
	$H7$	$h7$	



Работоспособность шпоночных соединений определяется в основном точностью посадок по ширине шпонки  $b$ , в зависимости от которых различают три вида соединений.

– *свободное соединение* – это соединение с гарантированным зазором, обеспечивает подвижность сопряженных деталей при условии затрудненной сборки (для направляющих шпонок);

– *нормальное соединение* – это соединение с переходной посадкой и большей вероятностью получения зазора (для серийного и массового производства);

– *плотное соединение* – это соединение с переходной посадкой и приблизительно равной вероятностью зазоров и натягов. Целесообразно использовать при реверсивных нагрузках с запрессовкой деталей при сборке (для единичного и серийного производства).

Для соединений с призматической шпонкой ГОСТ 23360 устанавливает всего **пять полей допуска** на сопрягаемые размеры пазов и **одно поле допуска** для ширины шпонки, которые представлены в таблице 7.3. *Все соединения шпонок с валом и втулкой производятся по системе вала.* При этом шпонки по ширине  $b$  обычно сопрягаются с валом по неподвижной посадке, а с втулками – по одной из подвижных посадок. Натяг необходим для того, чтобы шпонка не выпадала и не перемещалась при эксплуатации, а зазор – для компенсации неизбежных неточностей изготовления пазов и их перекоса.

Таблица 7.3 – Рекомендуемые поля допусков в соединениях призматической шпонки с пазом вала и с пазом втулки (по ГОСТ 23360)

Вид соединения и характер производства	Рекомендуемые поля допусков		
	ширина шпонки	ширина паза вала	ширина паза втулки
Плотные соединения при точном центрировании (для единичного и серийного производства)	$h9$	$P9$	$P9$
Нормальные соединения (для серийного и массового производства)	$h9$	$N9$	$Js9$
Свободное соединение (для направляющих шпонок)	$h9$	$H9$	$D10$

*Все остальные размеры шпоночного соединения с призматической шпонкой, кроме ширины  $b$ , являются непосадочными размерами, на которые установлены следующие поля допусков:*

- высота шпонки  $h$  – по  $h11$  (при  $h = 2 - 6$  мм –  $h9$ );
- длина шпонки  $l$  – по  $h14$ ;
- длина паза на валу и во втулке –  $H15$ ;
- глубина паза вала  $t_1$  – по  $H12$ ;
- глубина паза втулки  $t_2$  – по  $H12$ .

**Предельные отклонения на глубину паза вала  $t_1$**  (предпочтительный вариант) или на размер  $(d - t_1)$  и на глубину паза втулки  $t_2$  или на размер  $(D + t_2)$  зависят от высоты шпонки, и должны соответствовать указанным в таблице 7.4 значениям.

Таблица 7.4 – Предельные отклонения глубины паза (по ГОСТ 23360)

Высота призматической шпонки $h$ , мм	Предельные отклонения размеров, мм	
	$d - t_1$	$t_1, t_2, (D + t_2)$
От 2 до 6	– 0,1	+ 0,1
Св. 6 до 18	– 0,2	+ 0,2
Св. 18 до 50	– 0,3	+ 0,3

**Параметры шероховатости** поверхности элементов шпоночных соединений приведены в таблице 7.5. Рекомендуемые поля допусков для пазов вала и втулки *N9* и *P9* являются полями допусков ограниченного применения (таблица 7.6).

Таблица 7.5 – Зависимость параметров шероховатости поверхности от допуска размера (по ГОСТ 23360)

Допуск размера по квалитетам	Номинальные размеры, мм			
	До 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 500
	Ra, мкм, не более			
<i>IT9</i>	3,2	3,2	6,3	6,3
<i>IT10</i>	3,2	6,3	6,3	6,3
<i>IT 11</i>	6,3	6,3	12,5	12,5
<i>IT12, 13</i>	12,5	12,5	25	25
<i>IT14, 15</i>	12,5	25	50	50

Примечания.  
 1. Параметры шероховатости поверхностей с неуказанными предельными отклонениями – Ra = 20 мкм;  
 2. Параметр шероховатости дна шпоночного паза рекомендуется принимать равным Ra = 6,3 мкм.

Таблица 7.6 – Рекомендуемые поля допусков для пазов вала и втулки *N9* и *P9*

Поле допуска	Интервалы размеров, мм				
	от 1 до 3	св 3 до 6	св 6 до 10	св 10 до 18	св 18 до 30
	Предельные отклонения, мкм				
<i>N9</i>	-4	0	0	0	0
	-29	-30	-36	-43	-52
<i>P9</i>	-6	-12	-5	-18	-22
	-31	-42	-51	-61	-74

Основные размеры шпоночных соединений с сегментными шпонками представлены в таблице 7.7. Эти соединения отличаются от соединений с призматическими шпонками только формой шпонки.

У этих шпонок нормируется диаметр окружности *D*, из которой вырезается сегмент, а не длина шпонки.

По ГОСТ 24071 для сегментных шпонок установлено только два вида соединения: нормальное и плотное с такими же полями допусков ширины шпонки (*h9*), паза вала (*N9* – нормальное, *P9* – плотное) и втулки (*Js9* – нормальное, *P9* – плотное), как и в соединениях с призматическими шпонками. Для термообработанных деталей допускается применять поля допусков на ширину пазов вала *H11* и втулки *D10*.

Диаметр *D* исходного контура шпонки выполняется с предельными отклонениями по *h12*, а предельные отклонения диаметра *D* паза вала соответствуют полю допуска *H14* – *H15*.

Предельные отклонения на глубину паза вала  $t_1$  (предпочтительно) или на размер  $(d - t_1)$  и на глубину паза втулки или на размер  $(d + t_2)$  зависят от размеров высоты шпонки *h* и должны соответствовать значениям, указанным в таблице 7.8.

Отклонение от параллельности боковых сторон пазов рекомендуется принимать примерно  $0,5T_u$  ( $T_u$  – допуск на ширину шпонки). Отклонение от симметричности пазов относительно продольной оси рекомендуется принимать примерно  $2T_u$  (в диаметральном выражении).

Таблица 7.7 – Основные размеры соединений с сегментными шпонками (по ГОСТ 24071)

Диаметр вала $d$	Размеры шпонки $b \times h \times D$	Размеры шпоночного паза						
		Глубина				Радиус закругления $r$ или фаска $s_1 \times 45^\circ$		
		$t_1$ на валу	$ES$ ( $EI = 0$ )	$t_2$ во втулке	$ES$ ( $EI = 0$ )	max	min	
От 3 до 4	1×1,4×4	1,0		0,6		0,16	0,08	
Св.4 до 5	1,5×2,6×7	1,5		0,8				
Св.5 до 6	2×2,6×7	1,8	+0,1	1,0				
Св.6 до 7	2×3,7×10	2,9		1,0				
Св.7 до 8	2,5×3,7×10	2,7		1,2				
Св.8 до 10	3×5×13	3,8		1,4	+0,1	0,25	0,16	
Св. 10 до 12	3×6,5×16	5,3		1,4				
Св. 12 до 14	4×6,5×16	5,0	+0,2	1,8				
Св. 14 до 16	4×7,5×19	6,0		1,8				
Св. 16 до 18	5×6,5×16	4,5		2,3				
Св. 18 до 20	5×7,5×19	5,5		2,3				
Св.20 до 22	5×9×22	7,0		2,3	+0,3	0,40	0,25	
Св.22 до 25	6×9×22	6,5		2,8				
Св.25 до 28	6×10×25	7,5		2,8				
Св.28 до 32	8×11×28	8,0		3,3	+0,2	0,40	0,25	
Св.32 до 38	10×13×22	10,0						

Таблица 7.8 – Предельные отклонения глубины паза для соединений с сегментными шпонками (по ГОСТ 24071)

Высота сегментной шпонки $h$ , мм	Предельные отклонения размеров, мм	
	$t_1$	$t_2, (D + t_2)$
От 1,4 до 3,7	+0,1	+0,1
От 5 до 7,5	+0,2	
9	+0,3	+0,2
От 10 до 13		

Пример расчета посадок в шпоночном соединении приведен в разделе 10.

## 8 РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

### 8.1 Основные положения

**Резьбовое соединение** – соединение двух деталей с помощью резьбы, одна из этих деталей имеет наружную резьбу, а другая – внутреннюю. Свыше 60 % всех соединений деталей современного машиностроения имеют резьбу.

Основным элементом резьбового соединения является **резьба**, т.е. поверхность, которая образуется при винтовом перемещении плоского контура определенной формы по цилиндрической или конической поверхности, при этом получается цилиндрическая или коническая резьба. Наружную резьбу часто для краткости принято называть «болт», а внутреннюю – «гайка».

### 8.2 Классификация резьб

В зависимости от эксплуатационного назначения, т.е. области применения, резьбы делят на **резьбы общего назначения** и **специальные**. Резьбы специального назначения применяются только в определенных изделиях, например, круглая для цоколей и патронов электрических ламп, окулярная для оптических приборов и т.д. Кроме того резьбы делят:

- *по профилю поперечного сечения* – на **треугольные, трапецидальные, прямоугольные, круглые** и др.;
- *по форме резьбовой поверхности* – на **цилиндрические и конические**;
- *по числу заходов* – на **одно-, двух-, трех- и многозаходные**;
- *по направлению витков* – на **правые** (завинчивают по часовой стрелке) и **левые** (завинчивают против часовой стрелки);
- *в зависимости от используемых единиц измерения параметров резьбы* – на **метрические и дюймовые**.

К **резьбам общего назначения** относятся резьбы:

- **крепёжные** (метрическая, дюймовая) – применяются для неподвижных разъемных соединений, главное требование к которым – обеспечить прочность соединения деталей и сохранить плотность стыка в процессе эксплуатации;
- **кинематические** (трапецидальная и прямоугольная) – используются в винтовых механизмах для преобразования вращательного движения в поступательное. Основное требование к этим резьбам – обеспечение точного и плавного перемещения и во многих случаях – способность выдержать большие нагрузки;
- **трубные и арматурные** (цилиндрические и конические) – применяются для соединения труб в газо-, нефтедобывающей и перерабатывающей промышленности, в сантехническом оборудовании и т.д. Основное требование к этим резьбам – обеспечение герметичности и прочности соединения.

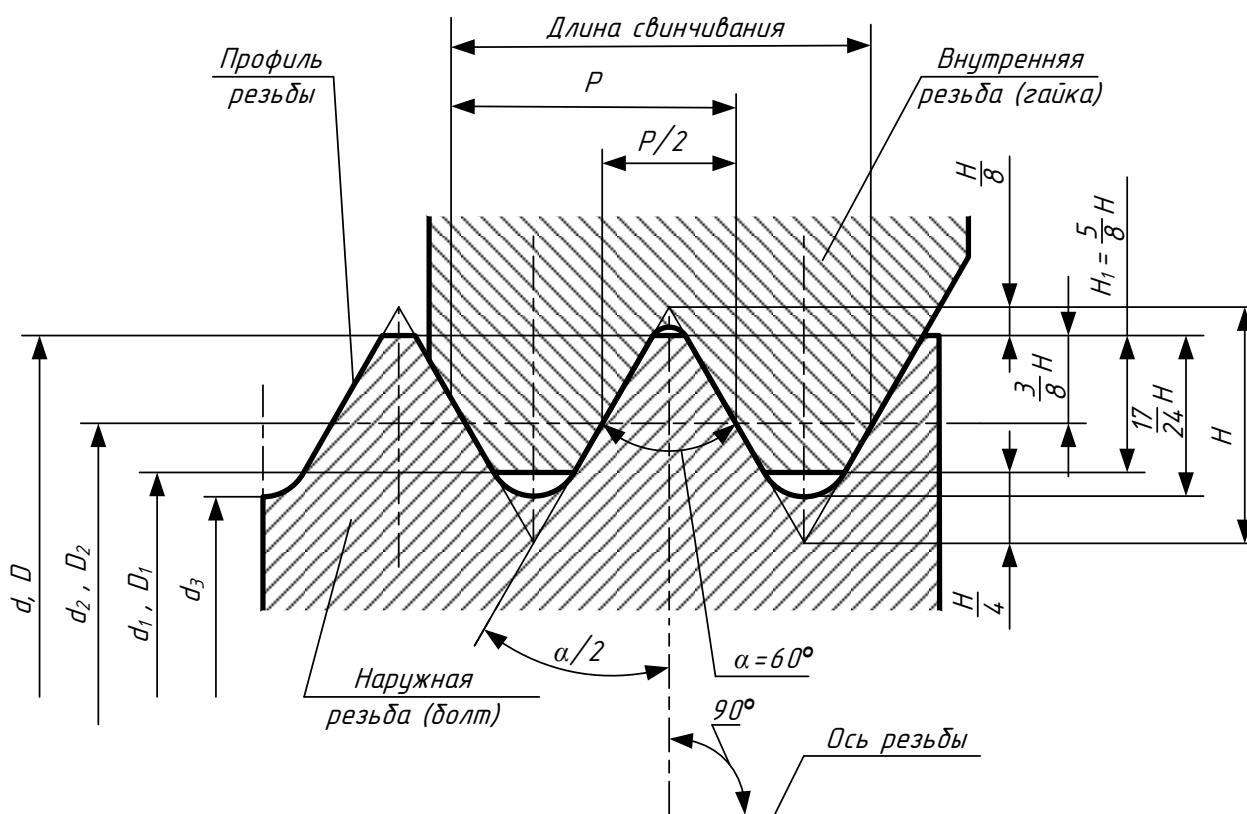
**Главное требование**, предъявляемое ко всем видам резьбы и типам резьбовых соединений – *возможность свинчивания* (соединения) независимо изготовленных деталей без дополнительной подгонки и надежность выполнения заданных функций.

Из всего многообразия резьб *наиболее распространена и проста в изготовлении крепёжная цилиндрическая метрическая резьба*.

### 8.3 Основные параметры метрической резьбы

Номинальный профиль цилиндрической метрической резьбы, установленный ГОСТ 9150, приведен на рисунке 8.1.

Номинальный профиль, общий для болта и гайки, является треугольным с углом при вершине  $\alpha = 60^\circ$  и исходной высотой  $H$ , полученный путем среза вершин витков по наружному диаметру на  $H/8$  и по внутреннему диаметру на  $H/4$ .



$d$  – наружный диаметр наружной резьбы (болта);  $D$  – наружный диаметр внутренней резьбы (гайки);  $d_2$  – средний диаметр болта;  $D_2$  – средний диаметр гайки;  $d_1$  – внутренний диаметр болта;  $D_1$  – внутренний диаметр гайки;  $d_3$  – внутренний диаметр болта по дну впадины;  $P$  – шаг резьбы;  $H$  – высота исходного треугольника.

Рисунок 8.1 – Основные параметры метрической резьбы

Если собираемость и работоспособность гладкого цилиндрического сопряжения характеризуются одним размерным параметром – диаметром соединения, то конструктивно более сложное резьбовое соединение – пятью следующими параметрами по ГОСТ 24705:

- $d$  ( $D$ ) – наружный диаметр резьбы болта (гайки);
- $d_1$  ( $D_1$ ) – внутренний диаметр резьбы болта (гайки);
- $d_2$  ( $D_2$ ) – средний диаметр резьбы болта (гайки);
- $\alpha$  – угол профиля – угол между смежными боковыми сторонами резьбы в плоскости осевого сечения;
- $P$  – шаг резьбы – расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы.

У многозаходных резьб различают понятия «шаг» и «ход резьбы» – величина относительного осевого перемещения болта (гайки) за один полный оборот; ход равен произведению шага на число заходов. У однозаходной резьбы ход равен шагу.

Метрические резьбы по ГОСТ 8724 подразделяют на **резьбы с крупным шагом** (для диаметров от 0,25 до 68 мм) и **мелким шагом** (для диаметров от 1 до 600 мм). У первых каждому диаметру резьбы соответствует один определенный шаг, а у вторых у каждого диаметра может быть несколько значений шага. В качестве основной крепежной применяют резьбу с крупным шагом. Резьба с мелким шагом применяется в резьбовых соединениях, подверженных переменным и знакопеременным нагрузкам, а также в тонкостенных деталях.

Номинальные значения среднего и внутреннего диаметров резьбы вычисляют в соответствии с рисунком 8.1 по формулам ГОСТ 24705:

$$D_2 = D - 2\frac{3}{8}H = D - 0,6495P, \quad (8.1)$$

$$D_1 = D - 2\frac{5}{8}H = D - 1,0825P, \quad (8.2)$$

$$d_2 = d - 2\frac{3}{8}H = d - 0,6495P, \quad (8.3)$$

$$d_1 = d - 2\frac{5}{8}H = d - 1,0825P, \quad (8.4)$$

$$d_3 = d - 2\frac{17}{24}H = d - 1,2267P. \quad (8.5)$$

Примечание – Номинальный диаметр  $d_3$  приведен для расчетов на прочность.

#### 8.4 Система допусков и посадок метрической резьбы

Для метрической резьбы стандартами **установлены допуски** на следующие элементы: наружный диаметр болта  $Td$  внутренний диаметр гайки  $TD_1$ , средний диаметр болта  $Td_2$  и гайки  $TD_2$ .

**Допуски** диаметров резьбы установлены *десятью степенями точности* (подобно квалитетам для гладких соединений), обозначаемыми цифрами в порядке понижения точности: 1, 2, 3, ..., 10. Разные термины для рядов точности приняты для того, чтобы не путать гладкие и резьбовые элементы деталей.

**Положение поля допуска** диаметра резьбы определяется основным отклонением – верхним  $es$  для болтов и нижним  $EI$  для гайки, которые обозначаются буквами латинского алфавита: строчными  $d, e, f$  и др. для наружной и прописными  $E, F, H$  и др. – для внутренней резьбы.

**Основные отклонения**, определяющие положение полей допуска относительно номинального профиля зависят только от шага резьбы (кроме  $h$  и  $H$ ). Для резьб с данным шагом одноименные отклонения для всех диаметров (наружного, среднего, внутреннего) равны.

Второе предельное отклонение определяют по принятой степени точности резьбы:

$$ei = es - Td; \quad (8.6)$$

$$ei = es - Td_2; \quad (8.7)$$

$$ES = El + TD_1; \quad (8.8)$$

$$ES = El + TD_2. \quad (8.9)$$

Все отклонения и допуски отсчитываются от номинального профиля в направлении, перпендикулярном оси резьбы, как это показано на рисунках 8.2 и 8.3. На схемах принято указывать половинные величины, полагая, что вторые половины расположены на диаметрально противоположных профилях.

**Поля допусков** резьбовых элементов образуются сочетанием основного отклонения, обозначаемого буквой, с допуском по принятой степени точности. В отличие от гладких цилиндрических сопряжений цифра степени точности пишется на первом месте, например  $5H, 6e, 6f$ .



Кроме степеней точности стандартом устанавливаются **классы точности**: *точный, средний и грубый*. Понятие о классах точности условное. На чертежах указываются только поля допусков, а классы точности используются для сравнительной оценки точности резьбы. *Точный класс* рекомендуется для ответственных статически нагруженных резьбовых соединений, при высоких требованиях к соосности соединяемых деталей; *средний класс* – для резьб общего применения и *грубый класс* – для неответственных соединений и деталей из пластмасс или при неблагоприятных условиях обработки (при нарезании резьб на горячекатаных заготовках, в длинных глухих отверстиях и т. п.).

Наружная и внутренняя резьбы при свинчивании *контактируют только по боковым сторонам профиля*. Контакт по вершинам резьбы и впадинам исключается установленным расположением полей допусков. **Посадки** резьбовых элементов образуются *путем различного сочетания* основного отклонения внутренней резьбы с основными отклонениями наружной резьбы.

Для обеспечения свинчиваемости и прочности резьбовых соединений стандартами установлена **система допусков**, которая предусматривает посадки *резьб с зазором, натягом и переходные*. Наиболее широкое применение получили посадки резьб с зазором и натягом.

#### 8.4.1 Посадки с зазором

Резьбовые *соединения с зазором* применяются при нанесении на резьбовые детали антикоррозионных покрытий, при работе в области высоких температур, а также для обеспечения быстрой и легкой сборки-разборки даже при наличии небольшого загрязнения.

Посадки с зазором регламентирует ГОСТ 16093, который устанавливает:

– *номинальные значения наружного диаметра и шага резьбы*, которые должны соответствовать данным таблицы 8.1;

Таблица 8.1 – Диаметр и шаг метрической резьбы с крупным шагом для посадок с зазором (по ГОСТ 8724)

Наружный диаметр резьбы d для ряда		Шаг резьбы P	Наружный диаметр резьбы d для ряда			Шаг резьбы P	В миллиметрах		Шаг резьбы P
							Наружный диаметр резьбы d для ряда		
1	2		1	2	3		1	2	
0,25	–	0,075	1,6	1,8	–	0,35	12	–	1,75
0,3	–	0,08	2	–	–	0,4	16	14	2
–	0,35	0,09	2,5	2,2	–	0,45	20	18; 22	2,5
0,4	0,45	0,1	3	–	–	0,5	24	27	3
0,5	0,55	0,125	–	3,5	–	(0,6)	30	33	3,5
0,6	–	0,15	4	–	–	0,7	36	39	4
–	0,7	0,175	–	4,5	–	(0,75)	42	45	4,5
0,8	–	0,2	5	–	–	0,8	48	52	5
0,9	–	0,225	6	–	7	1	56	(60)	5,5
1; 1,2	1,1	0,25	8	–	(9)	1,25	64	68	6
–	1,4	0,3	10	–	(11)	1,5	–	–	–

Примечания.

1. При выборе диаметров резьбы следует предпочитать 1-й ряд 2-му, а 2-й – ряд– 3-му.

2. Диаметры и шаги резьб, заключенные в скобки, по возможности не применять.



- степени точности диаметров метрической резьбы, представленные в таблице 8.2;
- основные отклонения диаметров наружной и внутренней резьбы, показанные на рисунках 8.2, 8.3 и представленные в таблице 8.3;
- поля допусков наружной и внутренней резьбы, представленные в таблице 8.4;
- числовые значения основных отклонений диаметров наружной и внутренней резьбы, которые должны соответствовать представленным в таблицах 8.5 и 8.6;
- допуски диаметров наружной и внутренней резьбы.

Таблица 8.2 – Степень точности диаметров метрической резьбы для посадок с зазором (по ГОСТ 16093)

Вид резьбы	Обозначение диаметра	Степень точности							
		–	4	–	6	–	8	–	–
Наружная	$d$	–	4	–	6	–	8	–	–
	$d_2$	3	4	5	6	7	8	9	10*
Внутренняя	$D_2$	–	4	5	6	7	8	9*	–
	$D_1$	–	4	5	6	7	8	–	–

\*Только для резьб на деталях из пластмасс

Таблица 8.3 – Основные отклонения метрической резьбы для посадок с зазором (по ГОСТ 16093)

Вид резьбы	Диаметр резьбы	Основное отклонение	Вид резьбы	Диаметр резьбы	Основное отклонение
Наружная	$d$ $d_2$	$d, e, f, g, h$	Внутренняя	$D_2$ $D_1$	$E, F, G, H$

Примечания

1. Верхнее отклонение диаметра  $d_1$  должно соответствовать основному отклонению диаметра  $d_2$ .
2. Нижнее отклонение диаметра  $D$  должно соответствовать основному отклонению диаметра  $D_2$ .
3. Основные отклонения внутренней резьбы  $E$  и  $F$  установлены только для специального применения при значительных толщинах слоя защитного покрытия.

Таблица 8.4 – Поля допусков наружной и внутренней резьбы для посадок с зазором (по ГОСТ 16093)

Класс точности	Длина свинчивания	Поля допусков резьб	
		Наружной	внутренней
Точный	$S$	$(3h4h)$	$(5G), 4H$
	$N$	$(4g), 4h$	<b>5H</b>
	$L$	$(5h4h)$	$6H$
Средний	$S$	$5g6g, (5h6h)$	$(5G), 5H$
	$N$	$(6d), 6e, 6f, \overline{6g}, 6h$	<b>6G, <math>\overline{6H}</math></b>
	$L$	$(7e6e), 7g6g, (7h6h)$	$(7G), 7H$
Грубый	$S$	–	$(5G)$
	$N$	$(8e), 8g$	$(7G), 7H$
	$L$	$(9e8e), (9g8g)$	$(8G), 8H$

Примечания

1. Поля допусков, указанные в рамках, отобраны для коммерческих крепежных изделий.
2. Поля допусков, набранные **жирным шрифтом**, предназначены для выбора в первую очередь.
3. Поля допусков, набранные светлым шрифтом, предназначены для выбора во вторую очередь.
4. Поля допусков, указанные в скобках, предназначены для выбора в третью очередь.

Таблица 8.5 – Предельные отклонения диаметров наружной резьбы (ГОСТ 16093)

Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм	Шаг $P$ , мм	Поле допуска наружной резьбы														
		4g					4h					6e				
		Диаметр резьбы														
		$d_1$	$d$	$d_2$	$d_1$	$d$	$d_2$	$d$	$d_2$	$d_1$						
		Предельные отклонения, мкм														
		es	es	ei	es	ei	es	es	ei	es	ei	es	ei	es	ei	es
Св. 5,6 до 11,2	0,75	0	-22	-112	-22	-85	-22	0	-90	0	-63	-56	-196	-56	-156	-56
	1	0	-26	-138	-26	-97	-26	0	-112	0	-71	-60	-240	-60	-172	-60
	1,25	0	-28	-160	-28	-103	-28	0	-132	0	-75	-63	-275	-63	-181	-63
	1,5	0	-32	-182	-32	-117	-32	0	-150	0	-85	-67	-303	-67	-199	-67
Св. 11,2 до 22,4	1	0	-26	-138	-26	-101	-26	0	-112	0	-75	-60	-240	-60	-178	-60
	1,25	0	-28	-160	-28	-113	-28	0	-132	0	-85	-63	-275	-63	-195	-63
	1,5	0	-32	-182	-32	-122	-32	0	-150	0	-90	-67	-303	-67	-207	-67
	1,75	0	-34	-204	-34	-129	-34	0	-170	0	-90	-71	-336	-71	-221	-71
	2	0	-38	-218	-38	-138	-38	0	-180	0	-100	-71	-351	-71	-231	-71
	2,5	0	-42	-254	-42	-148	-42	0	-212	0	-106	-80	-415	-80	-250	-80
Св. 22,4 до 45	1	0	-26	-138	-26	-106	-26	0	-112	0	-80	-60	-240	-60	-85	-60
	1,5	0	-32	-182	-32	-127	-32	0	-150	0	-95	-67	-303	-67	-217	-67
	2	0	-38	-218	-38	-144	-38	0	-180	0	-106	-71	-351	-71	-241	-71
	3	0	-48	-284	-48	-173	-48	0	-236	0	-125	-85	-460	-85	-285	-85
	3,5	0	-53	-318	-53	-185	-53	0	-265	0	-132	-90	-515	-90	-302	-90
	4	0	-60	-360	-60	-200	-60	0	-300	0	-140	-95	-570	-95	-319	-95
	4,5	0	-63	-378	-63	-213	-63	0	-315	0	-150	-100	-600	-100	-336	-100
Св.45 до 90	1	0	-26	-138	-26	-116	-26	0	-112	0	-90	-60	-240	-60	-200	-60
	1,5	0	-32	-182	-32	-132	-32	0	-150	0	-100	-67	-303	-67	-227	-67
	2	0	-38	-218	-38	-150	-38	0	-180	0	-112	-71	-351	-71	-251	-71
	3	0	-48	-284	48	-180	-48	0	-236	0	-132	-85	-460	-85	-297	-85
	4	0	-60	-360	-60	-210	-60	0	-300	0	-150	-95	-570	-95	-331	-95
	5	0	-71	-406	-71	-231	-71	0	-335	0	-160	-106	-636	-106	-356	-106
	5,5	0	-75	-430	-75	-245	-75	0	-355	0	-170	-112	-672	-112	-377	-112
	6	0	-80	-455	-80	-260	-80	0	-375	0	-180	-118	-718	-118	-398	-118

Продолжение таблицы 8.5

Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм	Шаг $P$ , мм	Поле допуска наружной резьбы														
		6f					6g					6h				
		Диаметр резьбы														
		$d$	$d_2$	$d_1$	$d$	$d_2$	$d_1$	$d$	$d_2$	$d_1$	$d$	$d_2$	$d_1$	$d$	$d_2$	$d_1$
		Предельные отклонения, мкм														
		es	ei	es	ei	es	es	ei	es	ei	es	es	ei	es	es	ei
Св. 5,6 до 11,2	0,75	-38	-178	-38	-138	-38	-22	-162	-22	-122	-22	0	-140	0	-100	0
	1	-40	-220	-40	-152	-40	-26	-206	-26	-138	-26	0	-180	0	-112	0
	1,25	-42	-254	-42	-160	-42	-28	-240	-28	-146	-28	0	-212	0	-118	0
	1,5	-45	-281	-45	-177	-45	-32	-268	-32	-164	-32	0	-236	0	-132	0
Св. 11,2 до 22,4	1	-40	-220	-40	-158	-40	-26	-206	-26	-144	-26	0	-180	0	-118	0
	1,25	-42	-254	-42	-174	-42	-28	-240	-28	-160	-28	0	-212	0	-132	0
	1,5	-45	-281	-45	-185	-45	-32	-268	-32	-172	-32	0	-236	0	-140	0
	1,75	-48	-313	-48	-198	-48	-34	-299	-34	-184	-34	0	-265	0	-150	0
	2	-52	-332	-52	-212	-52	-38	-318	-38	-198	-38	0	-280	0	-160	0
	2,5	-58	-393	-58	-228	-58	-42	-377	-42	-212	-42	0	-335	0	-170	0
Св. 22,4 до 45	1	-40	-220	-40	-165	-40	-26	-206	-26	-151	-26	0	-180	0	-125	0
	1,5	-45	-281	-45	-195	-45	-32	-268	-32	-182	-32	0	-236	0	-150	0
	2	-52	-332	-52	-222	-52	-38	-318	-38	-208	-38	0	-280	0	-170	0
	3	-63	-438	-63	-263	-63	-48	-423	-48	-248	-48	0	-375	0	-200	0
	3,5	-70	-495	-70	-282	-70	-53	-478	-53	-265	-53	0	-425	0	-212	0
	4	-75	-550	-75	-299	-75	-60	-535	-60	-284	-60	0	-475	0	-224	0
	4,5	-80	-580	-80	-316	-80	-63	-563	-63	-299	-63	0	-500	0	-236	0
Св.45 до 90	1	-40	-220	40	-180	-40	-26	-206	-26	-166	-26	0	-180	0	-140	0
	1,5	-45	-281	-45	-205	-45	-32	-268	-32	-192	-32	0	-236	0	-160	0
	2	-52	-332	-52	-232	-52	-38	-318	-38	-218	-38	0	-280	0	-180	0
	3	-63	-438	-63	-275	-63	-48	-423	48	-260	-48	0	-375	0	-212	0
	4	-75	-550	-75	-311	-75	-60	-535	-60	-296	-60	0	-475	0	-236	0
	5	-85	-615	-85	-335	-85	-71	-601	-71	-321	-71	0	-530	0	-250	0
	5,5	-90	-650	-90	-355	-90	-75	-635	-75	-340	-75	0	-560	0	-265	0
	6	-95	-695	-95	-375	-95	-80	-680	-80	-360	-80	0	-600	0	-280	0

Продолжение таблицы 8.5

Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм	Шаг $P$ , мм	Поле допуска наружной резьбы											
		8g					8h (при $P \geq 0,8$ мм) 8h6h (при $P < 0,8$ мм)						
		Диаметр резьбы											
		$d$	$d_2$	$d_1$	$d$	$d_2$	$d_1$	$d$	$d_2$	$d_1$	$d$	$d_2$	$d_1$
		Предельные отклонения, мкм											
		es	ei	es	ei	es	es	ei	es	ei	es	ei	es
Св. 5,6 до 11,2	0,75	–	–	–	–	–	0	–140	0	–160	0		
	1	–26	–306	–26	–206	–26	0	–280	0	–180	0		
	1,25	–28	–363	–28	–218	–28	0	–335	0	–190	0		
	1,5	–32	–407	–32	–244	–32	0	–375	0	–212	0		
Св. 11,2 до 22,4	1	–26	–306	–26	–216	–26	0	–280	0	–190	0		
	1,25	–28	–363	–28	–240	–28	0	–336	0	–212	0		
	1,5	–32	–407	–32	–256	–32	0	–375	0	–224	0		
	1,75	–34	–459	–34	–270	–34	0	–425	0	–236	0		
	2	–38	–488	–38	–288	–38	0	–450	0	–250	0		
	2,5	–42	–572	–42	–307	–42	0	–530	0	–265	0		
Св. 22,4 до 45	1	–26	–306	–26	–226	–26	0	–280	0	–200	0		
	1,5	–32	–407	–32	–268	–32	0	–375	0	–236	0		
	2	–38	–488	–38	–303	–38	0	–450	0	–265	0		
	3	–48	–648	–48	–363	–48	0	–600	0	–315	0		
	3,5	–53	–723	–53	–388	–53	0	–670	0	–335	0		
	4	–60	–810	–60	–415	–60	0	–750	0	–355	0		
	4,5	–63	–863	–63	–438	–63	0	–800	0	–375	0		
Св. 45 до 90	1	–26	–306	–26	–250	–26	0	–280	0	–224	0		
	1,5	–32	–407	–32	–282	–32	0	–375	0	–250	0		
	2	–38	–488	–38	–318	–38	0	–450	0	–280	0		
	3	–48	–648	–48	–383	–48	0	–600	0	–335	0		
	4	–60	–810	–60	–435	–60	0	–750	0	–375	0		
	5	–71	–921	–71	–471	–71	0	–850	0	–400	0		
	5,5	–75	–975	–75	–500	–75	0	–900	0	425	0		
	6	–80	–1030	–80	–530	–80	0	–950	0	–450	0		

**Примечание** – Нижнее отклонение диаметра  $d_1$  не устанавливается, но косвенно ограничивается формой впадины болта.

Таблица 8.6 – Предельные отклонения диаметров внутренней резьбы (ГОСТ 16093)

Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм	Шаг $P$ , мм	Поле допуска внутренней резьбы														
		5H					6G					6H				
		Диаметр резьбы														
		$D$	$D_2$	$D_1$			$D$	$D_2$	$D_1$			$D$	$D_2$	$D_1$		
		Предельные отклонения, мкм														
		EI	ES	EI	ES	EI	EI	ES	EI	ES	EI	EI	ES	EI	ES	EI
Св. 5,6 до 11,2	0,75	0	+106	0	+150	0	+22	+154	+22	+212	+22	0	+132	0	+190	0
	1	0	+118	0	+190	0	+26	+176	+26	+262	+26	0	+150	0	+236	0
	1,25	0	+125	0	+212	0	+28	+188	+28	+293	+28	0	+160	0	+265	0
	1,5	0	+140	0	+236	0	+32	+212	+32	+332	+32	0	+180	0	+300	0
Св. 11,2 до 22,4	1	0	+125	0	+190	0	+26	+186	+26	+262	+26	0	+160	0	+236	0
	1,25	0	+140	0	+212	0	+28	+208	+28	+293	+28	0	+180	0	+265	0
	1,5	0	+150	0	+236	0	+32	+222	+32	+332	+32	0	+190	0	+300	0
	1,75	0	+160	0	+265	0	+34	+234	+34	+369	+34	0	+200	0	+335	0
	2	0	+170	0	+300	0	+38	+250	+38	+413	+38	0	+212	0	+375	0
	2,5	0	+180	0	+355	0	+42	+266	+42	+492	+42	0	+224	0	+450	0
Св. 22,4 до 45	1	0	+132	0	+190	0	+26	+196	+26	+262	+26	0	+170	0	+236	0
	1,5	0	+160	0	+236	0	+32	+232	+32	+332	+32	0	+200	0	+300	0
	2	0	+180	0	+300	0	+38	+262	+38	+413	+38	0	+224	0	+375	0
	3	0	+212	0	+400	0	+48	+313	+48	+548	+48	0	+265	0	+500	0
	3,5	0	+224	0	+450	0	+53	+333	+53	+613	+53	0	+280	0	+560	0
	4	0	+236	0	+475	0	+60	+360	+60	+660	+60	0	+300	0	+600	0
	4,5	0	+250	0	+530	0	+63	+378	+63	I+733	+63	0	+315	0	+670	0
Св. 45 до 90	1	0	+150	0	+190	0	+26	+216	+26	+262	+26	0	+190	0	+236	0
	1,5	0	+170	0	+236	0	+32	+244	+32	+332	+32	0	+212	0	+300	0
	2	0	+190	0	+300	0	+38	+274	+38	+413	+38	0	+236	0	+375	0
	3	0	+224	0	+400	0	+48	+328	+48	+548	+48	0	+280	0	+500	0
	4	0	+250	0	+475	0	+60	+375	+60	+660	+60	0	+315	0	+600	0
	5	0	+265	0	+560	0	+71	+406	+71	+781	+71	0	+335	0	+710	0
	5,5	0	+280	0	+600	0	+75	+430	+75	+825	+75	0	+355	0	+750	0
	6	0	+300	0	+630	0	+80	+455	+80	+880	+80	0	+375	0	+800	0

Продолжение таблицы 8.6

Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм	Шаг $P$ , мм	Поле допуска внутренней резьбы														
		7G					7H					8H				
		Диаметр резьбы														
		$D$	$D_2$	$D_1$	$D$	$D_2$	$D_1$	$D$	$D_2$	$D_1$	$D$	$D_2$	$D_1$	$D$	$D_2$	$D_1$
		Предельные отклонения, мкм														
		EI	ES	EI	ES	EI	EI	ES	EI	ES	EI	EI	ES	EI	ES	EI
Св. 5,6 до 11,2	0,75	+22	+192	+22	+258	+22	0	+170	0	+236	0	–	–	–	–	
	1	+26	+216	+26	+326	+26	0	+190	0	+300	0	0	+236	0	+375	0
	1,25	+28	+228	+28	+363	+28	0	+200	0	+335	0	0	+250	0	+425	0
	1,5	+32	+256	+32	+407	+32	0	+224	0	+375	0	0	+280	0	+475	0
Св. 11,2 до 22,4	1	+26	+226	+26	+326	+26	0	+200	0	+300	0	0	+250	0	+375	0
	1,25	+28	+252	+28	+363	+28	0	+224	0	+335	0	0	+280	0	+425	0
	1,5	+32	+268	+32	+407	+32	0	+236	0	+375	0	0	+300	0	+475	0
	1,75	+34	+284	+34	+459	+34	0	+250	0	+425	0	0	+315	0	+530	0
	2	+38	+303	+38	+513	+38	0	+265	0	+455	0	0	+335	0	+600	0
Св. 22,4 до 45	2,5	+42	+322	+42	+602	+42	0	+280	0	+560	0	0	+355	0	+710	0
	1	+26	+238	+26	+326	+26	0	+212	0	+300	0	0	+265	0	+375	0
	1,5	+32	+282	+32	+407	+32	0	+250	0	+375	0	0	+315	0	+475	0
	2	+38	+318	+38	+513	+38	0	+280	0	+475	0	0	+355	0	+600	0
	3	+48	+383	+48	+678	+48	0	+335	0	+630	0	0	+425	0	+800	0
	3,5	+53	+408	+53	+763	+53	0	+355	0	+710	0	0	+450	0	+900	0
	4	+60	+435	+60	+810	+60	0	+375	0	+750	0	0	+475	0	+950	0
4,5	+63	+463	+63	+913	+63	0	+400	0	+850	0	0	+500	0	+1060	0	
Св. 45 до 90	1	+26	+262	+26	+326	+26	0	+236	0	+300	0	0	+300	0	+375	0
	1,5	+32	+297	+32	+407	+32	0	+265	0	+375	0	0	+335	0	+475	0
	2	+38	+338	+38	+513	+38	0	+300	0	+475	0	0	+375	0	+600	0
	3	+48	+403	+48	+678	+48	0	+355	0	+630	0	0	+450	0	+800	0
	4	+60	+460	+60	+810	+60	0	+400	0	+750	0	0	+500	0	+950	0
	5	+71	+496	+71	+971	+71	0	+425	0	+900	0	0	+530	0	+1120	0
	5,5	+75	+525	+75	+1025	+75	0	+450	0	+950	0	0	+560	0	+1180	0
	6	+80	+555	+80	+1080	+80	0	+475	0	+1000	0	0	+600	0	+1250	0

Примечание – Верхнее отклонение диаметра  $D$  не устанавливается.

Существенный недостаток посадок с зазором – возможность самопроизвольного развинчивания резьбового соединения, особенно при воздействии динамических знакопеременных нагрузок. Во избежание этого усложняют конструкции резьбовых соединений, используя для стопорения дополнительные детали, или применяют посадки с натягом.

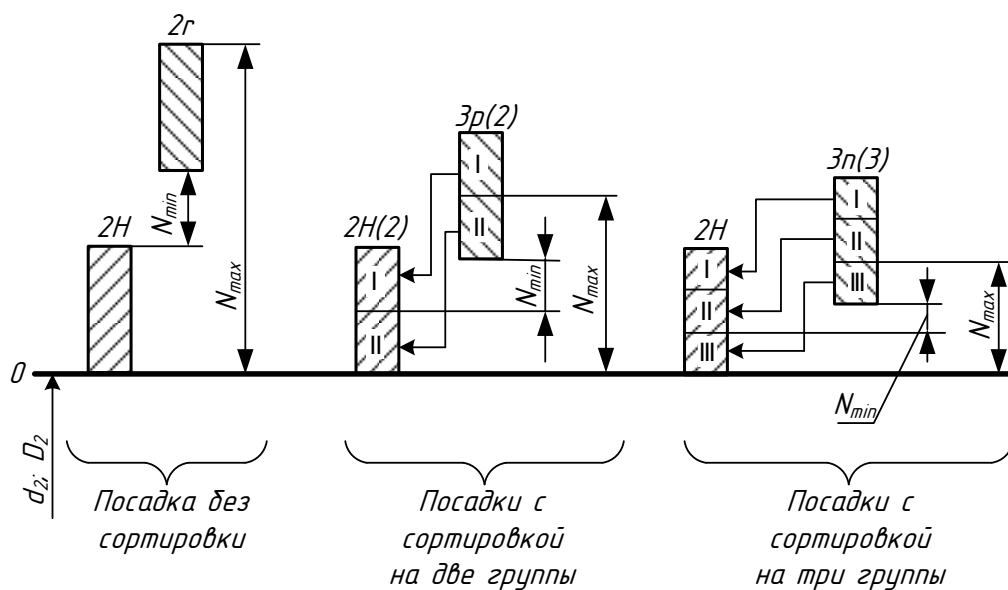
#### 8.4.2 Посадки с натягом

Посадки с натягом применяются в тех случаях, когда конструкция изделия требует герметичности или гарантии от самоотвинчивания шпилек (без применения дополнительных элементов заклинивания) при действии вибраций, переменных нагрузок и изменений рабочих температур. Примером такой посадки является посадка резьбы шпилек в блоки двигателей внутреннего сгорания. Шпилька должна быть ввинчена в блок цилиндров настолько туго, чтобы исключить ее проворачивание при затяжке и отвинчивании гайки, соединенной с другим концом шпильки.

Посадки с натягом регламентирует ГОСТ 4608, который устанавливает:

- номинальные значения наружного диаметра и шага резьбы;
- основные отклонения и степени точности резьбы;
- числовые значения основных отклонений диаметров наружной и внутренней резьбы;
- числовые значения допусков среднего диаметра наружной и внутренней резьбы;
- поля допусков и посадки с натягом резьбовых соединений (рисунок 8.4).

Посадки с натягом предусмотрены только в системе отверстия. Стандартом установлены три поля допуска среднего диаметра  $d_2$  для наружной резьбы (шпильки) –  $3n$ ,  $3p$ ,  $2r$  и одно поле допуска среднего диаметра  $D_2$  для внутренней резьбы (резьбовое отверстие) –  $2H$  (рисунок 8.4). Для наружного диаметра  $d$  наружной резьбы предусмотрены поля допусков  $6e$  и  $6c$ , для внутреннего диаметра  $D_1$  внутренней резьбы –  $4D$ ,  $5D$ ,  $4C$ ,  $5C$ , что обеспечивает по наружному диаметру зазор, а по среднему диаметру – натяг.



I, II, III – номера сортировочных групп

Рисунок 8.4 – Расположение полей допуска среднего диаметра метрической резьбы для посадок с натягом

Посадки с натягом требуют очень точного изготовления резьб, например внутренних по 2-й степени точности. При больших допусках на средний диаметр наибольший натяг  $N_{max}$  в соединении может привести при сборке к разрушению резьбовых деталей.

С целью удешевления производства и исключения поломок рекомендуется применять селективную сборку (метод групповой взаимозаменяемости). При этом допуск на наружную резьбу расширяют, назначая его по 3-й степени точности. Изготовленные резьбовые детали сортируют на группы по действительной величине среднего диаметра, а затем собирают

резьбовые соединения из деталей одноименных групп. При такой сборке колебания натяга (от  $N_{min}$  до  $N_{max}$ ) значительно уменьшаются (рисунок 8.4). Однако *появляются организационные проблемы* – усложняется замена шпилек при ремонте, в сборочном цехе может возникать незавершенное производство, когда оставшиеся шпильки и корпуса принадлежат разным группам. Поэтому иногда вместо посадок с натягом применяют переходные посадки.

Для резьб с натягом устанавливаются также допустимые отклонения формы наружной и внутренней резьб. Эти отклонения определяются разностью между наибольшим и наименьшим действительными значениями среднего диаметра. Их величина не должна превышать 25 % от допуска среднего диаметра.

## 8.5 Обозначение цилиндрической метрической резьбы и резьбовых соединений (по ГОСТ 16093)

*Полное обозначение резьбы состоит из двух частей:* из обозначения размера резьбы и обозначения полей допусков резьбы.

### 8.5.1 Обозначение размера резьбы

Согласно ГОСТ 8724 в условное обозначение размера резьбы должны входить буква «М», номинальный диаметр резьбы и шаг резьбы, выраженные в миллиметрах и разделенные знаком «×»:

а) **метрическая резьба с крупным шагом** должна обозначаться буквой «М», номинальным диаметром (в мм), например:  $M12$ ,  $M24$ . **Крупный шаг в обозначении резьбы может быть опущен;**

б) метрическая резьба с мелким шагом должна обозначаться буквой «М» и номинальным диаметром и шагом в мм, например:  $M12 \times 1$ ,  $M24 \times 1,5$ ;

в) **для левой резьбы** после условного обозначения указывают буквы «LH», например:  $M24 - LH$ ;  $M12 \times 1 - LH$ ;

г) **многозаходная метрическая резьба** должна обозначаться буквой «М», номинальным диаметром резьбы, знаком «×», буквами «Ph», числовым значением хода резьбы (в мм), буквой «P» и числовым значением шага в мм. Например:

–  $M30 \times Ph2P1$  – для двухзаходной резьбы с номинальным диаметром 30 мм, ходом 2 мм и шагом 1 мм;

–  $M30 \times Ph2P1 - LH$  – то же для левой резьбы;

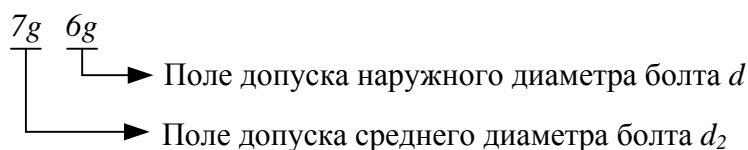
–  $M30 \times Ph2P1$  (два захода) – для большей ясности в скобках текстом *может быть* указано число заходов резьбы.

### 8.5.2 Обозначение допусков резьбы

а) согласно ГОСТ 16093 **обозначение поля допуска отдельного диаметра резьбы** состоит из цифры, указывающей степень точности резьбы, и буквы (строчной для болта и прописной для гайки), обозначающей основное отклонение, например:  $6h$ ;  $6g$ ;  $6H$ ;

б) **обозначение поля допуска гайки** состоит из обозначения поля допуска среднего диаметра, помещенного на первом месте, и обозначения поля допуска диаметра выступов;

– **обозначение поля допуска болта** состоит из обозначения поля допуска среднего диаметра  $d_2$ , помещенного на первом месте, и обозначения поля допуска наружного диаметра  $d$ , например:





– если обозначения полей допуска среднего и наружного диаметра болта одинаковы, то в обозначении поля допуска резьбы болта они не повторяются, например:

$\overline{6g}$  → Поле допуска диаметров  $d_2$  и  $d$

– обозначение поля допуска гайки состоит из обозначения поля допуска среднего диаметра  $D_2$ , помещенного на первом месте, и обозначения поля допуска внутреннего диаметра  $D_1$ , например:

$\overline{5H\ 6H}$  → Поле допуска внутреннего диаметра гайки  $D_1$   
 → Поле допуска среднего диаметра гайки  $D_2$

– если обозначения полей допуска среднего и внутреннего диаметра гайки одинаковы, то в обозначении поля допуска резьбы гайки они не повторяются, например:

$\overline{6H}$  → Поле допуска диаметров  $D_2$  и  $D_1$

в) для посадок переходных и с натягами ГОСТ 4608 устанавливает аналогичный порядок обозначений полей допусков резьбовых деталей, но поле допуска наружного диаметра наружной резьбы в обозначении не указывается.

Дополнительно в скобках указывается число сортировочных групп, например:  $3p(2)$ ,  $3n(3)$  или  $2H(3)$ .

### 8.5.3 Полное обозначение резьбы и резьбовых соединений

а) обозначение поля допуска резьбы помещается за обозначением размера резьбы и отделяется от него горизонтальной чертой (дефисом).

Примеры условного обозначения резьбы:

- с крупным шагом:  $M20 - 6g$  для болта и  $M20 - 6H$  для гайки;
- с мелким шагом:  $M20 \times 1,5 - 6g$  для болта и  $M12 \times 1 - 6H$  для гайки;
- многозаходной резьбы:  $M16 \times Ph3P1,5 - 6H$  или  $M16 \times Ph3P1,5$  (два захода) –  $6H$ ;
- левой резьбы:  $M12 - 6g - LH$ ,  $M12 \times 1 - 6H - LH$ ;

б) отсутствие обозначения поля допуска резьбы означает, что назначен класс точности «средний» и соответственно следующие поля допусков:

- $6h$  – для наружной резьбы диаметром до 1,4 мм включительно;
- $6g$  – для наружной резьбы диаметром 1,6 мм и более;
- $5H$  – для внутренней резьбы диаметром до 1,4 мм включительно;
- $6H$  – для внутренней резьбы диаметром 1,6 мм и более.

Однако предпочтительным является указание обозначения поля допуска резьбы во всех случаях;

в) обозначение группы длин свинчивания. «Нормальная»  $N$  в обозначении резьбы не указывается. Группа длин свинчивания «короткая»  $S$  или «длинная»  $L$  указывается за обозначением поля допуска резьбы и отделяется от него дефисом. Например:  $M12 - 6g - L$ ,  $M12 \times 1 - 6H - S - LH$ .

Допускается обозначение групп длин свинчивания  $S$  или  $L$  дополнять указанием в скобках длины свинчивания в миллиметрах, например:  $M12 \times 1 - 6g - L(30)$ ;

г) посадка в резьбовом соединении обозначается дробью, в числителе которой указывают обозначение поля допуска внутренней резьбы, а в знаменателе – поле допуска наружной резьбы (болта, винта, шпильки). Примеры:

$$M10 - \frac{6H}{6g}; M12 \times 1 - \frac{6H}{5g6g}; M10 - \frac{6H}{6g} - LH; M12 - \frac{2H5C(2)}{3p(2)}.$$

Пример расчета посадок в резьбовом соединении приведен в разделе 10.

## 9 ВЫПОЛНЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

### 9.1 Правила и рекомендации по указанию допусков и предельных отклонений

9.1.1 Геометрическая точность деталей оценивается:

- точностью размеров элементов;
- точностью их взаимного расположения;
- точностью формы поверхностей элементов (макрогеометрией поверхностей);
- шероховатостью поверхности (микрогеометрией).

При выполнении рабочих чертежей деталей задают не только размеры элементов, но и предельные отклонения по всем четырем параметрам геометрической точности.

9.1.2 Предельные отклонения размеров

1. Для всех размеров, нанесенных на чертежах, указываются предельные отклонения.

Допускается не указывать предельные отклонения на размерах, определяющих зоны одной и той же поверхности с различной шероховатостью, термообработкой и т. п. В этих случаях у размеров ставится знак  $\approx$  (например  $\approx 35$ ). Также допускается не указывать предельные отклонения справочных размеров (справочные размеры обычно обозначаются знаком \* с указанием в технических требованиях чертежа).

2. Предельные отклонения сопряженных размеров должны соответствовать посадкам, указанным на сборочных чертежах. Их наносят на чертежи одним из трех способов, установленных ГОСТ 25346:

- условными обозначениями полей допусков –  $52h8; 28P7$ ;
- числовыми значениями предельных отклонений –  $52_{-0,046}; 28_{-0,035}^{-0,014}$ ;
- условными обозначениями полей допусков с указаниями в скобках числовых значений предельных отклонений –  $52h8(-0,046); 28P7(-0,035)^{-0,014}$ .

3. Предельные отклонения свободных размеров назначаются, как правило, по квалитетам от 12-го и грубее и оговариваются общей записью в технических требованиях, например:

$$\langle 1 H14, h14, \pm \frac{IT14}{2} \rangle,$$

которая означает, что отверстия должны быть выполнены по  $H14$ , валы – по  $h14$ , а элементы, не относящиеся к отверстиям и валам, – с симметричными предельными отклонениями  $\pm \frac{IT14}{2}$ .

Предельные отклонения радиусов закругления, фасок и углов не оговариваются отдельно. При необходимости их числовые значения определяются по таблицам ГОСТ 25670 в зависимости от квалитета или класса, указанного в общей записи.

9.1.3 Допуски формы и расположения

Виды допусков, их обозначение и изображение на чертежах приведены в разделе 3 пособия. Числовые значения допусков в зависимости от степени точности даны в приложении.

Выбор допусков зависит от конструктивных и технологических требований к элементам деталей, и производится по следующим правилам.

1. Непосредственно на чертежах должны указываться лишь те допуски формы и расположения, которые по конструктивным или техническим причинам должны быть меньше, а в отдельных случаях – больше, чем неуказанные.

2. Все допуски формы и расположения подразделяются на две группы:

- а) ограничиваемые полем допуска размера;

б) непосредственно не ограничиваемые полем допуска размера.

К первой группе относятся допуски цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения, плоскостности, прямолинейности и параллельности. На допуски первой группы распространяется правило о том, что если допуски формы и расположения не указаны, то они должны быть ограничены полем допуска размера.

Отклонения формы и расположения второй группы не входят составной частью в погрешность размера соответствующих элементов и не выявляются при контроле размера. Поэтому эти отклонения должны быть ограничены отдельными допусками.

Таблица 9.1 – Группы допусков формы и расположения

Допуск	Знак
<b>Допуски первой группы</b> (если допуски формы и расположения не указаны, то они ограничены полем допуска размера)	
Прямолинейности	—
Плоскостности	
Круглости	
Цилиндричности	
Профиля продольного сечения	
Параллельности	//
<b>Допуски второй группы</b> (отклонения должны быть ограничены отдельными допусками)	
Перпендикулярности	
Наклона	
Соосности	
Симметричности	
Позиционный	
Пересечения осей	×
Радиального и торцового биения; биения в заданном направлении	

3. Допуски формы и расположения поверхностей указываются на чертежах в соответствии с ГОСТ 2.308 условными обозначениями или в технических требованиях текстом. Применение условных обозначений предпочтительнее.

4. При условном обозначении предельные отклонения формы и расположения поверхностей указывают в прямоугольной рамке.

5. Для отдельных видов допусков формы и расположения поверхностей числовые значения предпочтительнее устанавливать в соответствии со степенями точности (таблицы А7, А8).

## 9.2 Шероховатость поверхности деталей машин

Параметры шероховатости поверхности, их нормирование, обозначение и изображение на чертежах рассмотрены в разделе 4 «Шероховатость поверхности». Числовые значения параметров шероховатости приведены в приложении.



### 9.3 Технические требования на чертежах деталей машин

Текстовую часть технических требований располагают на поле чертежа над основной надписью в следующем порядке.

1. Требования, предъявляемые к материалу, заготовке, термической обработке, указание материалов-заменителей.

Если всю деталь подвергают одному виду термической обработки, то в технических требованиях делают запись: *52...62HRC; 182...233 HB; Цементировать h 0,6... 1,1 мм.*

2. Размеры, предельные отклонения размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, массы, формовочные и штамповочные радиусы, уклоны и т.п.

3. Предельные отклонения размеров, формы и расположения поверхностей, дисбаланс.

4. Требования к качеству поверхности (шероховатость, отделка, покрытия).

5. Зазоры, расположения отдельных элементов конструкции.

6. Требования к настройке и регулировке приборов.

7. Другие требования к изделию (бесшумность, виброустойчивость и т.д.).

8. Условия и методы испытаний.

9. Указания о маркировке.

10. Правила транспортировки и хранения.

11. Особые условия эксплуатации.

12. Ссылки на другие документы, содержащие технические требования, не приведенные в данном чертеже.

### 9.4 Валы

На чертежах валов, валов – шестерен и червяков для облегчения выполнения и чтения чертежа рекомендуется располагать:

– осевые линейные размеры – под изображением детали;

– условные обозначения базовых осей – под изображением детали;

– условные обозначения допусков формы и расположения поверхностей – над изображением детали:

– линии-выноски с обозначением элементов – над изображением детали;

– условные обозначения шероховатости поверхности – на верхних частях изображения детали.

*Дополнительные виды и изображения, таблицы необходимо размещать снизу и слева от основного вида.*

#### 9.4.1 Простановка осевых размеров

Принципы простановки размеров на рабочих чертежах деталей следующие:

1. *Сопряженные и цепные размеры берут из сборочного чертежа*, и проставляют на рабочих чертежах деталей.

2. *Свободные размеры* проставляют с учетом последовательности их получения при формообразовании деталей и удобства контроля.

3. Количество размеров на чертеже должно быть достаточным для изготовления и контроля деталей.

4. Каждый размер следует приводить на чертеже лишь один раз.

5. *Цепь размеров на чертеже детали не должна быть замкнута.* Замыкающий размер получается автоматически при формообразовании детали. В этом размере накапливаются погрешности изготовления детали по составляющим размерам. Поэтому *в качестве замыкающего выбирают наименее ответственный размер детали.*

6. Проставлять размеры надо так, чтобы наиболее точный размер имел наименьшую накопленную ошибку при изготовлении детали.

7. На чертежах деталей, представляющих собой тела вращения, *осевые размеры* рекомендуется располагать под изображением детали.

8. Размеры, относящиеся к одному конструктивному элементу, следует группировать в одном месте, например, размеры канавок для выхода шлифовального круга.

9. При наличии у деталей *фасок или канавок для выхода инструмента* размеры следует проставлять до буртиков или до торцов детали, так как эти элементы, как правило, обрабатываются после получения основных поверхностей.

В единичном и мелкосерийном производствах обработку вала обычно производят на токарном универсальном станке с двух сторон. На рисунке 9.1 а показан вал с размерами, отвечающими данной технологии.

При применении станков с ЧПУ рекомендуется цепной метод простановки размеров, так как подобные станки, как правило, обрабатывают деталь по контуру одним резцом (рисунок 9.1 б).

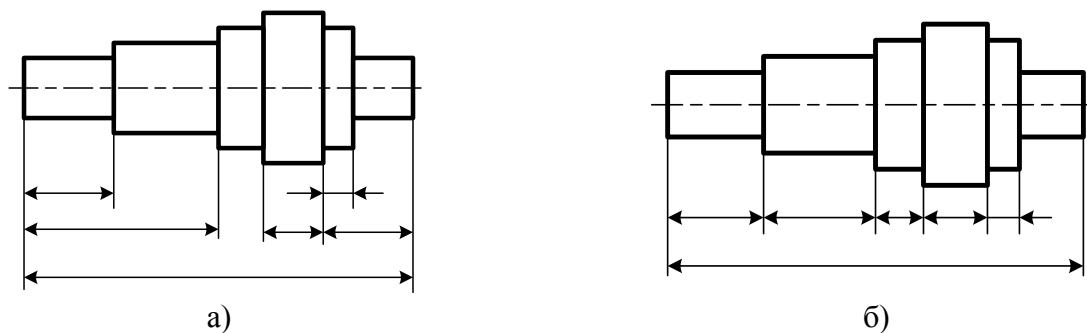


Рисунок 9.1 – Варианты простановки осевых размеров вала

#### 9.4.2 Назначение допусков формы и расположения поверхности на валах (рисунок 9.2)

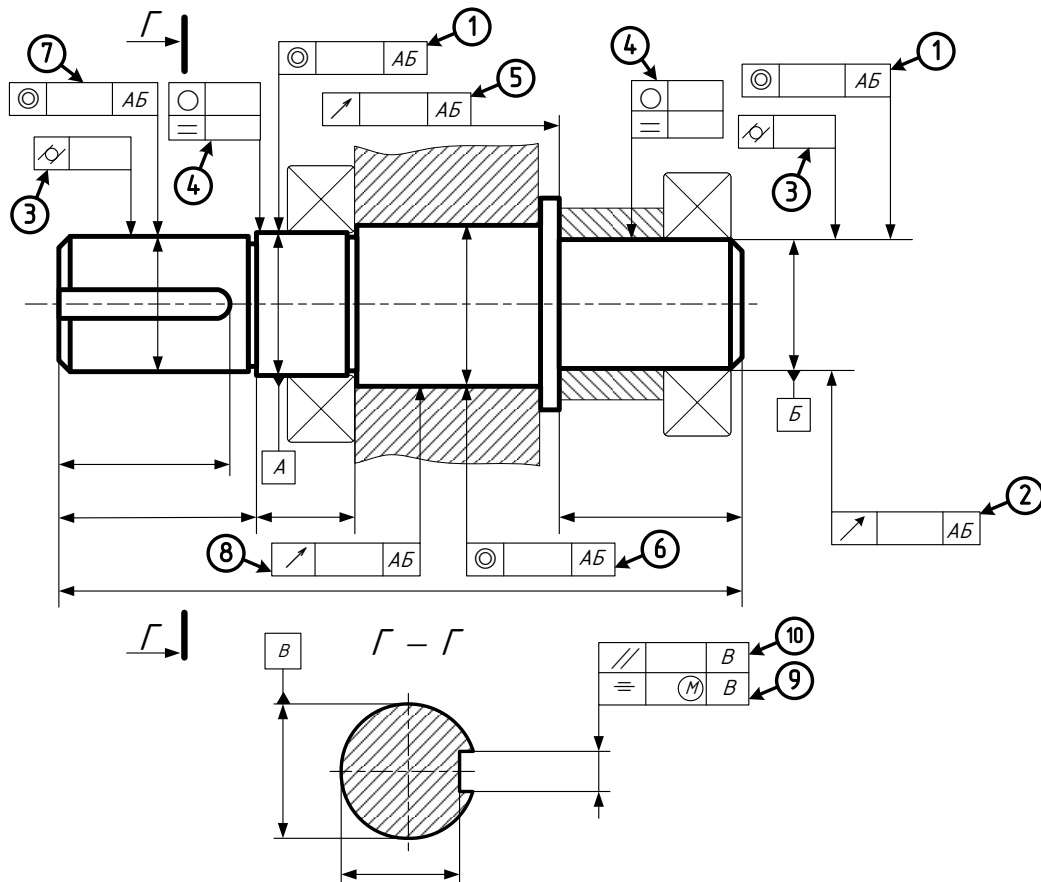


Рисунок 9.2 – Назначение допусков на вал

9.4.2.1 При выборе допусков формы и расположения на деталях типа валов все требования можно разделить на три группы.

**Группа 1** связана с *установкой подшипников качения* – наиболее ответственных, точных и сложных изделий либо с созданием необходимых условий для работы подшипников скольжения.

**Группа 2** – это группа требований, которые связаны с обеспечением точности *зацеплений в зубчатых и червячных передачах*.

**Группа 3** – группа требований, ограничивающих *неуравновешенность деталей*.

При назначении допусков взаимного расположения различных элементов вала прежде всего необходимо выбрать базы, относительно которых они будут задаваться. В качестве баз следует всегда стремиться выбирать **конструкторские базы**, то есть те поверхности, которые определяют положение вала в механизме.

При проектировании изделий, планируемых к массовому или крупносерийному производству, а также каких-либо точных приспособлений, назначение *всех групп* требований к валам требует тщательной проработки и расчета всех значений отклонений.

В иных случаях для требований *1-ой группы* достаточно придерживаться требований, рассмотренных в разделе 6 и приложении А. При этом необходимо учитывать следующие рекомендации (рисунок 9.2):

1. *Вместо соосности* на шейки вала (таблица 9.2) под подшипники (**позиция 1**) *допускается назначать допуск радиального биения* (таблица А7) посадочных мест относительно тех же баз (**позиция 2**), так как контроль данного параметра осуществляется значительно проще, чем измерение соосности.

Следует помнить, что радиальное биение включает в себя и погрешность формы (отклонение от круглости), поэтому допуск отклонения от круглости не должен быть больше биения, в противном случае этот допуск формы следует ужесточить.

Таблица 9.2 – Допуски соосности посадочных поверхностей колец подшипников по ГОСТ 3325-85

Тип подшипника	Допуски соосности посадочных поверхностей длиной В = 10 мм в диаметральном выражении, мкм	
	вала	корпуса
Радиальный однорядный шариковый (при радиальном нагружении) с радиальным зазором:		
– нормальным	4,0	8,0
– по 7-му ряду	6,0	12,0
– по 8-му ряду	8,0	16,0
Конический с роликами:		
– без модифицированного контакта	1,0	2,0
– с небольшим модифицированным контактом	2,0	4,0
<b>Примечание</b> – При длине посадочного места В, отличающегося от 10 мм, табличные значения допусков соосности следует умножить на 0,1В.		

2. Отклонение от цилиндричности (**позиция 3**) является комплексным показателем и в настоящее время не существует простых и доступных средств измерения, позволяющих в чистом виде измерять эту величину (таблица А7). Реально это измерение будет осуществляться методом сечений перпендикулярно оси детали и продольно ее оси. Таким образом, будет измеряться отклонение от круглости и отклонение профиля продольного сечения (**позиция 4**). Последние два показателя заменяют отклонение от цилиндричности.

Поэтому на чертежах целесообразно задавать не допуск цилиндричности (**позиция 3**), а допуск круглости и допуск профиля продольного сечения (**позиция 4**). Это также указано в ГОСТ 3325 для посадочных поверхностей валов и отверстий, сопрягаемых с подшипниками качения (таблица 6.10).

При выборе допуска торцевого биения (**позиция 5**) (рисунок 9.2) или перпендикулярности (*группа 2*) следует рассматривать четыре случая сопряжения зубчатого колеса с валом.

а) зубчатое колесо сопрягается с валом по одной из рекомендуемых посадок с натягом  $H7/p6$ ;  $H7/r6$ ;  $H7/s6$  и имеет длинную ступицу ( $\frac{l_{\text{ступицы}}}{d} \geq 0,8$ ). Положение зубчатого колеса

относительно вала полностью определяется его сопряжением по цилиндрической поверхности. В этом случае требования точности к торцу буртика вала не предъявляются;

б) зубчатое колесо сопрягается с валом по одной из рекомендуемых посадок с натягом, но имеет короткую ступицу ( $\frac{l_{\text{ступицы}}}{d} < 0,8$ ). В этом случае допуск перпендикулярности на

диаметре бурта назначают по таблице 9.3 в зависимости от степени точности по нормам контакта зубчатого колеса.

Таблица 9.3 – Допуск перпендикулярности бурта вала при сопряжении с зубчатым колесом

Степень точности по таблице А7 (допуск перпендикулярности)	Степень точности по нормам контакта зубчатого колеса
5	6
6	7, 8
7	9

в) зубчатое колесо сопрягается с валом по переходной посадке. Допуск перпендикулярности на диаметре бурта назначают по таблице А7 в зависимости от степени точности по нормам контакта зубчатого колеса, как и в случае б).

д) зубчатое колесо свободно вращается на валу. Буртик вала не является базовым, а биение на него назначается из условия минимально допустимого торцевого зазора, необходимого для свободного вращения колеса.

В случае упора в торец подшипника качения допуск торцевого биения назначается по таблице 6.11.

Допуск соосности посадочной поверхности относительно общей оси вала для зубчатого колеса (**позиция 6**) (рисунок 9.2) назначают по таблице 9.4 в зависимости от степени кинематической точности зубчатого колеса.

Таблица 9.4 – Допуск соосности посадочной поверхности относительно общей оси вала при сопряжении с зубчатым колесом

Степень точности по таблице А7 (допуск соосности)	Степень кинематической точности зубчатого колеса
5	6
6	7, 8
7	9

Допуск соосности посадочной поверхности относительно общей оси вала для шкивов, звездочек и т.п. (**позиция 7**) (рисунок 9.2) назначают по таблице А7.



**Допуск радиального биения (позиция 8)** (рисунок 9.2) для ограничения возможного дисбаланса как самого вала, так и вала в сборе с деталью (группа 3), принимают по таблице 9.5 в зависимости от частоты вращения вала.

Таблица 9.5 – Допуск радиального биения посадочных шеек вала для ограничения возможного дисбаланса

Частота вращения вала, мин <sup>-1</sup>	до 600	св. 600 до 1000	св.1000 до 1500	св. 1500 до 3000
Допуск радиального биения посадочных шеек вала, мм	0,030	0,020	0,012	0,006

**Допуск радиального биения** поверхности вала под манжетное уплотнение задают с целью предотвращения значительной амплитуды колебаний рабочей кромки манжеты, вызывающих усталостные разрушения резины. Допуск принимается по таблице 9.6.

Таблица 9.6 – Допуск радиального биения поверхности вала под манжетное уплотнение

Частота вращения вала, мин <sup>-1</sup>	до 1000	св. 1000 до 1500	св. 1500 до 3000
Допуск радиального биения шеек вала под манжетное уплотнение, мм	0,04	0,03	0,02

**Допуск симметричности боковых сторон шлицев** в диаметральном выражении по отношению к оси симметрии центрирующего элемента приведены в таблице 9.7.

Таблица 9.7 – Допуск симметричности боковых сторон шлицев

Ширина шлица $b$ , мм	2,5; 3	3,5; 4; 5; 6	7; 8; 9; 10	12; 14; 16; 18
Допуск симметричности, мм	0,01	0,012	0,015	0,018

**Допуск симметричности расположения шпоночных пазов (позиция 9)** (рисунок 9.2) рекомендуется назначать по таблице 9.8. Рекомендации в равной степени относятся к шпоночным пазам, расположенным как на валах, так и в отверстиях. При назначении допуска расположения шпоночного паза рекомендуется учитывать характер производства и конкретные технологические возможности. Отклонение от параллельности боковых сторон пазов (позиция 10) рекомендуется принимать примерно  $0,5T_{ш}$  ( $T_{ш}$  – допуск на ширину шпонки).

Таблица 9.8 – Назначение допуска расположения шпоночного паза

Вид допуска взаимного расположения шпоночного паза и его рекомендуемое значение	Характеристика технического требования	Рекомендации по применению
<p>Допуск симметричности, зависимый, принимается равным нулю.</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обеспечивается сравнительно высокая равномерность контакта рабочих поверхностей шпонки и паза.</li> <li>2. Обеспечивается заданная посадка.</li> <li>3. Подгонка при сборке исключается.</li> <li>4. Технология изготовления более сложная.</li> <li>5. Необходимость контроля комплексными калибрами.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В серийном и массовом производстве.</li> <li>2. Для направляющих шпонок.</li> </ol>
<p>Для одной шпонки: допуск симметричности – <math>2Tш</math>; допуск параллельности – <math>0,5Tш</math>. Для двух шпонок: допуск симметричности – <math>0,5Tш</math>; допуск параллельности – <math>0,5Tш</math>, где <math>Tш</math> – пуск на ширину паза.</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обеспечивается более низкая равномерность контакта рабочих поверхностей шпонки и паза.</li> <li>2. Характер посадки нарушается.</li> <li>3. В отдельных случаях требуется подгонка при сборке.</li> <li>4. Технология изготовления значительно проще.</li> <li>5. Нет необходимости в применении специальных калибров.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В единичном производстве.</li> <li>2. В серийном производстве при неподвижном соединении и поле допуска на ширину паза втулки <math>D10</math>.</li> </ol>

### 9.4.3 Назначение параметров шероховатости поверхности

#### 9.4.3.1 Шероховатость посадочных поверхностей под подшипники качения

Величина шероховатости посадочных поверхностей под подшипники качения определяется согласно таблицы 6.9.

#### 9.4.3.2 Шероховатость поверхностей илицевых соединений.

Значение параметра шероховатости следует выбирать по таблице 4.2.

#### 9.4.3.3 Шероховатость посадочной поверхности под зубчатое колесо.

В соответствии с указаниями в разделе 4 «Шероховатость поверхности» выбирается наименьшее значение из выражений, определенных по таблице 4.2.

#### 9.4.3.4 Шероховатость поверхности под манжетное уплотнение

Значение параметра шероховатости следует выбирать по таблице 4.2.

#### 9.4.3.5 Шероховатость поверхностей в шпоночном соединении.

Значение параметра шероховатости следует выбирать по таблице 7.5.

## 9.5 Крышки подшипников

### 9.5.1 Простановка размеров

На чертежах крышек подшипников наносятся осевые и диаметральные размеры, учитывая рекомендации п. 9.1, затем проставляются остальные размеры, исходя из конструктивных особенностей крышки и технологии ее изготовления.

9.5.2 Назначение допусков формы, расположения и шероховатости поверхности (рисунок 9.3)

9.5.2.1 Общие требования при назначении допусков формы и расположения изложены в разделе 3, а шероховатости поверхностей – в разделе 4.

При назначении допусков взаимного расположения различных элементов крышки, прежде всего, *необходимо выбрать базы*, относительно которых они будут задаваться. В качестве баз следует всегда стремиться выбирать конструкторские базы, то есть те элементы детали, которые определяют положение ее в механизме и лишают деталь наибольшего числа степеней свободы.

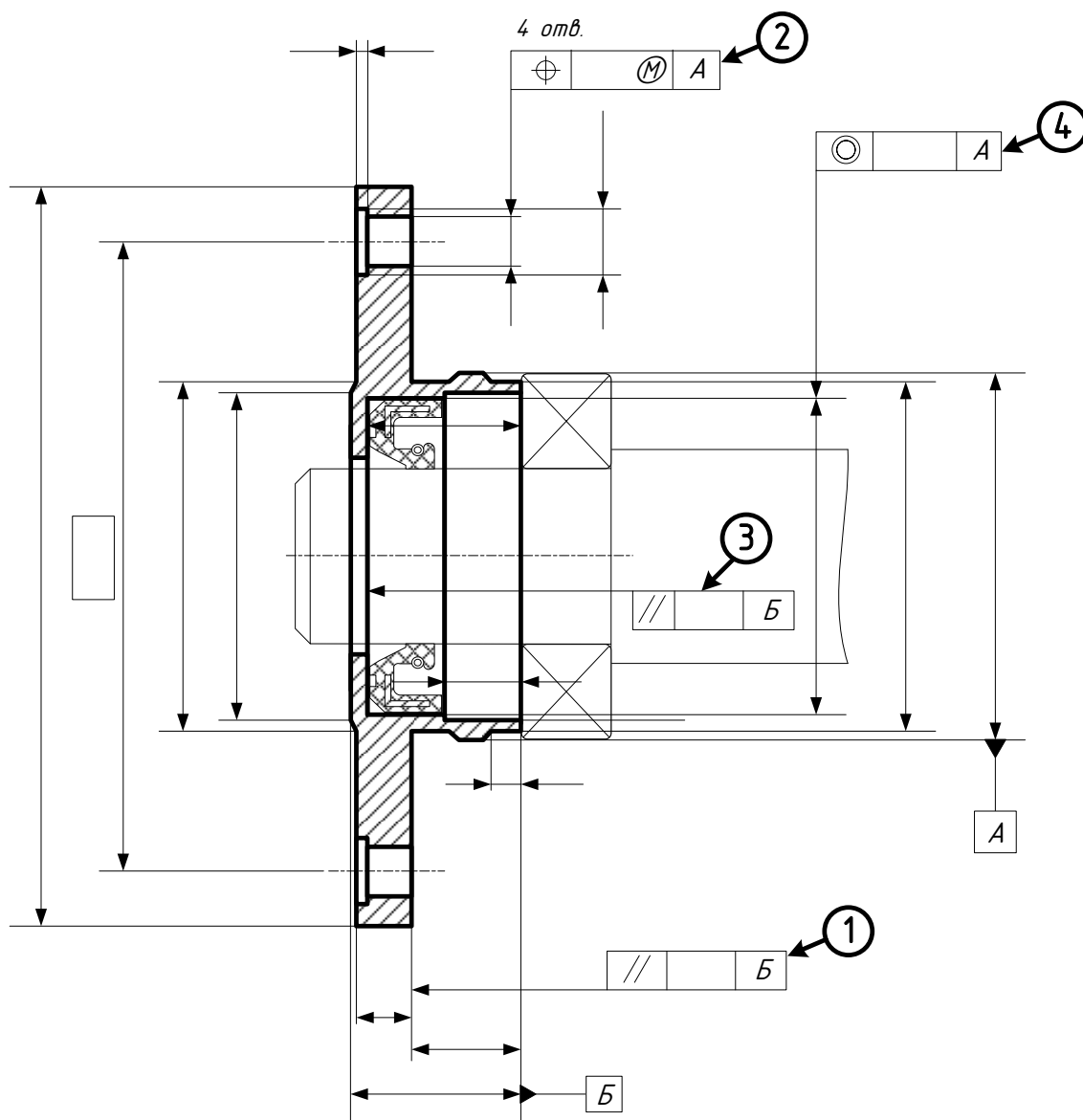


Рисунок 9.3 – Назначение допусков на крышки подшипников

9.5.2.2 Допуск параллельности торцов крышек подшипников (**позиция 1**) (рисунок 9.3) принимается по таблице 9.9 по максимальному диаметру нормируемых поверхностей.  
Таблица 9.9 – Допуск параллельности торцов крышек подшипников

Степень точности по таблице А7 (допуск параллельности)	Подшипники
10	Шариковые радиальные или радиально-упорные
9	Роликовые с короткими цилиндрическими роликами
8	Конические роликовые

Примечание – Если торец крышки не является базой для подшипника, то требование по параллельности к нему не предъявляют.

9.5.2.2 Позиционный допуск на *отверстия под крепежные детали у крышек подшипников (позиция 2)* (рисунок 9.3)

Допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей назначают в зависимости от типа соединения крепежными деталями, зазора для прохода крепежных деталей и коэффициента использования этого зазора для компенсации отклонений расположения осей. Соединения крепежными деталями подразделяются на типы А и Б (рисунок 9.4). Тип А – зазоры для прохода крепежных деталей предусмотрены в обеих соединяемых деталях (соединения болтами, заклепками и т. п.). Тип Б – зазоры для прохода крепежных деталей предусмотрены лишь в одной из соединяемых деталей. К типу Б относятся (соединения винтами, шпильками и т. п.).

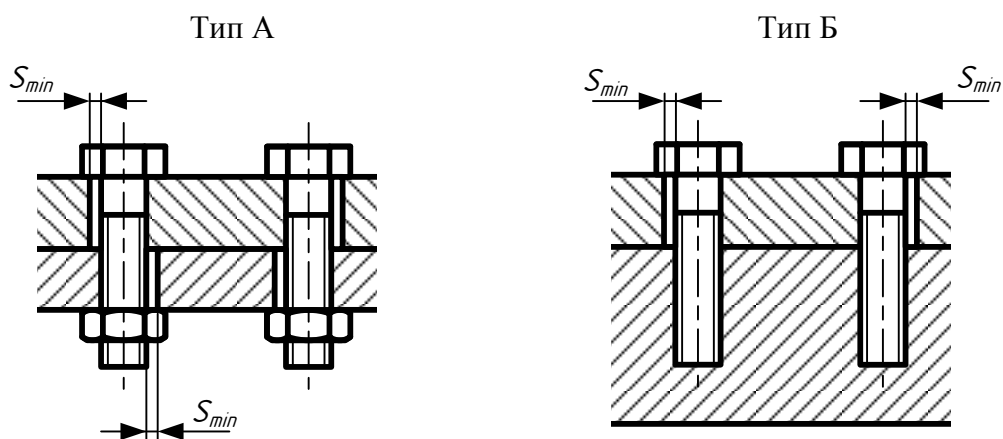


Рисунок 9.4 – Типы соединений крепежными деталями

Числовые значения позиционных допусков осей отверстий в диаметральном выражении  $T$  для соединений типа А и Б приведены в таблице 9.10.

Для получения позиционных допусков в радиусном выражении  $T/2$  числовые значения в таблице 9.9 должны быть уменьшены вдвое.

Позиционные допуски предпочтительней назначать в диаметральном выражении.

Позиционные допуски осей отверстий, приведенные в таблице 9.9, установлены одинаковыми для обеих соединяемых деталей и определены по формулам:

– для соединений типа А

$$T = KS_{min}; \quad (9.1)$$

– для соединений типа В

$$T = 0,5KS_{min}; \quad (9.2)$$

$$S_{min} = D_{min} - d_{max}, \quad (9.3)$$

где  $S_{min}$  – наименьший зазор между сквозным гладким отверстием и крепежной деталью;

$D_{min}$  – наименьший предельный диаметр сквозного отверстия;

$d_{max}$  – наибольший предельный диаметр стержня крепежной детали;

$K$  – коэффициент использования зазора  $S_{min}$ , зависящий от условий сборки.

Рекомендуется принимать:

1)  $K = 1$  или  $K = 0,8$  – для соединений, не требующих регулировки взаимного расположения деталей;

2)  $K = 0,8$  или  $K = 0,6$  – для соединений, в которых необходима регулировка взаимного расположения деталей.

Допуск рекомендуется назначать зависимым, то есть таким, который можно превышать за счет изменения размеров сопрягаемых деталей в пределах их полей допусков.

Таблица 9.10 – Позиционные допуски осей отверстий для крепежных деталей

Позиционные допуски $T$ осей отверстий для соединений типа А, мм				Позиционные допуски $T$ осей отверстий для соединений типа В, мм			
Зазор $S_{min}$ для прохода крепежной детали	При коэффициенте использования зазора			Зазор $S_{min}$ для прохода крепежной детали	При коэффициенте использования зазора		
	$K = 1$	$K = 0,8$	$K = 1$		$K = 0,6$	$K = 0,8$	$K = 1$
0,1	0,1	0,08	0,06	0,1	0,05	0,04	0,03
0,2	0,2	0,16	0,12	0,2	0,1	0,08	0,06
0,3	0,3	0,25	0,16	0,3	0,16	0,12	0,1
0,4	0,4	0,3	0,25	0,4	0,2	0,16	0,12
0,5	0,5	0,4	0,3	0,5	0,25	0,2	0,16
0,6	0,6	0,5	0,4	0,6	0,3	0,25	0,2
0,8	0,8	0,6	0,5	0,8	0,4	0,3	0,25
1	1	0,8	0,6	1	0,5	0,4	0,3
2	2	1,6	1,2	2	1	0,8	0,6
3	3	2,5	1,6	3	1,6	1,2	1
4	4	3	2,5	4	2	1,6	1,2
5	5	4	3	5	2,5	2	1,6
6	6	5	4	6	3	2,5	2
7	6	6	4	7	3	3	2
8	8	6	5	8	4	3	2,5
10	10	8	6	10	5	4	3
11	10	8	6	11	5	4	3
12	12	10	8	12	6	5	4
14	12	10	8	14	6	5	4
15	16	12	10	15	8	6	5

9.5.2.3 Допуск параллельности торца для базирования манжеты торцу фланца крышек подшипников (**позиция 3**) (рисунок 9.3)

Допуск параллельности задается на максимальном диаметре манжеты примерно равным допуску по ИТ9.

9.5.2.4 Допуск несоосности посадочной поверхности для манжеты в крышке подшипника (**позиция 4**) (рисунок 9.3)

Допуск *несоосности* задается на максимальном диаметре манжеты примерно равным допуску по ИТ6.

#### 9.5.2.5 Назначение шероховатости поверхностей крышек подшипников

Шероховатость посадочных поверхностей рекомендуется принимать по таблице А14.

### 9.6 Стаканы

Деталь «**Стакан**» представляет собой втулку, устанавливаемую в корпус изделия и служащую:

- а) для радиальной фиксации подшипника;
- б) для радиальной и осевой фиксации подшипника;
- в) для радиальной и осевой фиксации пары подшипников.

#### 9.6.1 Простановка размеров

На чертежах стаканов наносятся осевые и диаметральные размеры, учитывая рекомендации п. 9.1, затем проставляются остальные размеры, исходя из конструктивных особенностей крышки и технологии ее изготовления.

9.6.2 Назначение допусков формы, расположения и шероховатости поверхности (рисунок 9.5)

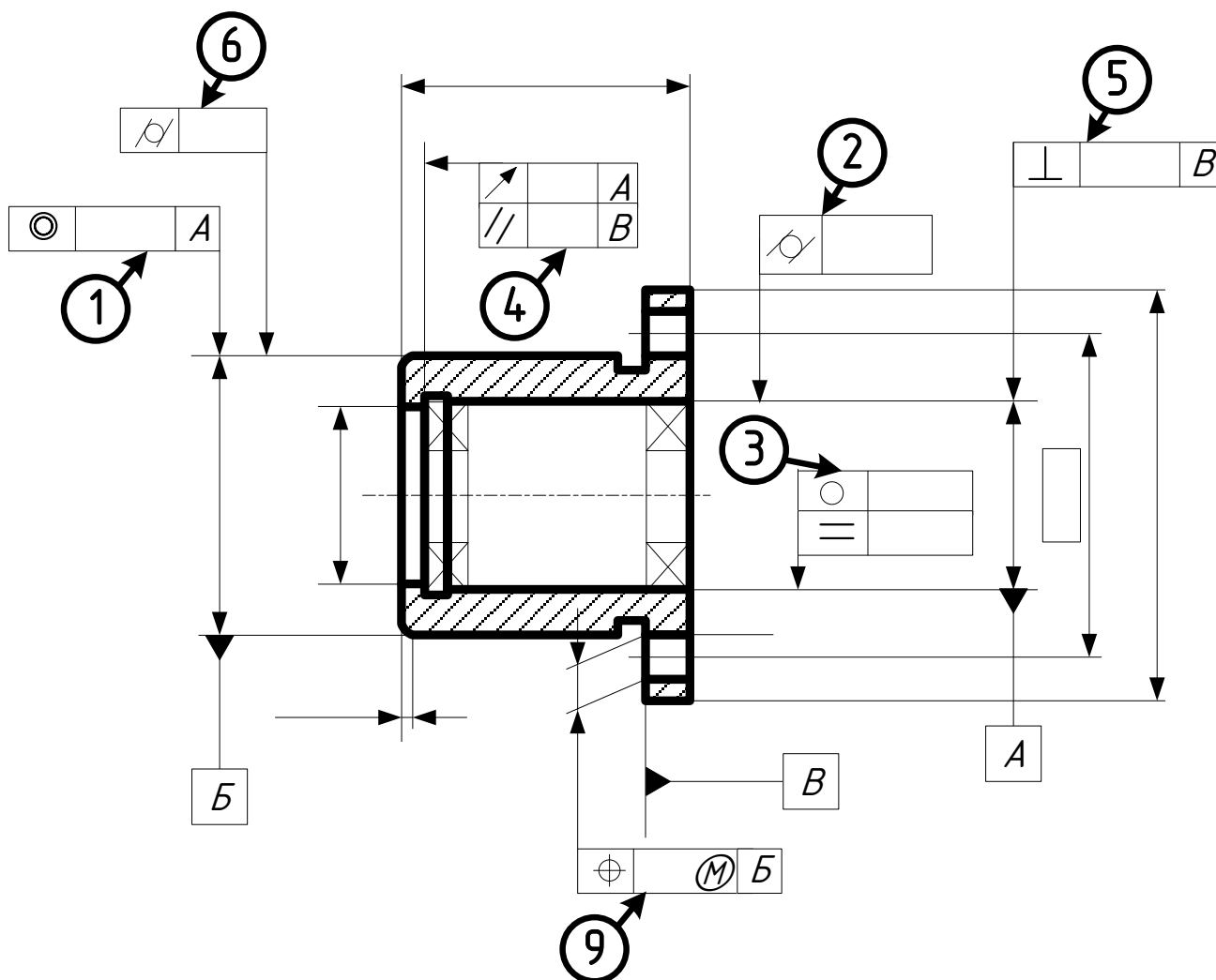


Рисунок 9.5 – Назначение допусков на стаканы

9.6.2.1 Положение стакана в радиальном направлении определяет его цилиндрическая поверхность, сопрягаемая с корпусом механизма, а в осевом – его фланец. В связи с тем, что длина посадочного диаметра стакана небольшая ( $l/d < 0,8$ ) и он сопрягается с корпусом по переходной посадке, основной конструкторской базой, лишаящей деталь наибольшего числа степеней свободы, является торец фланца. Поэтому в качестве баз при назначении допусков расположения используются цилиндрическая поверхность и торец фланца стакана.

9.6.2.2 Допуск *соосности посадочного отверстия для подшипника с внешней цилиндрической поверхностью (позиция 1)* (рисунок 9.5)

Допуск соосности посадочного отверстия зависит от конструкции сборочной единицы.

Если подшипники, устанавливаемые в стакане, являются опорой вала, на котором закреплено зубчатое колесо, то допуск соосности принимают равным

$$\Delta = \frac{l}{3} |f_a| \frac{l}{l_1}, \quad (9.4)$$

Или

$$\Delta_l = \frac{l}{3} |f_y| \frac{l}{l_1}, \quad (9.5)$$

где  $f_a$  – предельные отклонения межосевого расстояния между осями вращения валов;

$f_y$  – нормы контакта зубьев в передаче;

$l, l_1$  – расстояния, определяющие расположение зубчатого колеса относительно опор.

Выбирается наименьшее значение из  $\Delta$  или  $\Delta_l$ .

В некоторых случаях необходимо произвести расчет возможного перекоса валов в корпусе и определить допуск соосности по результатам данного расчета.

В случае, если неизвестны какие-либо данные для расчета, отклонение от соосности в диаметральном выражении рекомендуется принимать в пределах  $\approx 0,6TD$ , где  $TD$  – допуск размера посадочного отверстия для подшипников.

9.6.2.3 Допуск *цилиндричности посадочного отверстия для подшипников качения (позиция 2)* равен примерно  $\approx 0,3TD$ , где  $TD$  – допуск размера посадочного отверстия для подшипников.

Отклонение от цилиндричности заменяют отклонением от круглости и отклонением профиля продольного сечения (*позиция 3*). Поэтому на чертежах целесообразно задавать не допуск цилиндричности (*позиция 2*), а допуск круглости и допуск профиля продольного сечения (*позиция 3*). Это также регламентировано в ГОСТ 3325 для посадочных поверхностей валов и отверстий, сопрягаемых с подшипниками качения (таблица 6.10).

9.6.2.4 Допуск *соосности посадочных отверстий для подшипников относительно их общей оси* (в случае размещения двух подшипников в стакане с разделительным буртом).

Допуск соосности на диаметре посадочного отверстия  $D$  задают примерно равным  $IT4$ .

9.6.2.5 Допуск *параллельности торцов для упора колец подшипников к базовому торцу фланца (позиция 4)*. Допуск параллельности принимается по таблице 9.11 по максимальному диаметру торца.

Таблица 9.11 – Допуск параллельности торцов для упора колец подшипников

Степень точности по таблице А7 (допуск параллельности)	Подшипники
7	Шариковые радиальные или радиально-упорные
6	Конические роликовые

9.6.2.6 Допуск перпендикулярности оси посадочного отверстия базовому торцу фланца (**позиция 5**). Допуск перпендикулярности принимается по таблице 9.12 по максимальному диаметру торца.

Таблица 9.12 – Допуск перпендикулярности оси посадочного отверстия

Степень точности по таблице А7 (допуск перпендикулярности)	Подшипники
7	Шариковые радиальные или радиально-упорные
6	Конические роликовые

9.6.2.7 Допуск цилиндричности внешнего цилиндра (**позиция 6**). Допуск цилиндричности принимается в пределах  $\approx 0,4TD_1$ , где  $TD_1$  – допуск размера внешнего цилиндра.

9.6.2.8 Позиционный допуск на отверстия под крепежные детали у стаканов (**позиция 7**)

Числовые значения позиционных допусков осей отверстий в диаметральном выражении  $T$  приведены в таблице 9.10 (см. п. 9.5.2.2).

9.6.2.9 Назначение шероховатости поверхностей стаканов

Шероховатость посадочных поверхностей рекомендуется принимать по таблице 4.2.

Пример назначения допусков в чертежах деталей машин приведен в разделе 10.





## 10 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ

### 10.1 Размерный анализ посадок

#### Задание.

Для гладкого цилиндрического соединения с размерами  $\varnothing 40 \frac{H7}{f7}$ ,  $\varnothing 40 \frac{N7}{h6}$ ,  $\varnothing 40 \frac{T7}{h6}$  (рисунок 10.1) требуется:

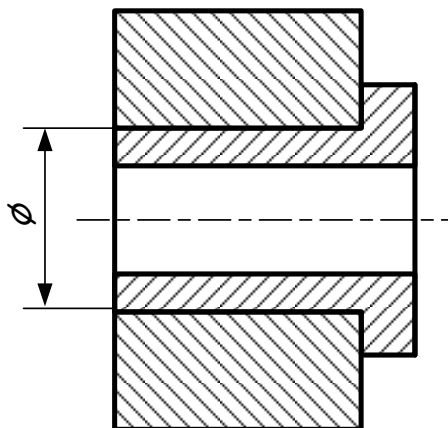


Рисунок 10.1 – Эскиз гладкого цилиндрического соединения

1. Определить отклонения и допуски на размеры отверстия и вала (для каждого из трех заданных соединений).
2. Определить допуск посадки и указать систему посадки.
3. Определить допуски формы для отверстия и вала.
4. Определить шероховатость поверхностей для отверстия и вала.
5. Определить вид обработки отверстия и вала.
6. Представить на чертеже:
  - а) эскиз соединения для первой посадки с обозначением посадки;
  - б) эскизы деталей для первой посадки с обозначением размеров, допусков формы и параметров шероховатости в соответствии с требованиями ЕСКД и ЕСДП.

#### Решение.

##### 10.1.1 Расчет посадки $\varnothing 40 \frac{H7}{f7}$

Посадка задана в системе отверстия и является посадкой с нормальным зазором.

10.1.1.1 Определим предельные отклонения. По таблице А2 для отверстия  $\varnothing 40H7$  находим: верхнее отклонение  $ES = +25$  мкм, нижнее отклонение  $EI = 0$  мкм. Следовательно, размер отверстия будет  $\varnothing 40H7(^{+0,025})$ . Основное отклонение  $E_0 = 0$  мкм. Среднее отклонение равно

$$E_c = \frac{ES + EI}{2}. \quad (1.1)$$

После подстановки значений, получим

$$E_c = \frac{25+0}{2} = +12,5 \text{ мкм.}$$

10.1.1.2 Определяем предельные размеры отверстия

$$D_{\max} = D + ES, \quad (1.2)$$

$$D_{\min} = D + EI, \quad (1.3)$$

где  $D$  – номинальный размер отверстия.

После подстановки значений, получим

$$D_{\max} = 40 + 0,025 = 40,025 \text{ мм,}$$

$$D_{\min} = 40 + 0 = 40 \text{ мм.}$$

10.1.1.3 Определяем допуск размера отверстия

$$TD = ES - EI, \quad (1.4)$$

После подстановки значений, получим

$$TD = 25 - 0 = 25 \text{ мкм.}$$

10.1.1.4 Аналогично, для вала  $\varnothing 40f7$  по таблице А3 находим верхнее отклонение  $es = -25$  мкм, нижнее отклонение  $ei = -50$  мкм. Тогда размер вала будет  $\varnothing 40f7 \begin{pmatrix} -0,025 \\ -0,050 \end{pmatrix}$ . Основное отклонение  $e_0 = -25$  мкм. Среднее отклонение равно

$$e_c = \frac{es + ei}{2}, \quad (1.5)$$

После подстановки значений, получим

$$e_c = \frac{-25 - 50}{2} = -37,5 \text{ мкм}$$

10.1.1.5 Определяем предельные размеры вала

$$d_{\max} = d + es, \quad (1.6)$$

$$d_{\min} = d + ei, \quad (1.7)$$

где  $d$  – номинальный размер вала.

После подстановки значений, получим

$$d_{\max} = 40 - 0,025 = 39,975 \text{ мм.}$$

$$d_{\min} = 40 - 0,050 = 39,950 \text{ мм.}$$

#### 10.1.1.6 Определяем допуск размера вала

$$T_d = e_s - e_i, \quad (1.8)$$

После подстановки значений, получим

$$T_d = -25 - (-50) = 25 \text{ мкм.}$$

#### 10.1.1.7 Определяем предельные и средние значения зазоров.

Наибольший зазор

$$S_{\max} = ES - ei, \quad (1.9)$$

После подстановки значений, получим

$$S_{\max} = +25 - (-50) = 75 \text{ мкм.}$$

Наименьший зазор

$$S_{\min} = EI - es, \quad (1.10)$$

После подстановки значений, получим

$$S_{\min} = 0 - (-25) = 25 \text{ мкм.}$$

Средний зазор

$$S_c = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2}, \quad (1.11)$$

После подстановки значений, получим

$$S_c = \frac{75 + 25}{2} = 50 \text{ мкм.}$$

#### 10.1.1.8 Определяем допуск посадки

$$TS = S_{\max} - S_{\min}, \quad (1.12)$$

После подстановки значений, получим

$$TS = 75 - 25 = 50 \text{ мкм}$$

или

$$TS = TD + T_d, \quad (1.13)$$

После подстановки значений, получим

$$TS = 25 + 25 = 50 \text{ мкм.}$$

Схемы расположения полей допусков приведены на рисунке 10.2 и чертеже.

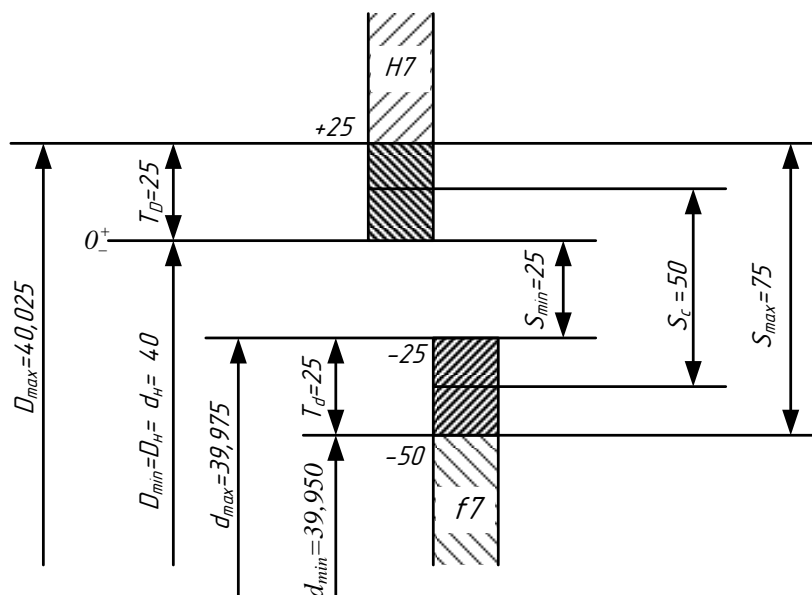


Рисунок 10.2 – Схема полей допусков посадки  $\text{H7}/\text{f7}$

#### 10.1.1.9 Допустимая погрешность формы поверхностей.

Для нормальной геометрической точности отверстия (А) по таблице А8 определим степень точности формы цилиндрических поверхностей в зависимости от качества – 6. По таблице А7 для степени точности 6 и номинального диаметра 40 мм допуск цилиндричности равен 8 мкм.

Для нормальной геометрической точности вала (А) по таблице А8 определим степень точности формы цилиндрических поверхностей в зависимости от качества – 6. По таблице А7 [1] для степени точности 6 и номинального диаметра 40 мм допуск цилиндричности равен 8 мкм.

#### 10.1.1.10 Определяем шероховатость поверхности.

Для отверстия номинального диаметра 40 мм и качества 7 по таблице 4.2 (посадочные поверхности сменных деталей)  $R_a = 0,8$  мкм. Для нормальной геометрической точности отверстия (А) по таблице 4.4 определим шероховатость поверхности в зависимости от допуска цилиндричности. Для IT6 параметр шероховатости  $R_a = 0,8$  мкм. Окончательно выбираем  $R_a = 0,8$  мкм.

Для вала номинального диаметра 40 мм и качества 7 по таблице 4.2 (посадочные поверхности сменных деталей)  $R_a = 0,8$  мкм. Для нормальной геометрической точности вала (А) по таблице 4.4 находим шероховатость поверхности в зависимости от допуска цилиндричности. Для IT6 параметр шероховатости  $R_a = 0,8$  мкм. Окончательно выбираем  $R_a = 0,8$  мкм.

#### 10.1.1.11 Определим вид обработки отверстия и вала.

Для отверстия (качество 7, шероховатость  $R_a = 0,8$  мкм) по таблице 4.5 выбираем шлифование круглое чистовое.

Для вала (качество 7, шероховатость  $R_a = 0,8$  мкм) по таблице 4.5 выбираем шлифование круглое чистовое.

#### 10.1.1.12 Эскизы соединения и деталей приведены на рисунке 10.3 и на чертеже.

Результаты расчета посадок с размерами  $\text{H7}/\text{h6}$ ,  $\text{H7}/\text{h6}$  приведены в таблице 10.1, а схемы расположения полей допусков – на чертеже.

Таблица 10.1– Результаты расчета посадок  $\text{Ø}40 \frac{\text{H7}}{\text{f7}}$ ,  $\text{Ø}40 \frac{\text{N7}}{\text{h6}}$ ,  $\text{Ø}40 \frac{\text{T7}}{\text{h6}}$

Показатель		Обозначение	Посадки		
			$\text{Ø}40 \frac{\text{H7}}{\text{f7}}$	$\text{Ø}40 \frac{\text{N7}}{\text{h6}}$	$\text{Ø}40 \frac{\text{T7}}{\text{h6}}$
1		2	3	4	5
Система		–	отверстия	вала	вала
Посадка		–	с нормальным зазором	переходная с преимущественным натягом	со средним натягом
Отверстие	Обозначение на чертеже	–	$\text{Ø}40\text{H7}(^{+0,025})$	$\text{Ø}40\text{N7}(\begin{smallmatrix} -0,008 \\ -0,033 \end{smallmatrix})$	$\text{Ø}40\text{T7}(\begin{smallmatrix} -0,039 \\ -0,064 \end{smallmatrix})$
	Верхнее отклонение, мкм	ES	+25	–8	–39
	Нижнее отклонение, мкм	EI	0	–33	–64
	Основное отклонение, мкм	$E_0$	0	–8	–39
	Среднее отклонение, мкм	$E_c$	+12,5	–20,5	–51,5
	Номинальный размер, мм	D	40	40	40
	Максимальный размер, мм	$D_{\max}$	40,025	39,992	39,961
	Минимальный размер, мм	$D_{\min}$	40	39,967	39,936
	Допуск, мкм	TD	25	25	25
	Вал	Обозначение на чертеже	–	$\text{Ø}40\text{f7}(\begin{smallmatrix} -0,025 \\ -0,050 \end{smallmatrix})$	$\text{Ø}40\text{h6}(\begin{smallmatrix} - \\ -0,016 \end{smallmatrix})$
Верхнее отклонение, мкм		es	–25	0	0
Нижнее отклонение, мкм		ei	–50	–16	–16
Основное отклонение, мкм		$e_0$	–25	0	0
Среднее отклонение, мкм		$e_c$	–37,5	–8	–8
Номинальный размер, мм		d	40	40	40
Максимальный размер, мм		$d_{\max}$	39,975	40	40
Минимальный размер, мм		$d_{\min}$	39,95	39,984	39,984
Допуск, мкм		Td	25	16	16
Максимальный натяг, мкм		$N_{\max}$	–	33	64
Минимальный натяг, мкм	$N_{\min}$	–	–	23	
Средний натяг, мкм	$N_c$	–	12,5	43,5	

Продолжение таблицы 10.1

1	2	3	4	5
Максимальный зазор, мкм	$S_{max}$	75	8	–
Минимальный зазор, мкм	$S_{min}$	25	–	–
Средний зазор, мкм	$S_c$	50	–	–
Допуск посадки, мкм	TN,TS, TSN	50	41	41
Допустимая погрешность формы для отверстия, мкм	–	8	8	8
Допустимая погрешность формы для вала, мкм	–	8	5	5
Шероховатость отверстия, мкм	Ra	0,8	0,8	0,8
Шероховатость вала, мкм		0,8	0,8	0,4
Вид обработки отверстия	–	Шлифование круглое чистовое	Шлифование круглое чистовое	Шлифование круглое чистовое
Вид обработки вала	–	Шлифование круглое чистовое	Шлифование круглое тонкое	Шлифование круглое тонкое

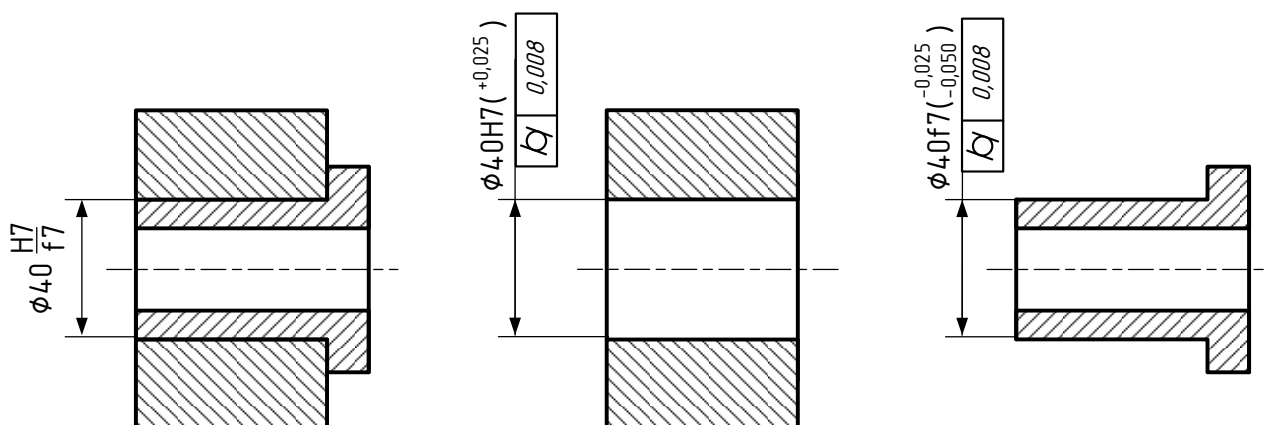


Рисунок 10.3 – Эскиз гладкого цилиндрического соединения  $\phi 40 \frac{H7}{f7}$

## 10.2 Выбор многомерных средств измерения

### Задание.

Выбрать универсальные средства измерения диаметральных размеров для сопрягаемых поверхностей деталей соединения трех посадок с размерами  $\phi 40 \frac{H7}{f7}$ ,  $\phi 40 \frac{N7}{h6}$ ,  $\phi 40 \frac{T7}{h6}$ . Определить производственный допуск и предельные размеры при изготовлении деталей для размеров первой посадки. Для размеров первой посадки начертить эскизы полей допусков деталей с подбором настроечной меры.





## Решение.

Измерение будет достоверным, если выполняются условия:

1. Суммарная предельная погрешность измерения инструмента  $\Delta_{lim}$  меньше или равна допустимой погрешности измерения  $\delta$ .
2. Интервал измерения инструмента включает номинальный размер измеряемой детали.
3. Интервал шкалы инструмента равен или больше допуска измеряемого размера.

### 10.2.1 Выбор многомерного инструмента для измерения отверстия $\text{Ø}40\text{H}7(^{+0,025})$

По таблице 5.1 для отверстия  $\text{Ø}40\text{H}7(^{+0,025})$  допустимая погрешность измерений  $\delta = \pm 0,007$  мм. Тогда по таблице 5.2 для измерения отверстия  $\text{Ø}40\text{H}7$  выбираем нутромер индикаторный повышенной точности 109, у которого:

- |                                    |                 |
|------------------------------------|-----------------|
| – суммарная предельная погрешность | $\pm 0,0045$ мм |
| – интервал измерения               | 18 – 50 мм      |
| – интервал шкалы                   | $\pm 100$ мкм   |
| – величина настроечной меры        | 40 мм           |

Схема настройки нутромера индикаторного повышенной точности 109 для измерения отверстия  $\text{Ø}40\text{H}7$  показана на рисунке 10.4.

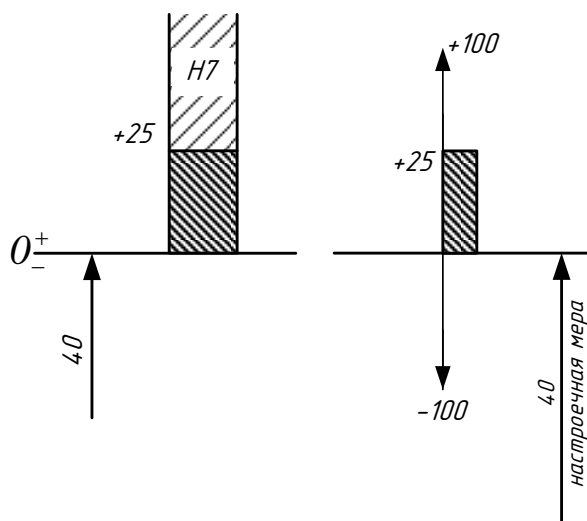


Рисунок 10.4 – Схема настройки нутромера индикаторного повышенной точности 109 для измерения отверстия  $\text{Ø}40\text{H}7$

### 10.2.2 Выбор многомерного инструмента для измерения вала $\text{Ø}40\text{f}7(^{-0,025}_{-0,050})$

По таблице 5.1 для вала  $\text{Ø}40\text{f}7$  допускаемая погрешность измерения  $\delta = \pm 0,007$  мм. Тогда по таблице 5.2 для измерения вала  $\text{Ø}40\text{f}7$  выбираем микрометр рычажный МР, у которого:

- |                                    |                |
|------------------------------------|----------------|
| – суммарная предельная погрешность | $\pm 0,004$ мм |
| – интервал измерения               | 25 – 50 мм     |
| – интервал шкалы                   | $\pm 0,02$ мм  |
| – величина настроечной меры        | 39,96 мм       |

Схема настройки микрометра рычажного МР для измерения вала  $\text{Ø}40\text{f}7$  показана на рисунке 10.5 и чертеже.

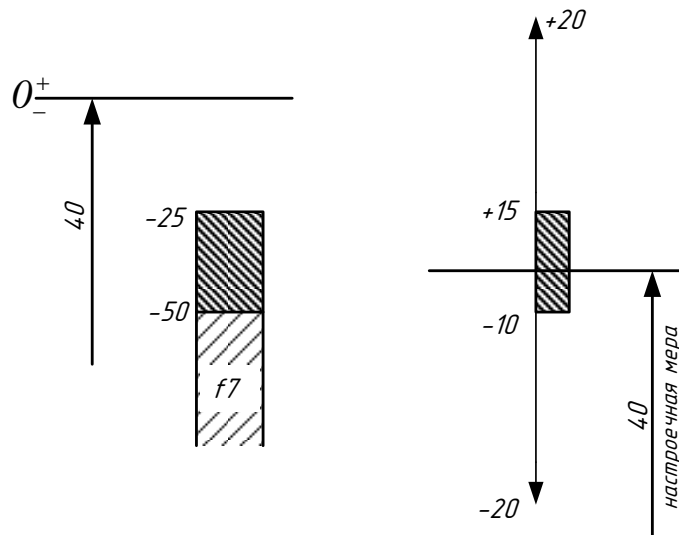


Рисунок 10.5 – Схема настройки микрометра рычажного МР для измерения вала  $\varnothing 40f7$

### 10.2.3 Выбор многомерного инструмента для измерения отверстия $\varnothing 40N7$ ( $_{-0,033}^{-0,008}$ )

По таблице 5.1 для отверстия  $\varnothing 40N7$  допустимая погрешность измерений  $\delta = \pm 0,007$  мм. Тогда по таблице 5.2 для измерения отверстия  $\varnothing 40N7$  выбираем нутромер индикаторный повышенной точности 109, у которого:

- суммарная предельная погрешность  $\pm 0,0045$  мм
- интервал измерения 18 – 50 мм
- интервал шкалы  $\pm 100$  мкм
- величина настроечной меры 40 мм

### 10.2.4 Выбор многомерного инструмента для измерения вала $\varnothing 40h6$ ( $_{-0,016}$ )

По таблице 5.1 для вала  $\varnothing 40h6$  допускаемая погрешность измерения  $\delta = \pm 0,005$  мм. Тогда по таблице 5.2 для измерения вала  $\varnothing 40h6$  выбираем микрометр рычажный МР, у которого:

- суммарная предельная погрешность  $\pm 0,004$  мм
- интервал измерения 25 – 50 мм
- интервал шкалы  $\pm 0,02$  мм
- величина настроечной меры 40 мм

### 10.2.5 Выбор многомерного инструмента для измерения отверстия $\varnothing 40T7$ ( $_{-0,064}^{-0,039}$ )

По таблице 5.1 для отверстия  $\varnothing 40T7$  допустимая погрешность измерений  $\delta = \pm 0,007$  мм. Тогда по таблице 5.2 для измерения отверстия  $\varnothing 40T7$  выбираем нутромер индикаторный повышенной точности 109, у которого:

- суммарная предельная погрешность  $\pm 0,0045$  мм
- интервал измерения 18 – 50 мм
- интервал шкалы  $\pm 100$  мкм
- величина настроечной меры 40 мм

### 10.2.6 Выбор многомерного инструмента для измерения вала $\text{Ø}40\text{h}6 (-_{-0,016})$

Выбор многомерного инструмента для измерения вала  $\text{Ø}40\text{h}6 (-_{-0,016})$  приведен в подразделе 10.2.4.

### 10.2.7 Определение производственного допуска и предельных размеров при изготовлении отверстия $\text{Ø}40\text{H}7 (+^{0,025})$

При определении параметров  $m$ ,  $n$  и  $c$  при законе нормального распределения погрешностей измерения рекомендуется относительную погрешность измерения принимать для квалитетов IT2 – IT7  $A_{\text{мет}}(\sigma) = 0,16$  (16%). При этом:  $m = 5,0\%$ ,  $n = 7,8\%$ ,  $\frac{c}{T} = 0,25$  (таблица 5.3), погрешность измерений  $\delta_{\text{изм}} = \pm 0,007$  мм.

Среди годных деталей могли оказаться неправильно принятые детали ( $m = 5\%$ ) с предельными размерами:

$$D_{\text{max бр}} = D_{\text{max}} + 0,5\delta_{\text{изм}} \quad (10.14)$$

$$D_{\text{max бр}} = 40,025 + 0,5 \cdot 0,007 = 40,0285 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{min бр}} = D_{\text{min}} - 0,5\delta_{\text{изм}} \quad (10.15)$$

$$D_{\text{min бр}} = 40 - 0,5 \cdot 0,007 = 39,9965 \text{ мм.}$$

Среди забракованных деталей могли оказаться годные детали ( $n = 7,8\%$ ) с размерами:

$$D_{\text{max год}} = D_{\text{max}} - 0,5\delta_{\text{изм}} \quad (10.16)$$

$$D_{\text{max год}} = 40,025 - 0,5 \cdot 0,007 = 40,0215 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{min год}} = D_{\text{min}} + 0,5\delta_{\text{изм}} \quad (10.17)$$

$$D_{\text{min год}} = 40 + 0,5 \cdot 0,007 = 40,0035 \text{ мм.}$$

Так как точность технологического процесса неизвестна, производственный допуск назначается из условия (рисунок 10.6)

$$T_{\text{пр}} = T - \delta_{\text{изм}} \quad (10.18)$$

$$T_{\text{пр}} = 25 - 7 = 18 \text{ мкм.}$$

Предельные размеры детали уменьшаются на половину допускаемой погрешности измерения, тогда отверстие будет иметь размеры:

$$D'_{\text{max}} = D_{\text{max}} - 0,5\delta_{\text{изм}}, \quad (10.19)$$

$$D'_{\text{max}} = 40,025 - 0,5 \cdot 0,007 = 40,0215 \text{ мм,}$$

$$D'_{\text{min}} = D_{\text{min}} + 0,5\delta_{\text{изм}}, \quad (10.20)$$

$$D'_{\text{min}} = 40 + 0,5 \cdot 0,007 = 40,0035 \text{ мм,}$$

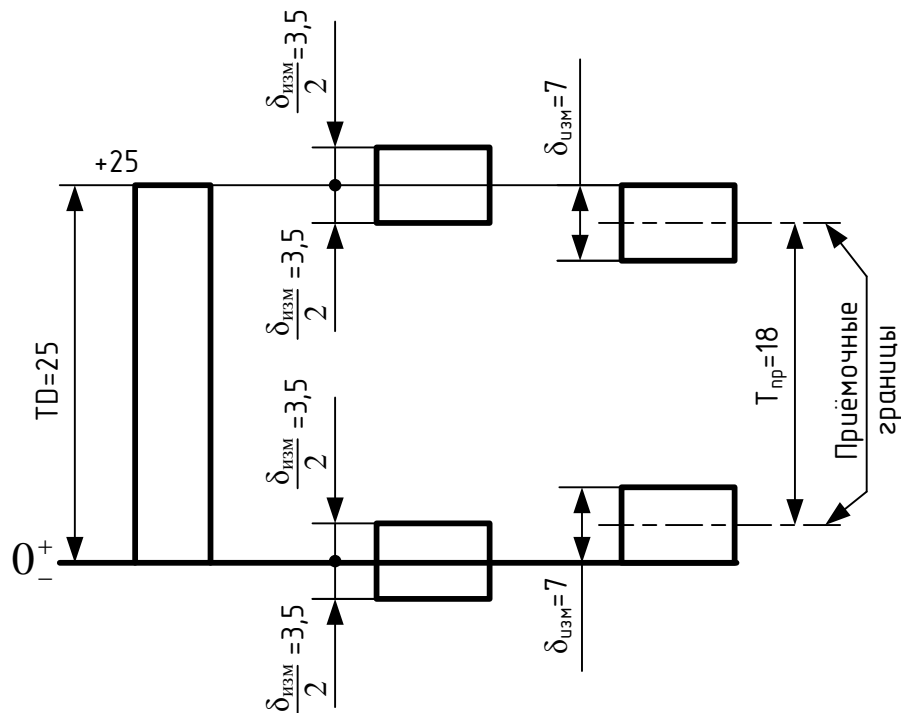


Рисунок 10.6 – Расположение приёмочных границ по отношению к полю допуска отверстия

### 10.2.8 Определение производственного допуска и предельных размеров при изготовлении вала $\varnothing 40f7\left(\begin{smallmatrix} -0,025 \\ -0,050 \end{smallmatrix}\right)$

При определении параметров  $m$ ,  $n$  и  $c$  при законе нормального распределения погрешностей измерения рекомендуется относительную погрешность измерения принимать для качеств IT2 – IT7  $A_{мет}(\sigma) = 0,16$  (16 %). При этом:  $m = 5,0$  %,  $n = 7,8$  %,  $\frac{c}{T} = 0,25$  (таблица 5.3), погрешность измерений  $\delta_{изм} = \pm 0,007$  мм.

Среди годных деталей могли оказаться неправильно принятые детали ( $m = 5$  %) с предельными размерами:

$$d_{\max \text{ бр}} = d_{\max} + 0,5\delta_{изм} \quad (10.21)$$

$$d_{\max \text{ бр}} = 39,975 + 0,5 \cdot 0,007 = 39,9785 \text{ мм.}$$

$$d_{\min \text{ бр}} = d_{\min} - 0,5\delta_{изм} \quad (10.22)$$

$$d_{\min \text{ бр}} = 39,95 - 0,5 \cdot 0,007 = 39,9465 \text{ мм.}$$

Среди забракованных деталей могли оказаться годные детали ( $n = 7,8$  %) с размерами:

$$d_{\max \text{ год}} = d_{\max} - 0,5\delta_{изм} \quad (10.23)$$

$$d_{\max \text{ год}} = 39,975 - 0,5 \cdot 0,007 = 39,9715 \text{ мм.}$$

$$d_{\min \text{ год}} = d_{\min} + 0,5\delta_{изм} \quad (10.24)$$

$$d_{\min \text{ год}} = 39,95 + 0,5 \cdot 0,007 = 39,9535 \text{ мм.}$$

Величина производственного допуска согласно формуле (10.18)

$$T_{\text{пр}} = 25 - 7 = 18 \text{ мкм.}$$

Предельные размеры детали уменьшаются на половину допускаемой погрешности измерения, тогда отверстие будет иметь размеры:

$$d'_{\text{max}} = d_{\text{max}} - 0,5\delta_{\text{изм}}, \quad (10.25)$$

$$d'_{\text{max}} = 39,975 - 0,5 \cdot 0,007 = 39,9715 \text{ мм,}$$

$$d'_{\text{min}} = d_{\text{min}} + 0,5\delta_{\text{изм}}, \quad (10.26)$$

$$d'_{\text{min}} = 39,95 + 0,5 \cdot 0,007 = 39,9535 \text{ мм.}$$

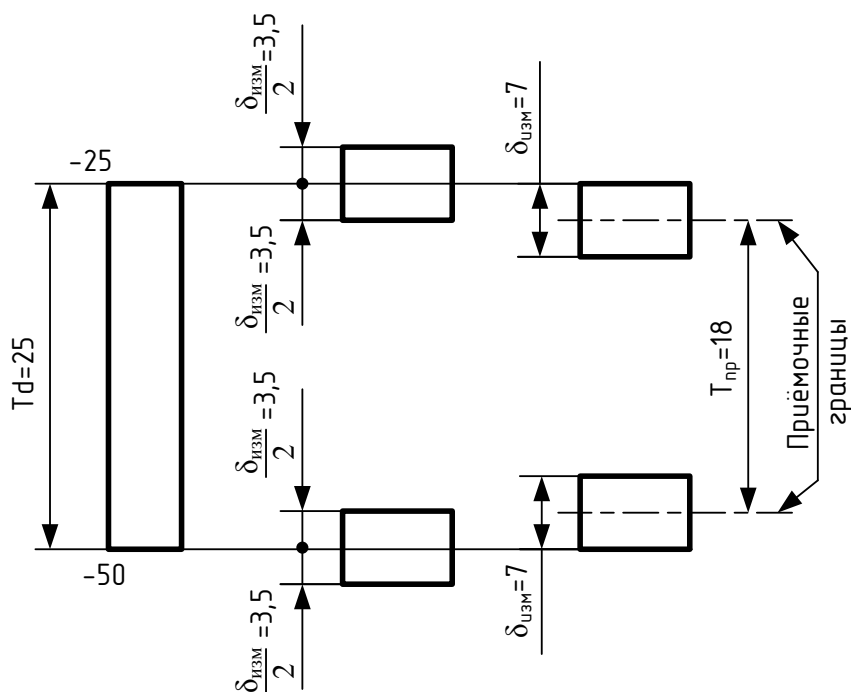


Рисунок 10.7 – Расположение приемных границ по отношению к полю допуска вала

### 10.3 Расчет и выбор посадок подшипников качения

**Задание.**

Рассчитать и выбрать посадки подшипников качения согласно исходным данным (таблица 10.2). Выполнить эскизы соединения и деталей.

Таблица 10.2 – Исходные данные

Номер подшипника по ГОСТ 8338	308
Класс точности	6
Радиальная нагрузка R, Н	$3 \cdot 10^3$
Перегрузка, %	200
Вал	–
Корпус	$\frac{D}{D_{\text{корп}}} = 0,2$
Вид нагружения колец:	
наружное	местное
внутреннее	циркуляционное

### Решение.

По таблице 6.1 определяем размеры подшипника:

диаметр внутреннего кольца d, мм	40
диаметр наружного кольца D, мм	90
ширина подшипника B, мм	23
ширина фаски колец r, мм	2,5

#### 10.3.1 Расчет и выбор посадки внутреннего кольца подшипника с валом

Условия работы: вал вращается, вид нагружения – циркуляционное.

Интенсивность радиальной нагрузки определяем по формуле

$$P_r = \frac{R}{B - 2r} K_1 K_2 K_3, \quad (10.27)$$

где  $K_1$  – динамический коэффициент посадки, зависящий от характера нагрузки, при перегрузке от 150% до 300%  $K_1 = 1,8$ ;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий степень ослабления посадочного натяга при полом вале или тонкостенном корпусе;

$K_3$  – коэффициент неравномерности распределения радиальной нагрузки, для радиальных подшипников  $K_3 = 1$ .

Определяем коэффициент  $K_2$ .

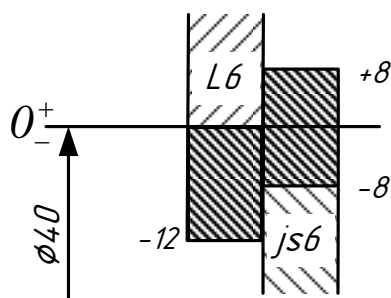
При  $\frac{D}{D_{\text{корп}}} = 0,2$ ;  $\frac{D}{d} = \frac{90}{40} = 2,25$ . По таблице 6.8 выбираем  $K_2 = 1$ .

Интенсивность радиальной нагрузки после подстановки

$$P_r = \frac{3}{0,023 - 2 \cdot 0,0025} \cdot 1,8 \cdot 1 = 300 \text{ кН/м}$$

По таблице 6.7 при диаметре внутреннего кольца  $d = 40$  мм и интенсивности радиальной нагрузки  $P_r = 300$  кН/м назначаем на вал поле допуска js6. По таблице 6.3 нижнее отклонение диаметра внутреннего кольца подшипника 6 класса точности принимаем равным EI = – 0,012 мм.

Посадка подшипника с валом  $\text{Ø}40 \frac{\text{L6}}{\text{js6}}$ .



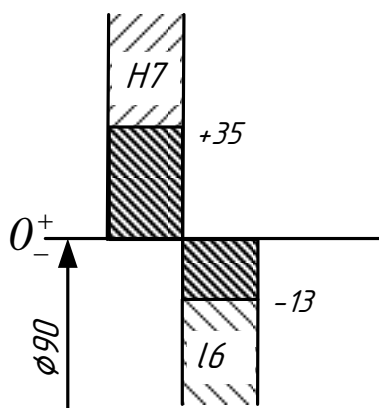
Вал  $\phi 40js6(\pm 0,008)$ ,  
 кольцо подшипника  $\phi 40_{-0,012}$ .  
 $N_{max} = 20$  мкм  
 $S_{max} = 8$  мкм  
 $N_c = 6$  мкм  
 $TNS = 28$  мкм

Рисунок 10.8 – Схема полей посадки внутреннего кольца подшипника с валом

### 10.3.2 Расчет и выбор посадки наружного кольца подшипника с корпусом

Нагружение наружного кольца местное. Из таблицы 6.5 для отверстия в корпусе под наружное кольцо подшипника выбираем поле допуска H7. По таблице 6.3 нижнее отклонение наружного кольца  $e_i = -0,013$  мм.

Посадка подшипника с корпусом  $\phi 90 \frac{H7}{16}$ .



Отверстие  $\phi 90H7(+0,035)$ ,  
 кольцо подшипника  $\phi 90_{-0,013}$ .  
 $S_{max} = 48$  мкм  
 $S_{min} = 0$  мкм  
 $S_c = 24$  мкм  
 $TS = 48$  мкм

Рисунок 10.9 – Схема полей посадки наружного кольца подшипника с отверстием в корпусе

Шероховатость поверхностей по таблице 6.9 принимаем равной:

- для вала  $Ra = 0,63$  мкм;
- торцев заплечиков вала  $Ra = 1,25$  мкм;
- для отверстия  $Ra = 1,25$  мкм;
- торцев заплечиков корпуса  $Ra = 2,50$  мкм.

Допуск круглости и допуск профиля продольного сечения принимаем по таблице 6.10 для вала равным  $0,004$  мм, а для отверстия в плите –  $0,009$  мм.

Допуск торцового биения принимаем по таблице 6.11 для вала равным  $0,016$  мм, а для отверстия в плите –  $0,035$  мм.

Эскизы соединения и деталей приведены на рисунке 10.10 и на чертеже.

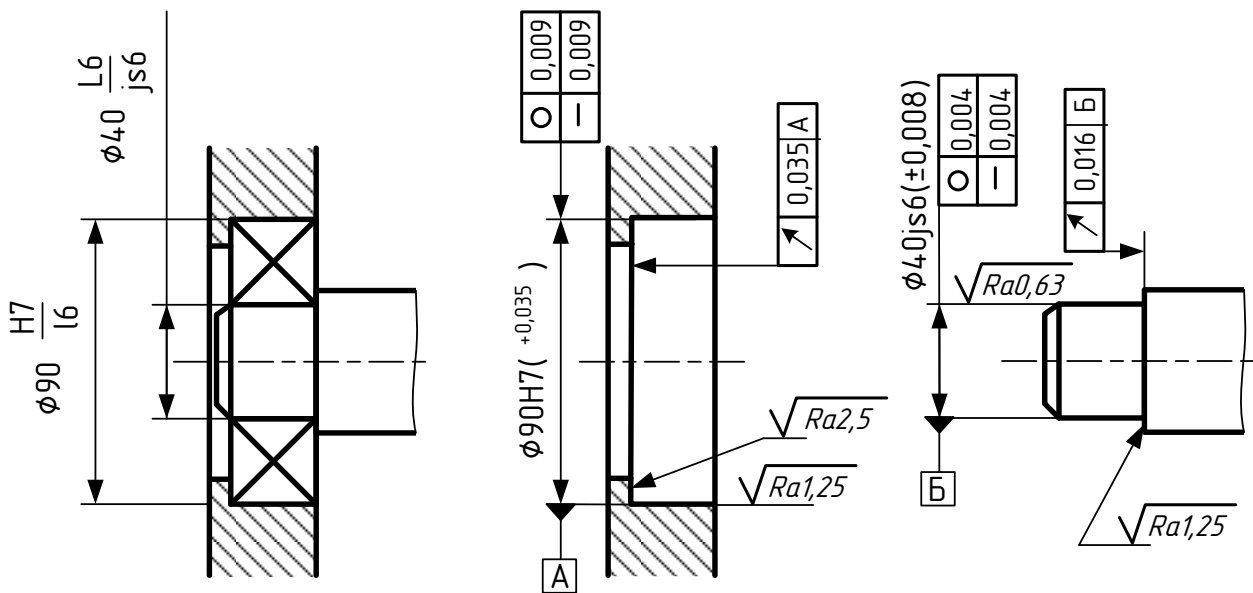


Рисунок 10.10 – Эскизы соединения и деталей

#### 10.4 Посадки шпоночных соединений

##### Задание.

Рассчитать и выбрать посадки шпоночного соединения согласно исходным данным. Выполнить эскизы соединения и деталей.

Исходные данные:

- |                                    |                |
|------------------------------------|----------------|
| – диаметр вала, мм                 | 26             |
| – тип шпонки                       | призматическая |
| – размеры шпонки $b \times h$ , мм | $8 \times 7$   |
| – характер соединения              | нормальный     |

##### Решение.

Из таблицы 7.1:

- |                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| глубина паза вала $t_1$ , мм    | 4   |
| глубина паза ступицы $t_2$ , мм | 3,3 |

По таблице 7.3 назначаем предельные отклонения: на шпонку –  $h9$ , на паз вала –  $N9$ , на паз ступицы –  $Js9$ .

Следовательно, посадка в соединении шпонка – паз вала –  $8 \frac{N9}{h9}$ , а шпонка – паз

ступицы –  $8 \frac{Js9}{h9}$ .

Схема полей допусков посадок  $8 \frac{N9}{h9}$  и  $8 \frac{Js9}{h9}$  представлена на рисунке 10.11.



Для посадки в соединении шпонка – паз вала  $8 \frac{N9}{h9}$  максимальный натяг  $N_{\max} = 36$  мкм, максимальный зазор  $S_{\max} = 36$  мкм, средний зазор  $S_c = 0$ , допуск посадки  $T_{NS} = 72$  мкм.

Для посадки в соединении шпонка – паз ступицы  $8 \frac{Js9}{h9}$  максимальный натяг  $N_{\max} = 18$  мкм, максимальный зазор  $S_{\max} = 54$  мкм, средний зазор  $S_c = 18$  мкм, допуск посадки  $T_{NS} = 72$  мкм.

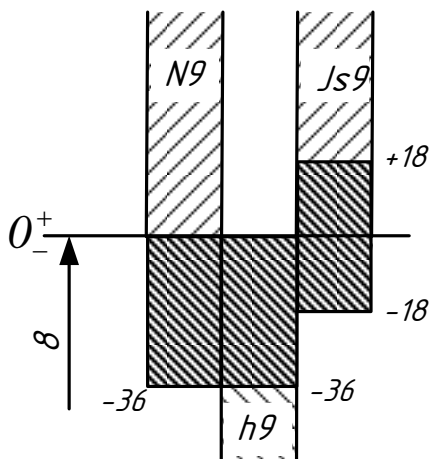


Рисунок 10.11 – Схема полей допусков посадок  $8 \frac{N9}{h9}$  и  $8 \frac{Js9}{h9}$

В соответствии с таблицами 7.1 и 7.4 высота шпонки  $h = 7h11(-0,09)$ , глубина паза вала  $t_1 = 4^{+0,2}$ , глубина паза ступицы  $t_2 = 3,3^{+0,2}$ , а размер  $D + t_2 = 29,3^{+0,2}$ .

В соответствии с таблицей 7.5 шероховатость поверхностей боковых сторон пазов (9 квалитет) –  $Ra = 3,2$  мкм; боковых сторон шпонки (9 квалитет) –  $Ra = 3,2$  мкм; параметр шероховатости дна шпоночного паза –  $Ra = 6,3$  мкм.

Отклонение от параллельности боковых сторон пазов принимаем примерно  $0,5T_{ш}$  ( $T_{ш}$  – допуск на ширину шпонки) равным  $0,018$  мм.

Отклонение от симметричности пазов относительно продольной оси принимаем примерно  $2T_{ш}$  (в диаметральном выражении) равным  $0,06$ .

Эскизы соединения и деталей приведены на рисунке 10.12 и на чертеже.

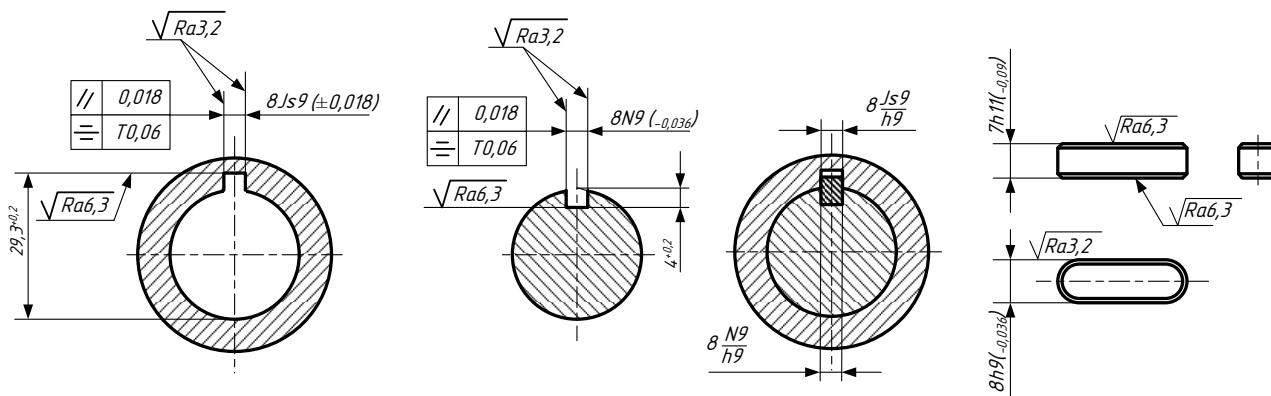


Рисунок 10.12 – Эскизы шпоночного соединения и деталей

## 10.5 Посадки в резьбовых соединениях

### Задание.

Рассчитать и выбрать посадки резьбового соединения согласно исходным данным. Выполнить эскизы соединения и деталей.

Исходные данные:

- размер резьбы М20×2;
- класс точности – грубый;
- длина свинчивания – нормальная.

### Решение.

Для заданного соединения по таблице 8.4 назначаем поля допусков наружной и внутренней резьбы: поле допуска наружной резьбы – 8g, поле допуска внутренней резьбы – 7H, посадка резьбы –  $\frac{7H}{8g}$ .

Номинальные диаметры наружной и внутренней резьбы  $d = D = 20$  мм, шаг  $P = 2$  мм. Определяем средние ( $d_2, D_2$ ) и внутренние ( $d_1, D_1$ ) диаметры

$$d_2 = D_2 = d - 0,6495P, \quad (10.28)$$

$$d_2 = D_2 = 20 - 0,6495 \cdot 2 = 18,701 \text{ мм.}$$

$$d_1 = D_1 = d - 1,0825P, \quad (10.29)$$

$$d_1 = D_1 = 20 - 1,0825 \cdot 2 = 17,835 \text{ мм.}$$

По таблицам 8.5 и 8.6 определяем предельные отклонения диаметров резьбы гайки и винта.

Таблица 10.3 – Предельные отклонения диаметров резьбы гайки и винта

В микрометрах

Болт М20×2– 8g					Гайка М20×2– 7H				
$d_1$	d		$d_2$		D	$D_2$		$D_1$	
es	es	ei	es	ei	EI	ES	EI	ES	EI
–38	–38	–488	–38	–288	0	+280	0	+455	0

Рассчитаем предельные размеры и допуски резьбы болта и гайки (таблица 10.4).

Таблица 10.4 – Предельные размеры и допуски резьбы болта и гайки

Параметр	Расчетная формула	Расчет	Значение, мм
$d_{\max}$	$d_{\max} = d + es$	$d_{\max} = 20 + (-0,038) = 19,962 \text{ мм}$	19,962
$d_{\min}$	$d_{\min} = d + ei$	$d_{\min} = 20 + (-0,488) = 19,512 \text{ мм}$	19,512
Td	$Td = es - ei$	$Td = -38 - (-488) = 450 \text{ мкм}$	0,45
$d_{2\max}$	$d_{2\max} = d_2 + es$	$d_{2\max} = 18,701 + (-0,038) = 18,663 \text{ мм}$	18,663
$d_{2\min}$	$d_{2\min} = d_2 + ei$	$d_{2\min} = 18,701 + (-0,288) = 18,413 \text{ мм}$	18,413
Td <sub>2</sub>	$Td_2 = es - ei$	$Td_2 = -38 - (-0,288) = 250 \text{ мкм}$	0,25
$d_{1\max}$	$d_{1\max} = d_1 + es$	$d_{1\max} = 17,835 + (-0,038) = 17,797 \text{ мм}$	17,797

Продолжение таблицы 10.4

Параметр	Расчетная формула	Расчет	Значение, мм
$D_{2max}$	$D_{2max} = D_2 + ES$	$D_{2max} = 18,701 + 0,280 = 18,981$ мм	18,981
$TD_2$	$TD_2 = ES - EI$	$TD_2 = 280 - 0 = 280$ мкм	0,28
$D_{1max}$	$D_{1max} = D_1 + ES$	$D_{1max} = 17,835 + 0,455 = 18,290$ мм	18,29
$TD_1$	$TD_1 = ES - EI$	$TD_1 = 455 - 0 = 455$ мкм	0,455

Шероховатость боковых сторон равна для винта и для гайки (таблица 4.2)  $Ra = 6,3$  мкм.

Схема расположения полей допусков приведена на рисунке 10.13, а эскизы соединения и деталей – на рисунке 10.14.

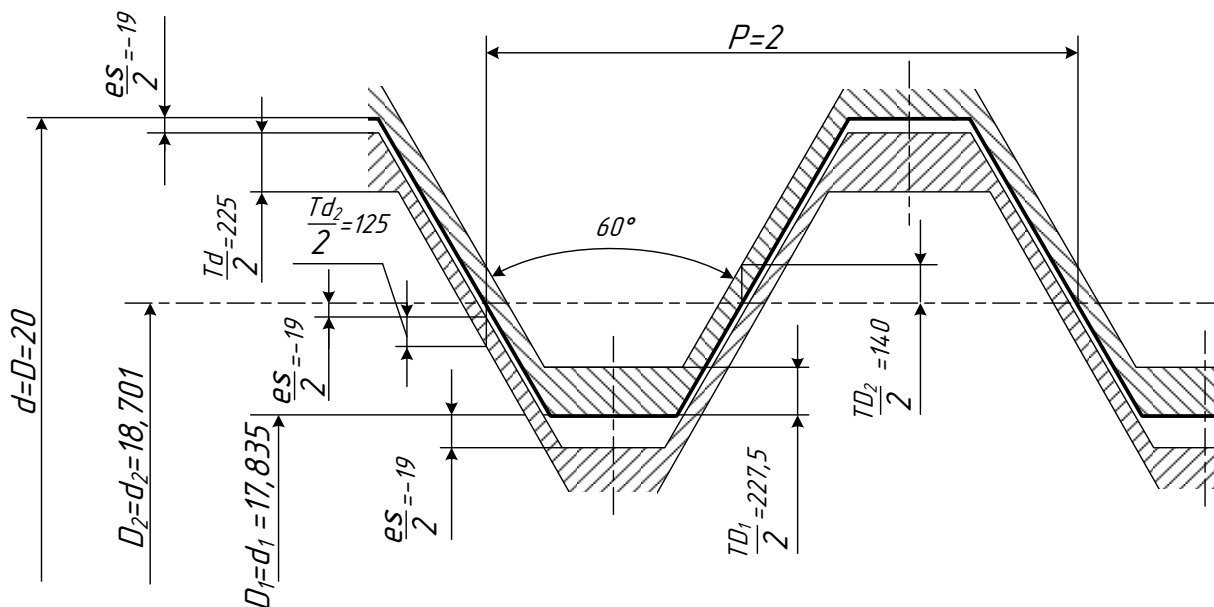


Рисунок 10.13 – Схема расположения полей допусков резьбового соединения

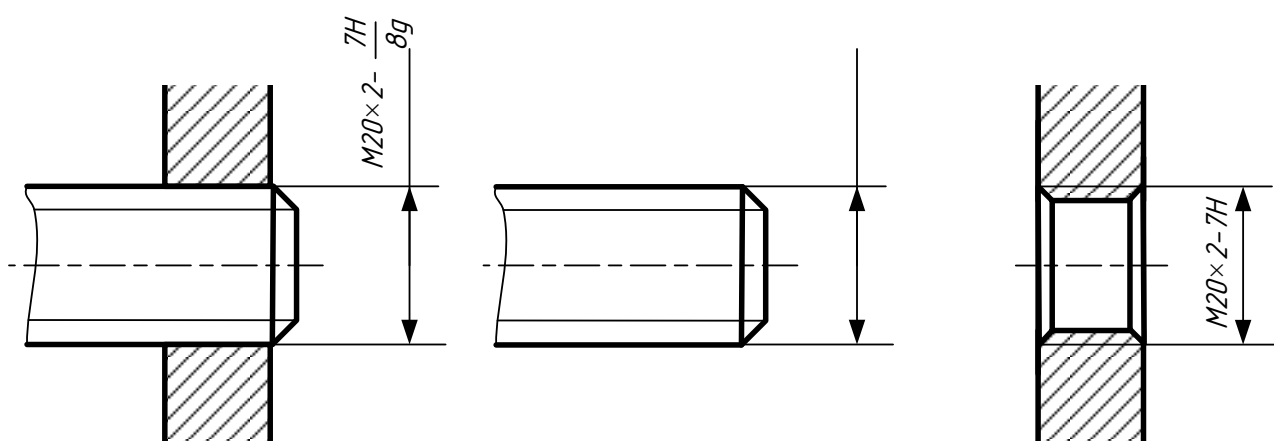


Рисунок 10.14 – Эскизы резьбового соединения и деталей

## 10.6 Выполнение чертежей деталей машин

### Задание.

Исходные данные:

Для заданного вала (рисунок 10.15) указаны номинальные размеры:

- посадочный диаметр под подшипник качения (номер подшипника 208, класс точности 0)  $d = 40$  мм;
- диаметр свободной поверхности  $d_1 = 48$  мм;
- диаметр под зубчатое колесо  $d_2 = 50$  мм;
- диаметр под шкив ременной передачи  $d_3 = 30$  мм (частота вращения и усилия небольшие).

Требуется начертить рабочий чертеж вала, при этом определить (назначить):

- необходимые дополнительные виды (разрезы);
- необходимые осевые и диаметральные размеры с отклонениями (для серийного производства);
- необходимые допуски формы и расположения поверхностей;
- величину шероховатости поверхностей;
- технические требования чертежа.

Материал вала – сталь 45. Недостающие параметры и размеры принять самостоятельно.

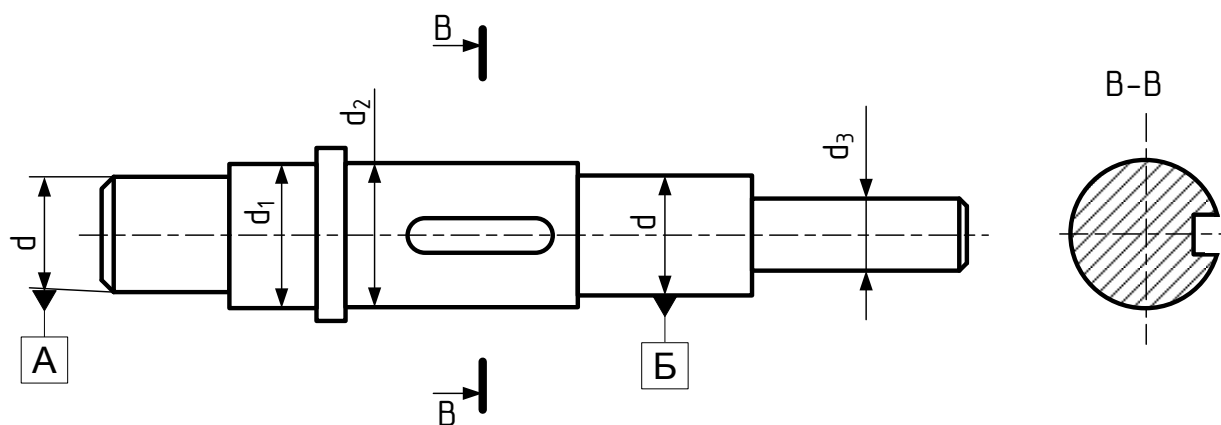


Рисунок 10.15 – Эскиз вала

### Решение.

1. Выбираем шпонку для ступени  $d_2 = 50$  мм по таблице 7.1 – призматическая шпонка  $14 \times 9 \times 50$ . Глубина паза вала  $t_1 = 5,5^{+0,2}$  мм (таблицы 7.1, 7.4), ширина паза вала  $14N9(-0,036)$  (таблицы 7.3, 7.6), длина паза  $50H15$ . В соответствии с таблицей 7.5 шероховатость поверхностей боковых сторон пазов (9 квалитет) –  $Ra = 3,2$  мкм; параметр шероховатости дна шпоночного паза –  $Ra = 6,3$  мкм. Отклонение от параллельности боковых сторон пазов принимаем примерно  $0,5T_{ш}$  ( $T_{ш}$  – допуск на ширину шпонки – IT9) равным 0,02 мм. Отклонение от симметричности паза относительно продольной оси принимаем примерно  $2T_{ш}$  (в диаметральном выражении) равным 0,08 мм.

2. Подшипник – 208, класс точности – 0. Вид нагружения колец (таблица 6.4): наружное – местное, внутреннее – циркуляционное.

Нагружение внутреннего кольца циркуляционное. Из таблицы 6.5 назначаем на вал поле допуска к6.

Шероховатость поверхностей по таблице 6.9 принимаем равной:

– для вала  $R_a = 1,25$  мкм;

– торцов заплечиков вала  $R_a = 2,50$  мкм.

Допуск круглости и допуск профиля продольного сечения принимаем равным 0,004 мм по таблице 6.10. Допуск торцового биения поверхностей заплечиков принимаем по таблице 6.11 для вала равным 0,02 мм. Отклонение от соосности в диаметральном выражении на шейки вала под подшипники принимаем равным 0,007 мм (таблица 9.2). Для выхода шлифовального круга на поверхностях предусматриваем канавки по ГОСТ 8820.

3о Зубчатое колесо сопрягается с валом посадкой с натягом H7/p6 (п. 9.4.2) и имеет длинную ступицу ( $\frac{l_{\text{ступицы}}}{d} \geq 0,8$ ). В этом случае требования точности к торцу буртика вала не предъявляются, допуск торцового биения не назначаем. Допуск соосности посадочной поверхности относительно общей оси вала для зубчатого колеса назначаем по таблицам 9.4 и А.7 равным 0,03 мм. Шероховатость поверхности по таблице 4.5 принимаем равной  $R_a = 0,8$  мкм.

4о Шкив сопрягается со ступенью вала  $d_3 = 30$  мм посадкой с натягом H7/k6 (раздел 2.6). Допуск соосности посадочной поверхности относительно общей оси вала для шкива назначаем по таблицам А.7 и А.8 равным 0,1 мм, а допуск круглости и допуск профиля продольного сечения назначаем по таблицам А.7, А.8 и 3.5 равным 0,03 мм. Шероховатость поверхности по таблице 4.2 принимаем равной  $R_a = 0,8$  мкм.

Рабочий чертеж вала приведен на рисунке 10.16.

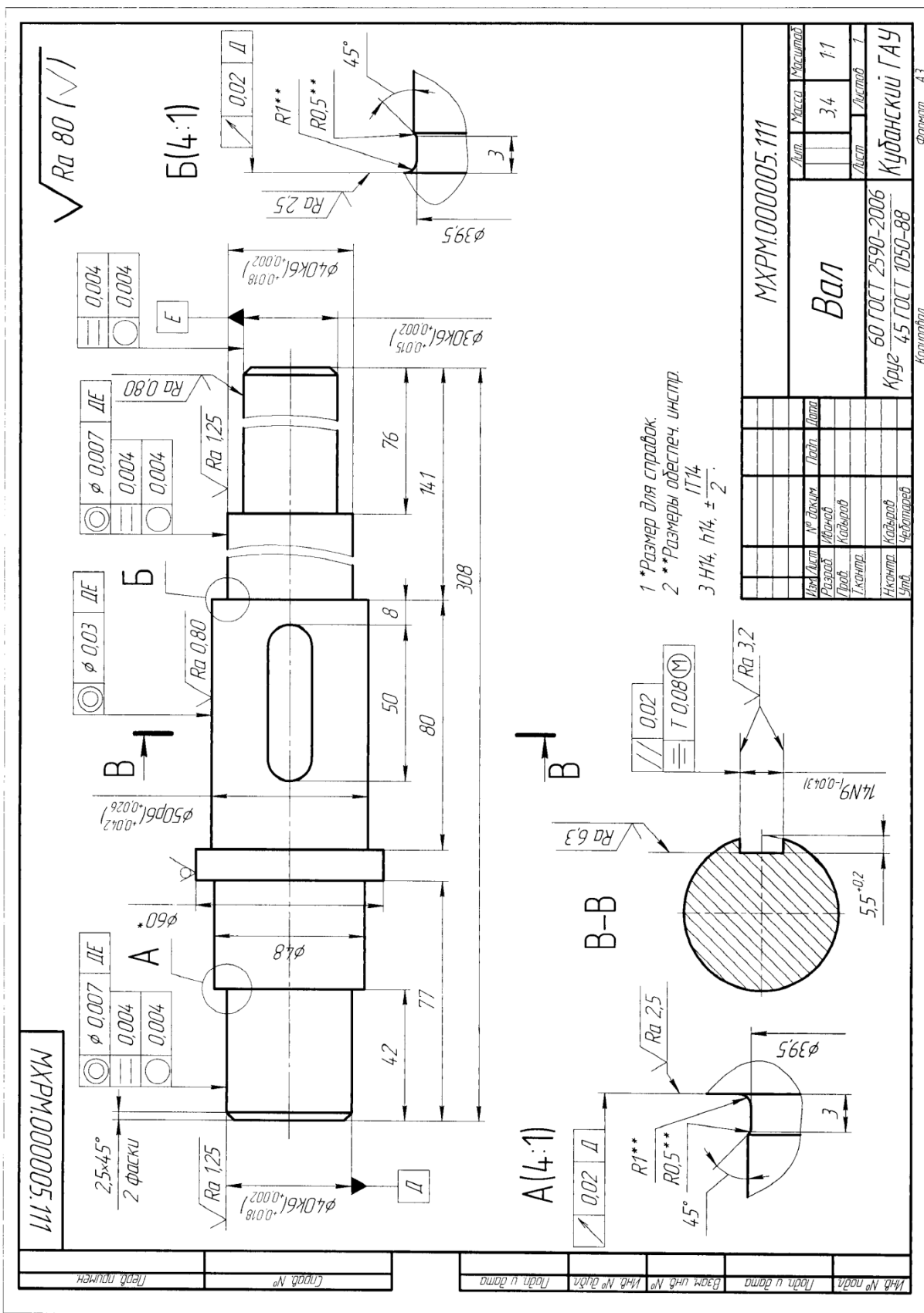


Рисунок 10.16 – Рабочий чертеж вала

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Атаманов С. А. и др. Допуски и посадки. Учебно-методическое справочное пособие по курсовому и дипломному проектированию для студентов инженерно-технических специальностей. – Рязань: РИ (ф) МГОУ, 2011. – 169 с.
- 2 Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1979. – 343 с.
- 3 Метрология, стандартизация и сертификация в машиностроении: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / С. А. Зайцев, А.Н. Толстов, Д. Д. Грибанов, А. Д. Куранов. М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 288 с.
- 4 Допуски и посадки: Справочник в 2-х ч. 4.1 / Под ред. В.Д.Мягкова – Л.: Машиностроение. 1978. – 544 с.
- 5 Допуски и посадки: Справочник в 2-х ч. 4.2 / Под ред. В.Д.Мягкова – Л.: Машиностроение. 1978.
- 6 Радкевич Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация: Учеб. для вузов / Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе, Б.И. Лактионов. М.: Высш. шк., 2010.– 767 с.
- 7 Допуски и посадки. Учебное пособие. 3-е изд. / В.И. Анухин. – СПб.: Питер, 2004.– 207 с.
- 8 ГОСТ 2.309-73 Единая система конструкторской документации. Обозначения шероховатости поверхностей.
- 9 ГОСТ 2.307-68 Единая система конструкторской документации. Нанесение размеров и предельных отклонений.
- 10 ГОСТ 6636-69 Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные линейные размеры.
- 11 ГОСТ 8032-84 Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел.
- 12 ГОСТ 25346-89 Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений.
- 13 ГОСТ 25347-82 Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки.
- 14 ГОСТ 8338-75 Подшипники шариковые радиальные однорядные. Основные размеры.
- 15 ГОСТ 3189-89 Подшипники шариковые и роликовые. Система условных обозначений.
- 16 ГОСТ 3478-79 Подшипники качения. Основные размеры.
- 17 ГОСТ 3395-89 Подшипники качения. Типы и конструктивные исполнения.
- 18 ГОСТ 520-2002 Подшипники качения. Общие технические условия.
- 19 ГОСТ 24810-81 Подшипники качения. Зазоры.
- 20 ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
- 21 ГОСТ 23360-78 Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки.
- 22 ГОСТ 24071-97 Основные нормы взаимозаменяемости. Сегментные шпонки и шпоночные пазы.
- 23 ГОСТ 9150-2002 Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Профиль.
- 24 ГОСТ 24705-2004 Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры.
- 25 ГОСТ 8724-2002 Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги.
- 26 ГОСТ 16093-2004 Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором.

27 ГОСТ 4608-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Посадки с натягом.

28 ГОСТ 11708-82 Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба. Термины и определения.

29 ГОСТ 24834-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Переходные посадки.

30 ГОСТ 2.311-68 Единая система конструкторской документации. Изображение резьбы.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
1 Общие сведения о допусках и посадках .....	4
1.1 Основные термины и определения (по ГОСТ 25346) .....	4
2 Гладкие цилиндрические соединения .....	10
2.1 Основные положения Единой системы допусков и посадок .....	10
2.2 Выбор системы посадок .....	13
2.3 Выбор качеств точности .....	13
2.4 Выбор посадок .....	14
2.5 Назначение и применение посадок с зазором .....	15
2.6 Назначение и применение переходных посадок .....	19
2.7 Назначение и применение посадок с натягом .....	21
3 Нормирование точности .....	24
3.1 Геометрические параметры деталей. Основные понятия .....	24
3.2 Отклонения и допуски формы поверхностей .....	26
3.3 Отклонения и допуски расположения поверхностей .....	27
3.4 Зависимые и независимые допуски .....	35
4 Шероховатость поверхности .....	38
4.1 Параметры шероховатости .....	38
4.2 Нормирование параметров шероховатости поверхности .....	41
4.3 Обозначение шероховатости поверхностей .....	48
5 Средства измерения .....	50
5.1 Выбор средств измерения .....	50
5.2 Влияние погрешностей измерения .....	50
6 Соединения с подшипниками качения .....	57
6.1 Основные положения .....	57
6.2 Особенности соединений подшипников качения с деталями машин .....	57
7 Шпоночные соединения .....	69
7.1 Основные положения .....	69
8 Резьбовые соединения .....	74
8.1 Основные положения .....	74
8.2 Классификация резьб .....	74
8.3 Основные параметры метрической резьбы .....	74
8.4 Система допусков и посадок метрической резьбы .....	76
8.5 Обозначение цилиндрической метрической резьбы и резьбовых соединений .....	86
9 Выполнение чертежей деталей машин .....	88
9.1 Правила и рекомендации по указанию допусков и предельных отклонений .....	88
9.2 Шероховатость поверхности деталей машин .....	89
9.3 Технические требования на чертежах деталей машин .....	90
9.4 Валы .....	90
9.5 Крышки подшипников .....	96
9.6 Стаканы .....	99
10 Пример выполнения заданий .....	102
10.1 Размерный анализ посадок .....	102
10.2 Выбор многомерных средств измерения .....	107
10.3 Расчет и выбор посадок подшипников качения .....	112
10.4 Посадки шпоночных соединений .....	115
10.5 Посадки в резьбовых соединениях .....	117
10.6 Выполнение чертежей деталей машин .....	119
Список литературы .....	122
Приложение А – Справочные таблицы .....	125

Таблица А1 – Рекомендуемые посадки ЕСДП для размеров от 1 до 500 мм. ГОСТ 25347 – 82. Система отверстия

Поля допусков основного отверстия		H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
Посадки с зазором	Посадки с особо большим зазором (a, b, c)							$\frac{H11}{a11}$	
								$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H12}{b12}$
				$\frac{H7}{c8}$	$\frac{H8}{c8}$			$\frac{H11}{c11}$	
	Посадки с большим зазором (d)			$\frac{H7}{d8}$	$\frac{H8}{d8}$ $\frac{H8}{d9}$	$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H10}{d10}$	$\frac{H11}{d11}$	
	Посадки с увеличенным зазором (e)			$\frac{H7}{e7}$ $\frac{H7}{e8}$	$\frac{H8}{e8}$ $\frac{H8}{e9}$	$\frac{H9}{e8}$ $\frac{H9}{e9}$			
	Посадки с нормальным зазором (f)		$\frac{H6}{f6}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H8}{f7}$ $\frac{H8}{f8}$ $\frac{H8}{f9}$	$\frac{H9}{f8}$ $\frac{H9}{f9}$			
	Посадки с уменьшенным зазором (g)	$\frac{H5}{g4}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H7}{g6}$					
	Посадки с малым зазором (h)	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H8}{h7}$ $\frac{H8}{h8}$ $\frac{H8}{h9}$	$\frac{H9}{h8}$ $\frac{H9}{h9}$	$\frac{H10}{h9}$ $\frac{H10}{h10}$	$\frac{H11}{h11}$	$\frac{H12}{h12}$

Продолжение таблицы А.1

Поля допусков основного отверстия		H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
Переходные посадки	Посадки с преимущественным зазором (js, k)	$\frac{H5}{js4}$	$\frac{H6}{js5}$	<b><math>\frac{H7}{js6}</math></b>	$\frac{H8}{js7}$				
		$\frac{H5}{k4}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H8}{k7}$				
	Посадки с преимущественным натягом (m, n)	$\frac{H5}{m4}$	$\frac{H6}{m5}$	<b><math>\frac{H7}{m6}</math></b>	$\frac{H8}{m7}$				
				<b><math>\frac{H7}{n6}</math></b>	$\frac{H8}{n7}$				
Посадки с натягом	Особо легкие (n)	$\frac{H5}{n4}$	$\frac{H6}{n5}$						
	Легкие посадки (p, r)		$\frac{H6}{p5}$	<b><math>\frac{H7}{p6}</math></b>					
			$\frac{H6}{r5}$	<b><math>\frac{H7}{r6}</math></b>					
	Средние посадки (s, t)		$\frac{H6}{s5}$	<b><math>\frac{H7}{s6}</math></b> $\frac{H7}{s7}$	$\frac{H8}{s7}$				
				$\frac{H7}{t6}$					
	Тяжелые посадки (u)			$\frac{H7}{u7}$	$\frac{H8}{u8}$				
	Особо тяжелые посадки (x, z)				$\frac{H8}{x8}$	Примечание – Предпочтительные посадки выделены жирным шрифтом.			
				$\frac{H8}{z8}$					

Таблица А2 – Поля допусков основных отверстий для размеров от 1 до 500 мм. ГОСТ 25347

Интервал размеров, мм	Поля допусков отверстий																							
	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13 <sup>x</sup>	H14 <sup>x</sup>	H15 <sup>x</sup>	H16 <sup>x</sup>	H17 <sup>x</sup>											
	Предельные отклонения в мкм																							
От 1 до 3	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0	+100 0	+140 0	+250 0	+400 0	+600 0	+1000 0											
Св. 3 до 6	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0	+120 0	+180 0	+300 0	+480 0	+750 0	+1200 0											
Св. 6 до 10	+6 0	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	+150 0	+220 0	+360 0	+580 0	+900 0	+1500 0											
Св. 10 до 14	+8	+11	+18	+27	+43	+70	+110	+180	+270	+430	+700	+110 0	+1800											
Св. 14 до 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Св. 18 до 24	+9	+13	+21	+33	+52	+84	+130	+210	+330	+520	+840	+130 0	+2100											
Св. 24 до 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Св. 30 до 40	+11	+16	+25	+39	+62	+100	+160	+250	+390	+620	+1000	+1600	+2500											
Св. 40 до 50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Св. 50 до 65	+13	+19	+30	+46	+74	+120	+190	+300	+460	+740	+1200	+1900	+3000											
Св. 65 до 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Св. 80 до 100	+15	+22	+35	+54	+87	+140	+220	+350	+540	+870	+1400	+2200	+3500											
Св. 100 до 120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Св. 120 до 140	+18	+25	+40	+63	+100	+160	+250	+400	+630	+1000	+1600	+2500	+4000											
Св. 140 до 160														0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 160 до 180														0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 180 до 200	+20	+29	+46	+72	+115	+185	+290	+460	+720	+1150	+1850	+2900	+4600											
Св. 200 до 225														0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 225 до 250														0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 250 до 280	+23	+32	+52	+81	+130	+210	+320	+520	+810	+1300	+2100	+3200	+5200											
Св. 280 до 315	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Св. 315 до 355	+25	+36	+57	+89	+140	+230	+360	+570	+890	+1400	+2300	+3600	+5700											
Св. 355 до 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Св. 400 до 450	+27	+40	+63	+97	+155	+250	+400	+630	+970	+1550	+2500	+4000	+6300											
Св. 450 до 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											

Таблица А3 – Поля допусков валов при номинальных размерах от 1 до 500 мм.

Предельные отклонения по ГОСТ 25347

Интервал размеров, мм	Поля допусков									
	$h01^x$	$js01^x$	$h0^x$	$js0^x$	$h1^x$	$js1^x$	$h2^x$	$js2^x$	$h3^x$	$js3^x$
	Предельные отклонения, мкм									
От 1 до 3	0 -0,3	+0,15 -0,15	0 -0,5	+0,25 -0,25	0 -0,8	+0,40 -0,40	0 -1,2	+0,60 -0,60	0 -2,0	+1,00 -1,00
Св. 3 до 6	0 -0,4	+0,20 -0,20	0 -0,6	+0,30 -0,30	0 -1,0	+0,50 -0,50	0 -1,5	+0,75 -0,75	0 -2,5	+1,25 -1,25
Св. 6 до 10	0 0,4	+0,20 -0,20	0 -0,6	+0,30 -0,30	0 -1,0	+0,50 -0,50	0 -1,5	+0,75 -0,75	0 -2,5	+1,25 -1,25
Св. 10 до 14	0	+0,25	0	+0,40	0	+0,60	0	+1,00	0	+1,50
Св. 14 до 18	-0,5	-0,25	-0,8	-0,40	-1,2	-0,60	-2,0	-1,00	-3,0	-1,50
Св. 18 до 24	0	+0,30	0	+0,50	0	+0,75	0	+1,25	0	+2,00
Св. 24 до 30	-0,6	0,30	-1,0	0,50	-1,5	-0,75	-2,5	-1,25	-4,0	-2,00
Св. 30 до 40	0	+0,30	0	+0,50	0	+0,75	0	+1,25	0	+2,00
Св. 40 до 50	-0,6	-0,30	-1,0	-0,50	-1,5	-0,75	-2,5	-1,25	-4,0	-2,00
Св. 50 до 65	0	+0,40	0	+0,60	0	+1,00	0	+1,50	0	+2,50
Св. 65 до 80	-0,8	-0,40	-1,2	-0,60	-2,0	-1,00	-3,0	-1,50	-5,0	-2,50
Св. 80 до 100	0	+0,50	0	+0,75	0	+1,25	0	+2,00	0	+3,00
Св. 100 до 120	-1,0	-0,50	-1,5	-0,75	-2,5	-1,25	-4,0	-2,00	-6,0	-3,00
Св. 120 до 140	0	+0,60	0	+1,00	0	+1,75	0	+2,50	0	+4,00
Св. 140 до 160	-1,2	-0,60	-2,0	-1,00	-3,5	-1,75	-5,0	-2,50	-8,0	-4,00
Св. 160 до 180	0	+0,60	0	+1,00	0	+1,75	0	+2,50	0	+4,00
Св. 180 до 200	0	+1,00	0	+1,50	0	+2,25	0	+3,50	0	+5,00
Св. 200 до 225	-2,0	-1,00	-3,0	-1,50	-4,5	-2,25	-7,0	-3,50	-10,0	-5,00
Св. 225 до 250	0	+1,00	0	+1,50	0	+2,25	0	+3,50	0	+5,00
Св. 250 до 280	0	+1,25	0	+2,00	0	+3,00	0	+4,00	0	+6,00
Св. 280 до 315	-2,5	-1,25	-4,0	-2,00	-6,0	-3,00	-8,0	-4,00	-12,0	-6,00
Св. 315 до 355	0	+1,50	0	+2,50	0	+3,50	0	+4,50	0	+6,50
Св. 355 до 400	-3,0	-1,50	-5,0	-2,50	-7,0	-3,50	-9,0	-4,50	-13,0	-6,50
Св. 400 до 450	0	+2,00	0	+3,00	0	+4,00	0	+5,00	0	+7,50
Св. 450 до 500	-4,0	-2,00	-6,0	-3,00	-8,0	-4,00	-10,0	-5,00	-15,0	-7,50

Продолжение таблицы А3

Интервал размеров, мм	Поля допусков														
	g4	h4	js4	k4	m4	n4	g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5	r5	s5
	Предельные отклонения, мкм														
От 1 до 3	-2 -5	0 -3	+1,5 -1,5	+3 0	+5 +2	+7 +4	-2 -6	0 -4	+2,0 -2,0	+4 0	+6 +2	+8 +4	+10 +6	+14 +10	+18 +14
Св. 3 до 6	-4 -8	0 -4	+2,0 -2,0	+5 +1	+8 +4	+12 +8	-4 -9	0 -5	+2,5 -1,5	+6 +1	+9 +4	+13 +8	+17 +12	+20 +15	+24 +19
Св. 6 до 10	-5 -9	0 -4	+2,0 -2,0	+5 +1	+10 +6	+14 +10	-5 -11	0 -6	+3,0 -3,0	+7 +1	+12 +6	+16 +10	+21 +15	+25 +19	+29 +23
Св. 10 до 14	-6	0	+2,5	+6	+12	+17	-6	0	+4,0	+9	+15	+20	+26	+31	+36
Св. 14 до 18	-11	-5	-2,5	+1	+7	+12	-14	-8	-4,0	+1	+7	+12	+18	+23	+28
Св. 18 до 24	-7	0	+3,0	+8	+14	+21	-7	0	+4,5	+11	+17	+24	+31	+37	+44
Св. 24 до 30	-13	-	-0	+2	+8	+15	-16	-9	-4,5	+2	+8	+15	+22	+28	+35
Св. 30 до 40	-9	0	+3,5	+9	+16	+24	-9	0	+5,5	+13	+20	+28	+37	+45	+54
Св. 40 до 50	-16	-7	-3,5	+2	+9	+17	-20	-11	-5,5	+2	+9	+17	+26	+34	+43
Св. 50 до 65	-10	0	+4,0	+10	+19	+28	-10	0	+6,5	+15	+24	+33	+45	+54 +41	+66 +53
Св. 65 до 80	-18	-8	-4,0	+2	+11	+20	-23	-13	-6,5	+2	+11	+20	+32	+56 +43	+72 +59
Св. 80 до 100	-12	0	+5,0	+13	+23	+33	-12	0	+7,5	+18	+28	+38	+52	+66 +51	+86 +71
Св. 100 до 120	-22	-10	-5,0	+3	+13	+23	-17	-15	-7,5	+3	+13	+23	+37	+69 +54	+94 +79
Св. 120 до 140														+81 +63	+110 +92
Св. 140 до 160	-14	0	+6,0	+15	+27	+39	-14	0	+9,0	+21	+33	+45	+61	+83 +65	+118 +100
Св. 160 до 180	-26	-12	-6,0	+3	+15	+27	-32	-18	-9,0	+3	+15	+27	+43	+86 +68	+126 +108
Св. 180 до 200														+97 +77	+142 +122
Св. 200 до 225	-15	0	+7,0	+18	+31	+45	-15	0	+10,0	+24	+37	+51	+70	+100 +80	+150 +130
Св. 225 до 250	-29	-14	-7,0	+4	+17	+31	-35	-20	-10,0	+4	+17	+31	+50	+104 +84	+160 +140
Св. 250 до 280	-17	0	+8,0	+20	+36	+50	-17	0	+11,5	+27	+43	+57	+79	+117 +94	+181 +158
Св. 280 до 315	-33	-16	-8,0	+4	+20	+34	-40	-23	-11,5	+4	+20	+34	+56	+121 +98	+193 +170
Св. 315 до 355	-18	0	+9,0	+22	+39	+55	-18	0	+12,5	+29	+46	+62	+87	+133 +108	+215 +190
Св. 355 до 400	-36	-18	-9,0	+4	+21	+37	-43	-25	-12,5	+4	+21	+37	+62	+139 +114	+233 +208
Св. 400 до 450	-20	0	+10,0	+25	+43	+60	-20	0	+13,5	+32	+50	+67	+95	+153 +126	+259 +232
Св. 450 до 500	-40	-20	-10,0	+5	+23	+40	-47	-27	-13,5	+5	+23	+40	+68	+159 +132	+279 +252

Продолжение таблицы А3

Интервал размеров, мм	Поля допусков										
	f6	g6	h6	j <sub>s</sub> 6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6
	Предельные отклонения, мкм										
От 1 до 3	-6 -12	-2 -8	0 -6	+3,0 -3,0	+6 0	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	-
Св. 3 до 6	-10 -18	-4 -12	0 -8	+4,0 -4,0	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	-
Св. 6 до 10	-13 -22	-5 -14	0 -9	+4,5 -4,5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	-
Св. 10 до 14	-6	-6	0	+5,5	+12	+18	+23	+29	+34	+39	-
Св. 14 до 18	-27	-17	-11	-5,5	+1	+7	+12	+18	+23	+28	-
Св. 18 до 24	-20	-7	0	+6,5	+15	+21	+28	+35	+41	+48	-
Св. 24 до 30	-33	-20	-13	-6,5	+2	+8	+15	+22	+28	+35	+54 +41
Св. 30 до 40	-25	-9	0	+8,0	+18	+25	+33	+42	+50	+59	+64 +48
Св. 40 до 50	-41	-25	-16	-8,0	+2	+9	+17	+26	+34	+43	+70 +54
Св. 50 до 65	-30	-10	0	+9,5	+21	+30	+39	+51	+60 +41	+72 +53	+85 +66
Св. 65 до 80	-49	-29	-9	-9,5	+2	+11	+20	+32	+62 +43	+78 +59	+94 +75
Св. 80 до 100	-36	-12	0	+11,0	+25	+35	+45	+59	+73 +51	+93 +71	+113 +91
Св. 100 до 120	-58	-34	-22	-11,0	+3	+13	+23	+37	+76 +54	+101 +79	+126 +104
Св. 120 до 140									+88 +63	+117 +92	+147 +122
Св. 140 до 160	-43	-14	0	+12,5	+28	+40	+52	+68	+90 +65	+125 +100	+159 +134
Св. 160 до 180	-68	-39	-25	-12,5	+3	+15	+27	+43	+93 +68	+133 +108	+171 +146
Св. 180 до 200									+106 +77	+151 +122	+195 +166
Св. 200 до 225	-50	-15	0	+14,5	+33	+46	+60	+79	+109 +80	+159 +130	+209 +180
Св. 225 до 250	-79	-44	-29	-14,5	+4	+17	+31	+50	+113 +84	+169 +140	+225 +196
Св. 250 до 280	-56	-17	0	+16,0	+36	+52	+66	+88	+126 +94	+190 +168	+250 +218
Св. 280 до 315	-88	-49	-32	-16,0	+4	+20	+34	+56	+130 +98	+202 +170	+272 +240
Св. 315 до 355	-62	-18	0	+18,0	+40	+57	+73	+98	+144 +108	+226 +190	+304 +268
Св. 355 до 400	-98	-54	-36	-18,0	+4	+21	+37	+62	+150 +114	+244 +208	+330 +294
Св. 400 до 450	-68	-20	0	+20,0	+45	+63	+80	+108	+166 +126	+272 +232	+370 +330
Св. 450 до 500	-108	-60	-40	-20,0	+5	+23	+40	+68	+172 +132	+292 +252	+400 +360

Продолжение таблицы А3

Интервал размеров, мм	Поля допусков								
	e7	f7	h7	js7	k7	m7	n7	s7	u7
	Предельные отклонения, мкм								
От 1 до 3	-14 -24	-6 -16	0 -10	+5 -5	+10 0	-	+14 +4	+24 +14	+28 +18
Св. 3 до 6	-20 -32	-10 -22	0 -12	+6 -6	+13 +1	+16 +4	+20 +8	+31 +19	+35 +23
Св. 6 до 10	-25 -40	-13 -28	0 -15	+7 -7	+16 +1	+21 +6	+25 +10	+38 +23	+43 +28
Св. 10 до 14	-32	-16	0	+9	+19	+25	+30	+46	+51
Св. 14 до 18	-50	-34	-18	-9	+1	+7	+12	+28	+33
Св. 18 до 24	-40	-20	0	+10	+23	+29	+36	+56	+62 +41
Св. 24 до 30	-61	-41	-21	-10	+2	+8	+15	+35	+69 +48
Св. 30 до 40	-50	-25	0	+12	+27	+34	+42	+68	+85 +60
Св. 40 до 50	-75	-50	-25	-12	+2	+9	+17	+43	+95 +70
Св. 50 до 65	-60	-30	0	+15	+32	+41	+50	+83 +53	+117 +87
Св. 65 до 80	-90	-60	-30	-15	+2	+11	+20	+89 +59	+132 +102
Св. 80 до 100	-72	-36	0	+17	+38	+48	+58	+106 +71	+159 +124
Св. 100 до 120	-107	-71	-35	-17	+3	+13	+23	+114 +79	+179 +144
Св. 120 до 140								+132 +92	+210 +170
Св. 140 до 160	-85	-43	0	+20	+43	+55	+67	+140 +100	+230 +190
Св. 160 до 180	-125	-83	-40	-20	+3	+15	+27	+148 +108	+250 +210
Св. 180 до 200								+168 +122	+282 +236
Св. 200 до 225	-100	-50	0	+23	+50	+63	+77	+176 +130	+304 +258
Св. 225 до 250	-146	-96	-46	-23	+4	+17	+31	+186 +140	+330 +284
Св. 250 до 280	-110	-56	0	+26	+56	+72	+86	+210 +158	+367 +315
Св. 280 до 315	-162	-108	-52	-26	+4	+20	+34	+222 +170	+402 +350
Св. 315 до 355	-125	-62	0	+28	+61	+78	+94	+247 +190	+447 +390
Св. 355 до 400	-182	-119	-57	-28	+4	+21	+37	+265 +208	+492 +435
Св. 400 до 450	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+295 +232	+553 +490
Св. 450 до 500	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+315 +252	+603 +540



Продолжение таблицы АЗ

Интервал размеров, мм	Поля допусков													
	c8	d8	e8	f8	h8	j <sub>s</sub> 8 <sup>x</sup>	u8	x8	z8	D9	e9	f9	h9	j <sub>s</sub> 9 <sup>x</sup>
	Предельные отклонения, мкм													
От 1 до 3	-60 -74	-20 -34	-14 -28	-6 -20	0 -14	+7 -7	+32 +18	+34 +20	+40 +26	-20 -45	-14 -39	-6 -31	0 -25	+12 -12
Св. 3 до 6	-70 -88	-30 -48	-20 -38	-10 -28	0 -18	+9 -9	+41 +23	+46 +28	+53 +35	-30 -60	-20 -50	-10 -40	0 -30	+15 -15
Св. 6 до 10	-80 -102	-40 -62	-25 -47	-13 -35	0 -22	+11 -11	+50 +28	+56 +34	+64 +42	-40 -76	-25 -61	-13 -49	0 -36	+18 -18
Св. 10 до 14	-95	-50	-32	-16	0	+13	+60	+67 +40	+77 +50	-50	-32	-16	0	+21
Св. 14 до 18	-122	-77	-59	-43	-27	-13	+33	+72 +45	+87 +60	-93	-75	-59	-3	-21
Св. 18 до 24	-110	-65	-40	-20	0	+16	+74 +41	+87 +54	+106 +73	-65	-40	-20	0	+26
Св. 24 до 30	-143	-98	-73	-53	-33	-6	+81 +48	+97 +64	+121 +88	-117	-92	-72	-52	-26
Св. 30 до 40	-120 -159	-80	-50	-25	0	+19	+99 +60	+119 +80	+151 +112	-80	-50	-25	0	+31
Св. 40 до 50	-130 -169	-119	-89	-64	-39	-19	+109 +70	+136 +97	+175 +136	-142	-112	-87	-62	-31
Св. 50 до 65	-140 -186	-100	-60	-30	0	+23	+133 +87	+168 +122	+218 +172	-100	-60	-30	0	+37
Св. 65 до 80	-150 -196	-146	-106	-76	-46	-23	+148 +102	+192 +146	+256 +210	-174	-134	-104	-74	-37
Св. 80 до 100	-170 -224	-120	-72	-36	0	+27	+178 +124	+232 +178	+312 +258	-120	-72	-36	0	+43
Св. 100 до 120	-180 -234	-174	-126	-90	-54	-27	+198 +144	+264 +210	+364 +310	-207	-159	-123	-87	-43
Св. 120 до 140	-200 -263	-145	-85	-43	0	+31	+233 +170	+311 +248	+428 +365	-145	-85	-43	0	+50
Св. 140 до 160	-210 -273						+253 +190	+343 +280	+478 +415					
Св. 160 до 180	-230 -293						+273 +210	+373 +310	+528 +465					
Св. 180 до 200	-240 -312	-170	-100	-50	0	+36	+308 +236	+422 +350	+592 +520	-170	-100	-50	0	+57
Св. 200 до 225	-260 -332						+330 +258	+457 +385	+647 +575					
Св. 225 до 250	-280 -352						+356 +284	+497 +425	+712 +640					
Св. 250 до 280	-300 -381	-190	-110	-56	0	+40	+396 +315	+556 +475	+791 +710	-190	-110	-56	0	+65
Св. 280 до 315	-330 -411	-271	-191	-137	-81	-40	+431 +350	+606 +525	+871 +790	-320	-240	-186	-130	-65
Св. 315 до 355	-360 -449	-210	-125	-62	0	+44	+479 +390	+679 +590	+989 +900	-210	-125	-62	0	+70
Св. 355 до 400	-400 -489	-299	-214	-151	-89	-44	+524 +435	+749 +660	+1089 +1000	-350	-265	-202	-140	-70
Св. 400 до 450	-440 -537	-230	-135	-68	0	+48	+587 +490	+837 +740	+1197 +1100	-230	-135	-68	0	+77
Св. 450 до 500	-480 -577	-327	-232	-165	-97	-48	+637 +540	+917 +820	+1347 +1250	-385	-290	-223	-155	-77

Продолжение таблицы АЗ

Интервал размеров, мм	Поля допусков											
	d10	h10	$j_s10^x$	a11	B11	c11	d11	h11	$j_s11$	b12	H12	$j_s12^x$
	Предельные отклонения, мкм											
От 1 до 3	-20 -60	0 -40	+20 -20	-270 -330	-140 -200	-60 -120	-20 -80	0 -60	+30 -30	-140 -240	0 -100	+50 -50
Св. 3 до 6	-30 -78	0 -48	+24 -24	-270 -345	-140 -215	-70 -145	-30 -105	0 -75	+37 -37	-140 -260	0 -120	+60 -60
Св. 6 до 10	-40 -98	0 -58	+29 -29	-280 -370	-150 -240	-80 -170	-40 -130	0 -90	+45 -45	-150 -300	0 -150	+75 -75
Св. 10 до 14	-50	0	+35	-290	-150	-95	-50	0	+55	-150	0	+90
Св. 14 до 18	-120	-70	-35	-400	-260	-205	-160	-110	-55	-330	-180	-90
Св. 18 до 24	-65	0	+42	-300	-160	-110	-65	0	+65	-160	0	+105
Св. 24 до 30	-149	-84	-42	-430	-290	-240	-195	-130	-65	-370	-210	-105
Св. 30 до 40	-80	0	+50	-310 -470	-170 -330	-120 -280	-80	0	+80	-170 -420	0	+125
Св. 40 до 50	-180	-100	-50	-320 -480	-180 -340	-130 -290	-240	-160	-80	-180 -430	-250	-125
Св. 50 до 65	-100	0	+60	-340 -530	-190 -380	-140 -330	-100	0	+95	-190 -490	0	+150
Св. 65 до 80	-220	-120	-60	-360 -550	-200 -390	-150 -340	-290	-190	-95	-200 -500	-300	-150
Св. 80 до 100	-120	0	+70	-380 -600	-220 -440	-170 -390	-120	0	+110	-220 -570	0	+175
Св. 100 до 120	-260	-140	-70	-410 -630	-240 -460	-180 -400	-340	-220	-110	-240 -590	-350	-175
Св. 120 до 140	-145	0	+80	-460 -710	-260 -510	-200 -450	-145	0	+125	-260 -660	0	+200
Св. 140 до 160				-520 -770	-280 -530	-210 -460				-280 -680		
Св. 160 до 180				-580 -830	-310 -560	-230 -480				-310 -710		
Св. 180 до 200	-170	0	+92	-660 -950	-340 -630	-240 -530	-170	0	+145	-340 -800	0	+230
Св. 200 до 225				-740 -1030	-380 -670	-260 -550				-380 -840		
Св. 225 до 250				-820 -1110	-420 -710	-280 -570				-420 -880		
Св. 250 до 280	-190	0	+105	-920 -1240	-480 -800	-300 -620	-190	0	+160	-480 -1000	0	+260
Св. 280 до 315				-400	-210	-105				-1050 -1370		
Св. 315 до 355	-210	0	+115	-1200 -1660	-600 -960	-360 -720	-210	0	+180	-600 -1170	0	+285
Св. 355 до 400				-440	-230	-115				-1350 -1710		
Св. 400 до 450	-230	0	+125	-1500 -1900	-760 -1160	-440 -840	-230	0	+200	-760 -1390	0	+315
Св. 450 до 500				-480	-250	-125				-1650 -2050		

Продолжение таблицы АЗ

Интервал размеров, мм	Поля допусков									
	h13 <sup>x</sup>	j <sub>s</sub> 13 <sup>x</sup>	h14 <sup>x</sup>	j <sub>s</sub> 14 <sup>x</sup>	h15 <sup>x</sup>	j <sub>s</sub> 15 <sup>x</sup>	h16 <sup>x</sup>	j <sub>s</sub> 16 <sup>x</sup>	h17 <sup>x</sup>	j <sub>s</sub> 17 <sup>x</sup>
	Предельные отклонения, мкм									
От 1 до 3	0 -140	+70 -70	0 -250	+125 -125	0 -400	+200 -200	0 -600	+300 -300	0 -1000	+500 -500
Св. 3 до 6	0 -180	+90 -90	0 -300	+150 -150	0 -480	+240 -240	0 -750	+375 -375	0 -1200	+600 -600
Св. 6 до 10	0 -220	+110 -110	0 -360	+180 -180	0 -580	+290 -290	0 -900	+450 -450	0 -1500	+750 -750
Св. 10 до 14	0	+135	0	+215	0	+350	0	+550	0	+900
Св. 14 до 18	-270	-135	-430	-215	-700	-350	-1100	-550	-1800	-900
Св. 18 до 24	0	+165	0	+260	0	+420	0	+650	0	+1050
Св. 24 до 30	-330	-165	-520	-260	-840	-420	-1300	-650	-2100	-1050
Св. 30 до 40	0	+195	0	+310	0	+500	0	+800	0	+1250
Св. 40 до 50	-390	-195	-620	-310	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250
Св. 50 до 65	0	+230	0	+370	0	+600	0	+950	0	+1500
Св. 65 до 80	-460	-230	-740	-370	-1200	-600	-1900	-950	-3000	-1500
Св. 80 до 100	0	+270	0	+435	0	+700	0	+1100	0	+1750
Св. 100 до 120	-540	-270	-870	-435	-1400	-700	-2200	-1100	-3500	-1750
Св. 120 до 140	0	+315	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+2000
Св. 140 до 160	-630	-315	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-4000	-2000
Св. 160 до 180	0	+360	0	+575	0	+925	0	+1450	0	+2300
Св. 180 до 200	-720	-360	-1150	-575	-1850	-925	-2900	-1450	-4600	-2300
Св. 200 до 225	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600
Св. 225 до 250	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600
Св. 250 до 280	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850
Св. 280 до 315	-890	-445	-1400	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850
Св. 315 до 355	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150
Св. 355 до 400	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150
Св. 400 до 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150
Св. 450 до 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150

Таблица А4 – Рекомендуемые посадки ЕСДП для размеров от 1 до 500 мм. ГОСТ 25347 – 82. Система вала

Поля допусков основного вала		h4	h5	h6	h7	h8	h9	h10	h11	h12
Посадки с зазором	Посадки с особо большим зазором (А, В, С)								$\frac{A11}{h11}$	
									$\frac{B11}{h11}$	$\frac{B12}{h12}$
										$\frac{C11}{h11}$
	Посадки с большим зазором (D)			$\frac{D8}{h6}$	$\frac{D8}{h7}$	$\frac{D8}{h8}$ $\frac{D9}{h8}$	$\frac{D9}{h9}$ $\frac{D10}{h9}$	$\frac{D10}{h10}$	$\frac{D11}{h11}$	
	Посадки с увеличенным зазором (E)			$\frac{E8}{h6}$	$\frac{E8}{h7}$	$\frac{E8}{h8}$ <b><math>\frac{E9}{h8}</math></b>	$\frac{E9}{h9}$			
	Посадки с нормальным зазором (F)		$\frac{F7}{h5}$	$\frac{F7}{h6}$ <b><math>\frac{F8}{h6}</math></b>	$\frac{F8}{h7}$	$\frac{F8}{h8}$ $\frac{F9}{h8}$	$\frac{F9}{h9}$			
	Посадки с уменьшенным зазором (G)	$\frac{G5}{h4}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{G7}{h6}$						
	Посадки с малым зазором (H)	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{H6}{h5}$	<b><math>\frac{H7}{h6}</math></b>	<b><math>\frac{H8}{h7}</math></b>	<b><math>\frac{H8}{h8}</math></b> $\frac{H9}{h8}$	$\frac{H8}{h9}$ $\frac{H9}{h9}$ $\frac{H10}{h9}$	$\frac{H10}{h10}$	<b><math>\frac{H11}{h11}</math></b>	$\frac{H12}{h12}$

Продолжение таблицы А4

136

Поля допусков основного вала		h4	h5	h6	h7	h8	h9	h10	h11	H12
Переходные посадки	Посадки с преимущественным зазором (Js, K)	$\frac{Js5}{h4}$	$\frac{Js6}{h5}$	<b><math>\frac{Js7}{h6}</math></b>	$\frac{Js8}{h7}$					
		$\frac{K5}{h4}$	$\frac{K6}{h5}$	<b><math>\frac{K7}{h6}</math></b>	$\frac{K8}{h7}$					
	Посадки с преимущественным натягом (M, N)	$\frac{M5}{h4}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{M8}{h7}$					
				<b><math>\frac{N7}{h6}</math></b>	$\frac{N8}{h7}$					
Посадки с натягом	Особо легкие (N)	$\frac{N5}{h4}$	$\frac{N6}{h5}$							
	Легкие посадки (P, R)		$\frac{P6}{h5}$	<b><math>\frac{P7}{h6}</math></b>						
				$\frac{R7}{h6}$						
	Средние посадки (S, T)			$\frac{S7}{h6}$						
				$\frac{T7}{h6}$						
Тяжелые посадки (U)				$\frac{U8}{h7}$						
Примечание – Предпочтительные посадки выделены жирным шрифтом.										

Таблица А5 – Поля допусков основных валов для размеров от 1 до 500 мм.  
ГОСТ 25347

Интервал размеров, мм	Поля допусков валов													
	h4	h5	h6	h7	h8	h9	h10	h11	h12	h13 <sup>x</sup>	h14 <sup>x</sup>	h15 <sup>x</sup>	h16 <sup>x</sup>	h17 <sup>x</sup>
	Предельные отклонения, мкм													
От 1 до 3	0 -3	0 -4	0 -6	0 -10	0 -14	0 -25	0 -40	0 -60	0 -100	0 -140	0 -250	0 -400	0 -600	0 -1000
Св. 3 до 6	0 -4	0 -5	0 -8	0 -12	0 -18	0 -30	0 -48	0 -75	0 -120	0 -180	0 -300	0 -480	0 -750	0 -1200
Св. 6 до 10	0 -4	0 -6	0 -9	0 -15	0 -22	0 -36	0 -58	0 -90	0 -150	0 -220	0 -360	0 -580	0 -900	0 -1500
Св. 10 до 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 14 до 18	-5	-8	-11	-18	-27	-43	-70	-110	-180	-270	-430	-700	-1100	-1800
Св. 18 до 24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 24 до 30	-6	-9	-13	-21	-33	-52	-84	-130	-210	-330	-520	-840	-1300	-2100
Св. 30 до 40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 40 до 50	-7	-11	-16	-25	-39	-62	-100	-160	-250	-390	-620	-1000	-1600	-2500
Св. 50 до 65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 65 до 80	-8	-13	-19	-30	-46	-74	-120	-190	-300	-460	-740	-1200	-1900	-3000
Св. 80 до 100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 100 до 120	-10	-15	-22	-35	-54	-87	-140	-220	-350	-540	-870	-1400	-2200	-3500
Св. 120 до 140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 140 до 160	-12	-18	-25	-40	-63	-100	-160	-250	-400	-630	-1000	-1600	-2500	-4000
Св. 160 до 180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 180 до 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 200 до 225	-14	-20	-29	-46	-72	-115	-185	-290	-460	-720	-1150	-1850	-2900	-4800
Св. 225 до 250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 250 до 280	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 280 до 315	-16	-23	-32	-52	-81	-130	-210	-320	-520	-810	-1300	-2100	-3200	-5200
Св. 315 до 355	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 355 до 400	-18	-25	-36	-57	-89	-140	-230	-360	-570	-890	-1400	-2300	-3600	-5700
Св. 400 до 450	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 450 до 500	-20	-27	-40	-63	-97	-155	-250	-400	-630	-970	-1550	-2500	-4000	-8300

Таблица А6 – Поля допусков отверстий при номинальных размерах от 1 до 500 мм.

Предельные отклонения по ГОСТ 25347

Интервал размеров, мм	Поля допусков											
	H01 <sup>x</sup>	Js01 <sup>x</sup>	H0 <sup>x</sup>	Js0 <sup>x</sup>	H1 <sup>x</sup>	Js1 <sup>x</sup>	H2 <sup>x</sup>	Js2 <sup>x</sup>	H3 <sup>x</sup>	Js3 <sup>x</sup>	H4 <sup>x</sup>	Js4 <sup>x</sup>
	Предельные отклонения, мкм											
От 1 до 3	+0,3 0	+0,15 -0,15	+0,5 0	+0,25 -0,25	+0,8 0	+0,40 -0,40	+1,2 0	+0,60 -0,60	+2,0 0	+1,00 -1,00	+3 0	+1,5 -1,5
Св. 3 до 6	+0,4 0	+0,20 -0,20	+0,6 0	+0,30 -0,30	+1,0 0	+0,50 -0,50	+1,5 0	+0,75 -0,75	+2,5 0	+1,25 -1,25	+4 0	+2,0 -2,0
Св. 6 до 10	+0,4 0	+0,20 -0,20	+0,6 0	+0,30 -0,30	+1,0 0	+0,50 -0,50	+1,5 0	+0,75 -0,75	+2,5 0	+1,25 -1,25	+4 0	+2,0 -2,0
Св. 10 до 14	+0,5	+0,25	+0,8	+0,40	+1,2	+0,60	+2,0	+1,00	+3,0	+1,50	+5	+2,5
Св. 14 до 18	0	-0,25	0	-0,40	0	-0,60	0	-1,00	0	-1,50	0	-2,5
Св. 18 до 24	+0,6	+0,30	+1,0	+0,50	+1,5	+0,75	+2,5	+1,25	+4,0	+2,00	+6	+3,0
Св. 24 до 30	0	-0,30	0	-0,50	0	-0,75	0	-1,25	0	-2,00	0	-3,0
Св. 30 до 40	+0,6	+0,30	+1,0	+0,50	+1,5	+0,75	+2,5	+1,25	+4,0	+2,00	+7	+3,5
Св. 40 до 50	0	-0,30	0	-0,50	0	-0,75	0	-1,25	0	-2,00	0	-3,5
Св. 50 до 65	+0,8	+0,40	+1,2	+0,60	+2,0	+1,00	+3,0	+1,50	+5,0	+2,50	+8	+4,0
Св. 65 до 80	0	-0,40	0	-0,60	0	-1,00	0	-1,50	0	-2,50	0	-4,0
Св. 80 до 100	+1,0	+0,50	+1,5	+0,75	+2,5	+1,25	+4,0	+2,00	+6,0	+3,00	+10	+5,0
Св. 100 до 120	0	-0,50	0	-0,75	0	-1,25	0	-2,00	0	-3,00	0	-5,0
Св. 120 до 140	+1,2	+0,60	+2,0	+1,00	+3,5	+1,75	+5,0	+2,50	+8,0	+4,00	+12	+6,0
Св. 140 до 160	0	-0,60	0	-1,00	0	-1,75	0	-2,50	0	-4,00	0	-6,0
Св. 160 до 180	+2,0	+1,00	+3,0	+1,50	+4,5	+2,25	+7,0	+3,50	+10,0	+5,00	+14	+7,0
Св. 180 до 200	0	-1,00	0	-1,50	0	-2,25	0	-3,50	0	-5,00	0	-7,0
Св. 200 до 225	+2,5	+1,25	+4,0	+2,00	+6,0	+3,00	+8,0	+4,00	+12,0	+6,00	+16	+8,0
Св. 225 до 250	0	-1,25	0	-2,00	0	-3,00	0	-4,00	0	-6,00	0	-8,0
Св. 250 до 280	+3,0	+1,50	+5,0	+2,50	+7,0	+3,50	+9,0	+4,50	+13,0	+6,50	+18	+9,0
Св. 280 до 315	0	-1,50	0	-2,50	0	-3,50	0	-4,50	0	-6,50	0	-9,0
Св. 315 до 355	+4,0	+2,00	+6,0	+3,00	+8,0	+4,00	+10,0	+5,00	+15,0	+7,50	+20	+10,0
Св. 355 до 400	0	-2,00	0	-3,00	0	-4,00	0	-5,00	0	-7,50	0	-10,0
Св. 400 до 450	+4,0	+2,00	+6,0	+3,00	+8,0	+4,00	+10,0	+5,00	+15,0	+7,50	+20	+10,0
Св. 450 до 500	0	-2,00	0	-3,00	0	-4,00	0	-5,00	0	-7,50	0	-10,0

Продолжение таблицы А6

Интервал размеров, мм	Поля допусков												
	G5	H5	Js5	K5	M5	N5	G6	H6	Js6	K6	M6	N6	P6
	Предельные отклонения, мкм												
От 1 до 3	+6 +2	+4 0	+2,0 -2,0	0 -4	-2 -6	-4 -8	+8 +2	+6 0	+3,0 -3,0	0 -6	-2 -8	-4 -10	-6 -12
Св. 3 до 6	+9 +4	+5 0	+2,5 -2,5	0 -5	-3 -8	-7 -12	+12 +4	+8 0	+4,0 -4,0	+2 -6	-1 -9	-5 -13	-9 -17
Св. 6 до 10	+11 +5	+6 0	+3,0 -3,0	+1 -5	-4 -10	-8 -14	+14 +5	+9 0	+4,5 -4,5	+2 -7	-3 -12	-7 -18	-12 -21
Св. 10 до 14	+14	+8	+4,0	+2	-4	-9	+17	+11	+5,5	+2	-4	-9	-15
Св. 14 до 18	+6	0	-4,0	-6	-12	-17	+8	0	-5,5	-9	-15	-20	-26
Св. 18 до 24	+16	+9	+4,5	+1	-5	-12	+20	+13	+6,5	+2	-4	-11	-18
Св. 24 до 30	+7	0	-4,5	-8	-14	-21	+7	0	-6,5	-11	-17	-24	-31
Св. 30 до 40	+20	+11	+5,5	+2	-5	-13	+25	+16	+8,0	+3	-4	-12	-21
Св. 40 до 50	+9	0	-5,5	-9	-16	-24	+9	0	-8,0	-13	-20	-28	-37
Св. 50 до 65	+23	+13	+6,5	+3	-6	-15	+29	+19	+9,5	+4	-5	-14	-28
Св. 65 до 80	+10	0	-6,5	-10	-19	-28	+10	0	-9,5	-15	-24	-33	-45
Св. 80 до 100	+27	+15	+7,5	+2	-8	-18	+34	+22	+11,0	+4	-6	-16	-30
Св. 100 до 120	+12	0	-7,5	-13	-23	-33	+12	0	-11,0	-18	-28	-38	-52
Св. 120 до 140													
Св. 140 до 160	+32	+18	+9,0	+3	-9	-21	+39	+25	+12,5	+4	-8	-20	-36
Св. 160 до 180	+14	0	-9,0	-15	-27	-39	+14	0	-12,5	-21	-33	-45	-61
Св. 180 до 200													
Св. 200 до 225	+35	+20	+10,0	+2	-11	-25	+44	+29	+14,5	+5	-8	-22	-41
Св. 225 до 250	+15	0	-10,0	-18	-31	-45	+15	0	-14,5	-24	-37	-51	-70
Св. 250 до 280	+40	+23	+11,5	+3	-13	-27	+49	+32	+16,0	+5	-9	-25	-47
Св. 280 до 315	+17	0	-11,5	-20	-36	-50	+17	0	-16,0	-27	-41	-57	-79
Св. 315 до 355	+43	+25	+12,5	+3	-14	-30	+54	+36	+18,0	+7	-10	-26	-51
Св. 355 до 400	+18	0	-12,5	-22	-39	-55	+18	0	-18,0	-29	-46	-62	-87
Св. 400 до 450	+47	+27	+13,5	+2	-16	-33	+60	+40	+20,0	+8	-10	-27	-55
Св. 450 до 500	+20	0	-13,5	-25	-43	-60	+20	0	-20,0	-32	-50	-67	-95



Продолжение таблицы А6

Интервал размеров, мм	Поля допусков										
	F7	G7	H7	Js7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7
	Предельные отклонения, мкм										
От 1 до 3	+16 +6	+12 +2	+10 0	+5 -5	0 -10	-2 -12	-4 -14	-6 -16	-10 -20	-14 -24	-
Св. 3 до 6	+22 +10	+16 +4	+12 0	+6 -6	+3 -9	0 -12	-4 -16	-8 -20	-11 -23	-15 -27	-
Св. 6 до 10	+28 +13	+20 +5	+15 0	+7 -7	+5 -10	0 -15	-4 -19	-9 -24	-13 -28	-17 -32	-
Св. 10 до 14	+34	+24	+18	+9	+6	0	-5	-11	-16	-21	-
Св. 14 до 18	+16	+6	0	-9	-12	-18	-23	-29	-34	-39	-
Св. 18 до 24	+41	+28	+21	+10	+6	0	-7	-14	-20	-27	-
Св. 24 до 30	+20	+7	0	-10	-15	-21	-28	-35	-41	-48	-33 -54
Св. 30 до 40	+50	+34	+25	+12	+7	0	-8	-17	-25	-34	-39 -64
Св. 40 до 50	+25	+9	0	-12	-18	-25	-33	-42	-50	-59	-45 -70
Св. 50 до 65	+60	+40	+30	+15	+9	0	-9	-21	-30 -60	-42 -72	-55 -85
Св. 65 до 80	+30	+10	0	-15	-21	-30	-39	-51	-32 -62	-48 -78	-64 -94
Св. 80 до 100	+71	+47	+35	+17	+10	0	-10	-24	-38 -73	-58 -93	78 -113
Св. 100 до 120	+36	+12	0	-17	-25	-35	-45	-59	-41 -76	-66 -101	-91 -126
Св. 120 до 140									-48 -88	-77 -117	-107 -147
Св. 140 до 160	+83	+54	+40	+20	+12	0	-12	-28	-50 -90	-85 -125	-119 -159
Св. 160 до 180	+43	+14	0	-20	-28	-40	-52	-68	-53 -93	-93 -133	-131 -171
Св. 180 до 200									-60 -106	-105 -151	-149 -195
Св. 200 до 225	+96	+61	+46	+23	+13	0	-14	-33	-63 -109	-113 -159	-163 -209
Св. 225 до 250	+50	+15	0	-23	-33	-46	-60	-79	-67 -113	-123 -169	-179 -225
Св. 250 до 280	+108	+69	+52	+26	+16	0	-14	-36	-74 -126	-138 -190	-198 -250
Св. 280 до 315	+56	+17	0	-26	-36	-52	-66	-88	-78 -130	-150 -202	-220 -272
Св. 315 до 355	+119	+75	+57	+28	+17	0	-16	-41	-87 -144	-169 -226	-247 -304
Св. 355 до 400	+62	+18	0	-28	-40	-57	-73	-98	-93 -150	-187 -244	-273 -330
Св. 400 до 450	+131	+83	+63	+31	+18	0	-17	-45	-103 -166	-209 -272	-307 -370
Св. 450 до 500	+68	+20	0	-31	-45	-63	-80	-108	-109 -172	-229 -292	-337 -400

Продолжение таблицы А6

Интервал размеров, мм	Поля допусков													
	D8	E8	F8	H8	Js8	K8	M8	N8	U8	D9	E9	F9	H9	Js9 <sup>x</sup>
	Предельные отклонения, мкм													
От 1 до 3	+34 +20	+28 +14	+20 +6	+14 0	+7 -7	0 -14	-	-4 -18	-18 -32	+45 +20	+39 +14	+31 +6	+25 0	+12 -12
Св. 3 до 6	+48 +30	+38 +20	+28 +10	+18 0	+9 -9	+5 -13	+2 -16	-2 -20	-23 -41	+60 +30	+50 +20	+40 +10	+30 0	+15 -15
Св. 6 до 10	+62 +40	+47 +25	+35 +13	+22 0	+11 -11	+6 -16	+1 -21	-3 -25	-28 -50	+76 +40	+61 +25	+49 +13	+36 0	+18 -18
Св. 10 до 14	+77	+59	+43	+27	+13	+8	+2	-3	-33	+93	+75	+59	+43	+21
Св. 14 до 18	+50	+32	+16	0	-13	-19	-25	-30	-60	+50	+32	+16	0	-21
Св. 18 до 24	+98	+73	+53	+33	+16	+10	+4	-3	-41 -74	+117	+92	+72	+52	+26
Св. 24 до 30	+65	+40	+20	0	-16	-23	-29	-36	-48 -81	+65	+40	+20	0	-26
Св. 30 до 40	+119	+89	+64	+39	+19	+12	+5	-3	-60 -99	+142	+112	+87	+62	+31
Св. 40 до 50	+80	+50	+25	0	-19	-27	-34	-42	-70 -109	+80	+50	+25	0	-31
Св. 50 до 65	+146	+106	+76	+46	+23	+14	+5	-4	-87 -133	+174	+134	+104	+74	+37
Св. 65 до 80	+100	+60	+30	0	-23	-32	-41	-50	-102 -148	+100	+60	+30	0	-37
Св. 80 до 100	+174	+126	+90	+54	+27	+16	-6	-4	-124 -178	+207	+159	+123	+87	+43
Св. 100 до 120	+120	+72	+36	0	-27	-38	-48	-58	-144 -198	+120	+72	+36	0	-43
Св. 120 до 140									-170 -233					
Св. 140 до 160	+208	+148	+106	+63	+31	+20	+8	-4	-190 -253	+245	+185	+143	+100	+50
Св. 160 до 180	+145	+85	+43	0	-31	-43	-55	-67	-210 -273	+145	+85	+43	0	-50
Св. 180 до 200									-236 -308					
Св. 200 до 225	+242	+172	+122	+72	+36	+22	+9	-5	-258 -330	+285	+215	+165	+115	+57
Св. 225 до 250	+170	+100	+50	0	-36	-50	-63	-77	-284 -356	+170	+100	+50	0	-57
Св. 250 до 280	+271	+191	+137	+81	+40	+25	+9	-5	-315 -396	+320	+240	+186	+130	+65
Св. 280 до 315	+190	+110	+56	0	-40	-56	-72	-86	-350 -431	+190	+110	+56	0	-65
Св. 315 до 355	+299	+214	+151	+89	+44	+28	+11	-5	-390 -479	+350	+265	+202	+140	+70
Св. 355 до 400	+210	+125	+62	0	-44	-61	-78	-94	-435 -524	+210	+125	+62	0	-70
Св. 400 до 450	+327	+232	+165	+97	+48	+29	+11	-6	-490 -587	+385	+290	+223	+155	+77
Св. 450 до 500	+230	+135	+68	0	-48	-68	-86	-103	-540 -637	+230	+135	+68	0	-77

Продолжение таблицы А6

Интервал размеров, мм	Поля допусков											
	D10	H10	Js10 <sup>x</sup>	A11	B11	C11	D11	H11	Js11 <sup>x</sup>	B12	H12	Js12 <sup>x</sup>
	Предельные отклонения, мкм											
От 1 до 3	+60 +20	+40 0	+20 -20	+330 +270	+200 +140	+120 +60	+80 +20	+60 0	+30 -30	+240 +140	+100 0	+50 -50
Св. 3 до 6	+78 +30	+48 0	+24 -24	+345 +270	+215 +140	+145 +70	+105 +30	+75 0	+37 -37	+260 +140	+120 0	+60 -60
Св. 6 до 10	+98 +40	+58 0	+29 -29	+370 +280	+240 +150	+170 +80	+130 +40	+90 0	+45 -45	+300 +150	+150 0	+75 -75
Св. 10 до 14	+120	+70	+35	+400	+260	+205	+160	+110	+55	+330	+180	+90
Св. 14 до 18	+50	0	-35	+290	+150	+95	+50	0	-55	+150	0	-90
Св. 18 до 24	+149	+84	+42	+430	+290	+240	+195	+130	+65	+370	+210	+105
Св. 24 до 30	+65	0	-42	+300	+160	+110	+65	0	-65	+160	0	-105
Св. 30 до 40	+180	+100	+50	+470 +310	+330 +170	+280 +120	+240	+160	+80	+420 +170	+250	+125
Св. 40 до 50	+80	0	-50	+480 +320	+340 +180	+290 +130	+80	0	-80	+430 +180	0	-125
Св. 50 до 65	+220	+120	+60	+530 +340	+380 +190	+330 +140	+290	+190	+95	+490 +190	+300	+150
Св. 65 до 80	+100	0	-60	+550 +360	+390 +200	+340 +150	+100	0	-95	+500 +200	0	-150
Св. 80 до 100	+260	+140	+70	+600 +380	+440 +220	+390 +170	+340	+220	+110	+570 +220	+350	+175
Св. 100 до 120	+120	0	-70	+630 +410	+390 +170	+400 +180	+120	0	-110	+590 +240	0	-175
Св. 120 до 140				+710 +460	+510 +260	+450 +200				+660 +260		
Св. 140 до 160	+305 +145	+160 0	+80 -80	+770 +520	+530 +280	+460 +210	+395 +145	+250 0	+125 -125	+580 +280	+400 0	+200 -200
Св. 160 до 180				+830 +580	+560 +310	+480 +230				+710 +310		
Св. 180 до 200				+950 +660	+630 +340	+530 +240				+800 +340		
Св. 200 до 225	+355 +170	+185 0	+92 -92	+1030 +740	+670 +380	+550 +260	+460 +170	+290 0	+145 -145	+840 +380	+460 0	+230 -230
Св. 225 до 250				+1110 +820	+710 +420	+570 +280				+880 +420		
Св. 250 до 280	+400	+210	+105	+1240 +920	+800 +480	+620 +300	+510	+320	+160	+1000 +480	+520	+260
Св. 280 до 315	+190	0	-105	+1370 +1050	+860 +540	+650 +330	+190	0	-160	+1060 +540	0	-260
Св. 315 до 355	+440	+230	+115	+1560 +1200	+960 +600	+720 +360	+570	+360	+180	+1170 +600	+570	+285
Св. 355 до 400	+210	0	-115	+1710 +1350	+1040 +680	+760 +400	+210	0	-180	+1250 +680	0	-285
Св. 400 до 450	+480	+250	+125	+1900 +1500	+1160 +760	+840 +440	+630	+400	+200	+1390+760	+630	+315
Св. 450 до 500	+230	0	-125	+2050 +1650	+1240 +840	+880 +480	+230	0	-200	+1470+840	0	-315

Продолжение таблицы А6

Интервал размеров, мм	Поля допусков									
	H13 <sup>x</sup>	Js13 <sup>x</sup>	H14 <sup>x</sup>	Js14 <sup>x</sup>	H15 <sup>x</sup>	Js15 <sup>x</sup>	H16 <sup>x</sup>	Js16 <sup>x</sup>	H17 <sup>x</sup>	Js17 <sup>x</sup>
	Предельные отклонения, мкм									
От 1 до 3	+140 0	+70 -70	+250 0	+125 -125	+400 0	+200 -200	+600 0	+300 -300	+1000 0	+500 -500
Св. 3 до 6	+180 0	+90 -90	+300 0	+150 -150	+480 0	+240 -240	+750 0	+375 -375	+1200 0	+600 -600
Св. 6 до 10	+220 0	+110 -110	+360 0	+180 -180	+580 0	+290 -290	+900 0	+450 -450	+1500 0	+750 -750
Св. 10 до 14	+270	+135	+430	+215	+700	+350	+1100	+550	+1800	+900
Св. 14 до 18	0	-135	0	-215	0	-350	0	-550	0	-900
Св. 18 до 24	+330	+165	+520	+260	+840	+420	+1300	+650	+2100	+1050
Св. 24 до 30	0	-165	0	-260	0	-420	0	-650	0	-1050
Св. 30 до 40	+390	+195	+620	+310	+1000	+500	+1600	+800	+2500	+1250
Св. 40 до 50	0	-195	0	-310	0	-500	0	-800	0	-1250
Св. 50 до 65	+460	+230	+740	+370	+1200	+600	+1900	+950	+3000	+1500
Св. 65 до 80	0	-230	0	-370	0	-600	0	-950	0	-1500
Св. 80 до 100	+540	+270	+870	+435	+1400	+700	+2200	+1100	+3500	+1750
Св. 100 до 120	0	-270	0	-435	0	-700	0	-1100	0	-1750
Св. 120 до 140	+630	+315	+1000	+500	+1600	+800	+2500	+1250	+4000	+2000
Св. 140 до 160	0	-315	0	-500	0	-800	0	-1250	0	-2000
Св. 160 до 180	+720	+360	+1150	+575	+1850	+925	+2900	+1450	+4600	+2300
Св. 180 до 200	0	-360	0	-575	0	-925	0	-1450	0	-2300
Св. 200 до 225	+810	+405	+1300	+650	+2100	+1050	+3200	+1600	+5200	+2600
Св. 225 до 250	0	-405	0	-650	0	-1050	0	-1600	0	-2600
Св. 250 до 280	+890	+445	+1400	+700	+2300	+1150	+3600	+1800	+5700	+2850
Св. 280 до 315	0	-445	0	-700	0	-1150	0	-1800	0	-2850
Св. 315 до 355	+970	+485	+1550	+775	+2500	+1250	+4000	+2000	+6300	+3150
Св. 355 до 400	0	-485	0	-775	0	-1250	0	-2000	0	-3150
Св. 400 до 450	+970	+485	+1550	+775	+2500	+1250	+4000	+2000	+6300	+3150
Св. 450 до 500	0	-485	0	-775	0	-1250	0	-2000	0	-3150

Таблица А7 – Допуски формы и расположения поверхностей

Интервалы номинальных размеров, мм	Степень точности									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Допуски плоскостности и прямолинейности, мкм									
До 10	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16
Св. 10 до 16	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20
» 16 » 25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25
» 25 » 40	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30
» 40 » 63	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
» 63 » 100	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
» 100 » 160	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
» 160 » 250	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80
» 250 » 400	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
» 400 » 630	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120
» 630 » 1000	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160
Примечание – Под номинальным размером понимается номинальная длина нормируемого участка. Если нормируемый участок не задан, то под номинальным размером понимается номинальная длина большей стороны поверхности или номинальный большой диаметр торцевой поверхности.										
Интервалы номинальных размеров, мм	Степень точности									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Допуски цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения, мкм									
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20
Св. 3 до 10	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25
» 10 » 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30
» 18 » 30	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
» 30 » 50	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
» 50 » 120	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
» 120 » 250	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80
» 250 » 400	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
» 400 » 630	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120
Примечание – Под номинальным размером понимается номинальный диаметр поверхности										
Интервалы номинальных размеров, мм	Степень точности									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Допуски параллельности, перпендикулярности, наклона и торцового биения, мкм									
До 10	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25
Св. 10 до 16	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30
» 16 » 25	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
» 25 » 40	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
» 40 » 63	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
» 63 » 100	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80
» 100 » 160	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
» 160 » 250	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120
» 250 » 400	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160
» 400 » 630	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200
» 630 » 1000	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250
Примечание – При назначении допусков параллельности, перпендикулярности, наклона под номинальным размером понимается номинальная длина нормируемого участка или номинальная длина всей нормируемой поверхности. При назначении допусков торцового биения под номинальным размером понимается заданный номинальный диаметр торцевой поверхности.										

Продолжение таблицы А7

Интервалы номинальных размеров, мм	Степень точности									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Допуски радиального биения. Допуски соосности, симметричности, пересечения осей, мкм									
До 3	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
Св. 3 до 10	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
» 10 » 18	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80
» 18 » 30	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
» 30 » 50	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120
» 50 » 120	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160
» 120 » 250	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200
» 250 » 400	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250
» 400 » 630	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300

Примечание – При назначении допусков радиального биения под номинальным размером понимается номинальный диаметр рассматриваемой поверхности. При назначении допусков соосности, симметричности, пересечения осей под номинальным размером понимается номинальный диаметр рассматриваемой поверхности вращения или номинальный размер между поверхностями, образующими рассматриваемый симметричный элемент.

Таблица А8 – Степени точности формы цилиндрических поверхностей в зависимости от качества допуска диаметра и относительной геометрической точности (по ГОСТ 24643)

Относительная геометрическая точность (по таблице А7)	Квалитет допуска диаметра по ЕСДП СЭВ									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Степень точности формы (по таблице А.7)									
Нормальная (А)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Повышенная (В)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Высокая (С)		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Особо высокая			1	2	3	4	5	6	7	8

Таблица А9 – Параметры шероховатости поверхности

Значения Ra, мкм ГОСТ 2789 – 73						Значения Rz и Rmax, мкм ГОСТ 2789 – 73					
–	100	10,0	1,00	0,100	0,010	–	1000	100	10,0	1,00	0,100
–	80	8,0	0,80	0,080	0,008	–	800	80	8,0	0,80	0,080
–	63	6,3	0,63	0,063	–	–	630	63	6,3	0,63	0,063
–	50	5,0	0,50	0,050	–	–	500	50	5,0	0,50	0,050
400	40	4,0	0,40	0,040	–	–	400	40	4,0	0,40	0,040
320	32	3,2	0,32	0,032	–	–	320	32	3,2	0,32	0,032
250	25	2,5	0,25	0,025	–	–	250	25	2,5	0,25	0,025
200	20	2,0	0,20	0,020	–	–	200	20	2,0	0,20	–
160	16	1,6	0,160	0,016	–	1600	160	16	1,6	0,160	–
125	12,5	1,25	0,125	0,012	–	1250	125	12,5	1,25	0,125	–

Учебное издание

**Чеботарёв Михаил Иванович**  
**Кадыров Михаил Реминович**

# **НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ**

*Учебное пособие*

В авторской редакции

Подписано в печать 00.02.2016 г      Формат 60 × 80 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>.

Усл. печ. л. – 16,9. Уч.-изд. л. – 9,95.

Тираж 100 экз. Заказ №

Типография  
Кубанского государственного аграрного университета.  
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13