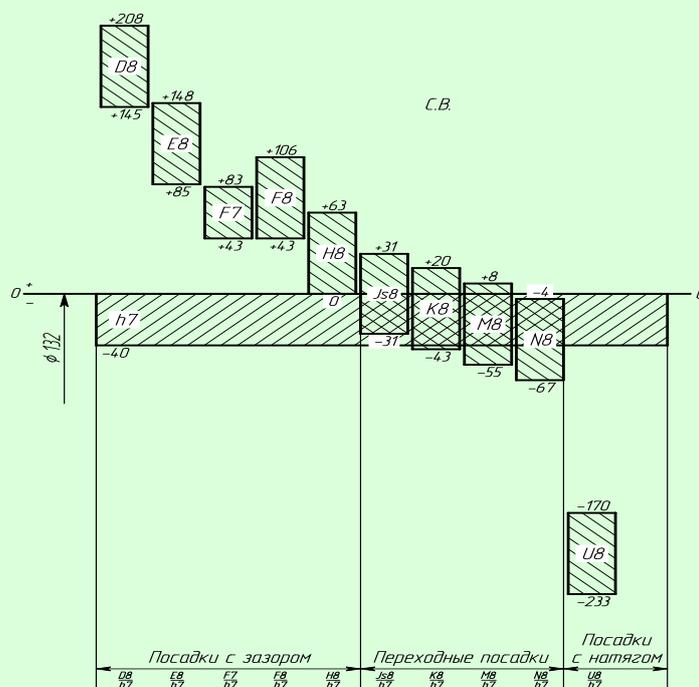


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет
(СибАДИ)»

ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОПРЯЖЕНИЙ

Учебно-методическое пособие
2-е изд., стереотипное

Составители: М.С. Корытов, В.В. Акимов,
И.М. Князев, А.Ф. Мишуров



Омск • 2021

УДК 621.753
ББК 34.41
В40

Согласно 436-ФЗ от 29.12.2010 «О защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию» данная продукция маркировке не подлежит.

Рецензент

канд. техн. наук, доц. В.А. Лисин (СибАДИ)

Работа утверждена редакционно-издательским советом СибАДИ в качестве учебно-методического пособия.

В40 Взаимозаменяемость гладких цилиндрических сопряжений [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / сост. : М.С. Корьтов, В.В. Акимов, И.М. Князев, А.Ф. Мишуков. – 2-е изд., стер. – Электрон. дан. – Омск : СибАДИ, 2021. – URL: http://bek.sibadi.org/cgi-bin/irbis64r_plus/cgiirbis_64_ft.exe. – Режим доступа: для авторизованных пользователей.

Изложена последовательность выполнения курсовой работы по расчетам взаимозаменяемости гладких цилиндрических сопряжений, в которой рассматривается решение технологических задач по выбору и расчету допусков и посадок с зазором, с натягом и переходных в изделиях машиностроения в соответствии с положениями международной организации по стандартизации (ИСО). Приведены примеры расчетов, справочный материал для решения задач.

Имеет интерактивное оглавление в виде закладок.

Предназначено для обучающихся всех форм обучения по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства», направлениям 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 44.03.04 «Профессиональное обучение».

Подготовлено на кафедре «Автомобили и энергетические установки».

Текстовое (символьное) издание (2,6 МБ)

Системные требования: Intel, 3,4 GHz ; 150 МБ ; Windows XP/Vista/7/10 ; DVD-ROM ; 1 ГБ свободного места на жестком диске; программа для чтения pdf-файлов : Adobe Acrobat Reader

Редактор И.Г. Кузнецова

Техническая подготовка Л.Р. Усачева

Издание второе, стереотипное. Дата подписания к использованию 21.05.2021
Издательско-полиграфический комплекс СибАДИ. 644080, г. Омск, пр. Мира, 5
РИО ИПК СибАДИ. 644080, г. Омск, ул. 2-я Поселковая, 1

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2021

ВВЕДЕНИЕ

Один из главных принципов, используемых при разработке и изготовлении всех машин и их деталей в современном производстве, – это принцип взаимозаменяемости. *Взаимозаменяемостью называется свойство независимо изготовленных деталей, узлов или агрегатов машин, позволяющее устанавливать их при сборке или ремонте либо заменять без всякой подгонки или дополнительной обработки и обеспечивать при этом необходимую работоспособность сборочной единицы в соответствии с заданными техническими условиями.* Под независимым изготовлением деталей понимается их изготовление в разное время и разных местах (цехах, заводах, городах, даже странах).

Взаимозаменяемость, точнее, потребность в ней, возникла очень давно, но наибольшее развитие она получила с развитием металлообработки, особенно в условиях массового, а в последнее время – автоматизированного производства. Соблюдение взаимозаменяемости обеспечивает упрощение конструирования, сборки и ремонта изделия.

Для обеспечения требований точности и взаимозаменяемости изделий применяется система допусков и посадок, знание которой необходимо будущему инженеру. Разработанная в соответствии с рекомендациями и положениями международной организации по стандартизации (ИСО) и введенная в нашей стране с 01.01.1977 г. система получила название Единой системы допусков и посадок (ЕСДП) и включает в себя ряд стандартов. Основными из них являются «Общие положения, ряды допусков и основных отклонений» (ГОСТ 25346–89), «Поля допусков и рекомендуемые посадки» (ГОСТ 25347–89). Эти стандарты распространяются на сопрягаемые (т.е. применяемые при образовании посадок) и несопрягаемые размеры гладких элементов (цилиндрических или ограниченных параллельными плоскостями) деталей с номинальными размерами до 3150 мм [2, 3].

Знание ЕСДП и умение использовать ее при конструировании, сборке и обслуживании изделий являются обязательной частью квалификационных требований инженера-механика. Без знания системы допусков и посадок невозможно читать конструкторскую и технологическую документацию (чертежи, технологические карты), пользоваться технической литературой и справочниками, владеть техникой и средствами измерений.

Цель настоящего учебно-методического пособия – закрепить положения основных разделов теоретического курса по изучению основ взаимозаменяемости простых сопряжений. Учебно-методическое пособие содержит решение практических задач, составляющих основу курса.

1. УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Исходные данные для выполнения курсовой работы берутся из табл. П.1, согласно номеру задания и номеру варианта внутри задания, по указанию преподавателя.

Расчеты в курсовой работе выполняются в соответствии с методикой решения задач (см. разд. 3) и оформляются аналогично приведенным в настоящем издании примерам. Курсовая работа оформляется в виде расчетно-пояснительной записки, изложенной на стандартных листах формата А4 (210×297 мм), с необходимым количеством схем и чертежей. Последние выполняются карандашом четкими линиями в соответствии с ЕСКД. Допускается печать на принтере. В заключении необходимо указать перечень используемой литературы.

Приступая к выполнению курсовой работы, необходимо изучить основные понятия и терминологию параметров системы допусков и посадок.

2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ ДОПУСКОВ И ПОСАДОК

Базовый стандарт ЕСДП и ГОСТ 25346–89 предусматривают единые для всех отраслей промышленности термины и определения.

В процессе конструирования объекта и изготовления деталей различают номинальный, действительный и предельный размеры. Размеры, проставленные на чертежах, назначаются в результате расчета деталей на прочность, жесткость, из конструктивных соображений и опытных данных. Эти размеры являются номинальными [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Номинальный размер – размер, относительно которого определяются предельные размеры и который служит началом отсчета отклонений. Он является одинаковым для сопрягаемых деталей (отверстия и вала) и обозначается D, d .

В результате погрешностей, возникающих в процессе изготовления и при измерении, ни одну деталь нельзя изготовить абсолютно точно по чертежу. Поэтому действительный размер детали всегда будет отличаться от чертежного.

Действительный размер – размер детали, определенный в результате ее измерения с допускаемой погрешностью.

Для определения возможного диапазона колебаний размеров изготавливаемых деталей устанавливают их предельные размеры – наибольший и наименьший, между которыми должен находиться действительный размер детали. Годность детали определяют сравнением действительного размера с предельными.

Наибольший предельный размер – больший из двух предельных размеров. Обозначается D_{\max}, d_{\max} .

Наименьший предельный размер – меньший из двух предельных размеров. Обозначается D_{\min}, d_{\min} .

Для упрощения чертежей вместо предельных размеров проставляют значения предельных отклонений от номинального размера, например $18_{-0,059}^{-0,032}$.

Предельное отклонение – алгебраическая разность между предельным и соответствующим номинальным размерами. Различают верхнее и нижнее предельные отклонения [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Верхнее отклонение – алгебраическая разность между наибольшим предельным и соответствующим номинальным размерами. Обозначения: ES – для отверстия; es – для вала.

Нижнее отклонение – алгебраическая разность между наименьшим предельным и соответствующим номинальным размерами. Обозначения: EI – для отверстия; ei – для вала.

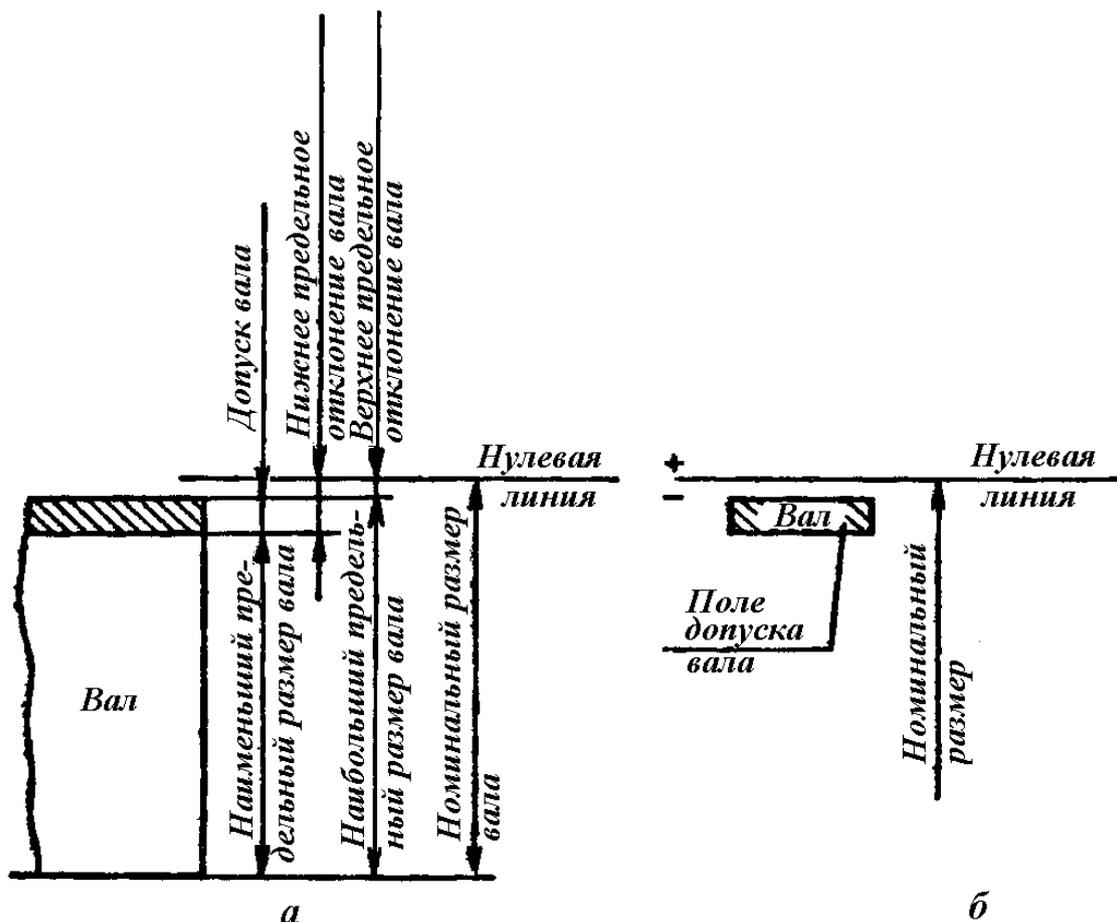


Рис. 1. Графическое изображение размеров, отклонений и поля допуска вала: а – с указанием предельных размеров; б – с указанием поля допуска

На основании вышеизложенного можно записать

$$ES = D_{\max} - D; \quad EI = D_{\min} - D; \quad es = d_{\max} - d; \quad ei = d_{\min} - d.$$

Если верхнее отклонение вала и нижнее отклонение отверстия равны нулю, то вал и отверстие называют *основными*.

Допуск размера – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или алгебраическая разность между верхним и нижним отклонениями. Обозначения: для отверстия – TD , для вала – Td .

$$T_D = D_{\max} - D_{\min} = (D + ES) - (D + EI) = ES - EI;$$

$$T_d = d_{\max} - d_{\min} = (d + es) - (d + ei) = es - ei.$$

Допуск всегда положителен.

Поле допуска – поле, ограниченное наибольшим и наименьшим предельными размерами и определяемое величиной допуска и его положением относительно номинального размера. При графическом изображении поле допуска заключено между двумя линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям, отложенным относительно нулевой линии. Нулевая линия – горизонтальная линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладываются предельные отклонения размеров (вверх – со знаком плюс и вниз – со знаком минус).

Для наглядности поля допусков схематически показывают в виде прямоугольников в соответствующем масштабе без вычерчивания самих деталей (рис. 1).

Зная величины отклонений, определяют предельные размеры отверстия и вала по формулам:

$$D_{\max} = D + ES; \quad d_{\max} = d + es;$$

$$D_{\min} = D + EI; \quad d_{\min} = d + ei.$$

В зависимости от эксплуатационных требований соединения выполняют с различными посадками.

Посадка – характер соединения деталей, определенный разностью их размеров до сборки. Посадка характеризует свободу или степень сопротивления относительного перемещения соединяемых деталей.

Вид посадки определяется взаимным расположением полей допусков отверстия и вала. По характеру соединения посадки делятся на три группы: с зазором, с натягом, переходные [1, 2, 3, 4, 5, 6].

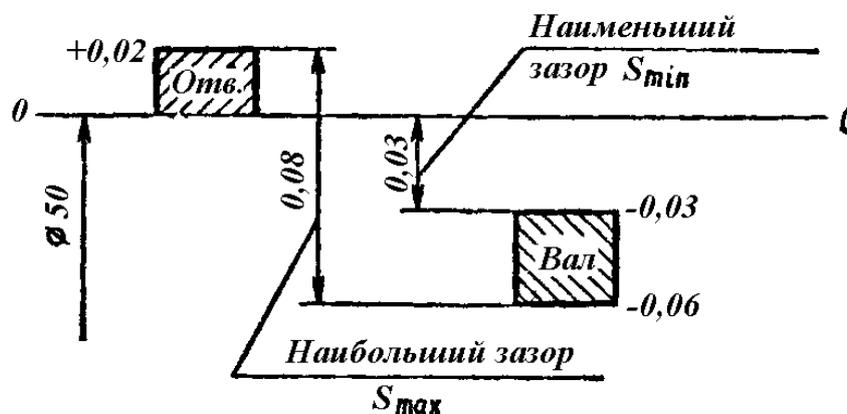


Рис. 2. Графическое изображение посадки с зазором

Посадки с зазором, или подвижные, имеют между сопрягаемыми поверхностями зазор, обеспечивающий возможность относительного перемещения собранных деталей (рис. 2). В посадках с зазором диаметр отверстия больше диаметра вала, т.е. поле допусков отверстия расположено выше поля допусков вала.

Величины наибольших и наименьших зазоров определяются по формулам:

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

или

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

Посадки с натягом, или неподвижные, обеспечивают между сопрягаемыми поверхностями до сборки гарантированный натяг, т.е. взаимную неподвижность деталей после их сборки (рис. 3).

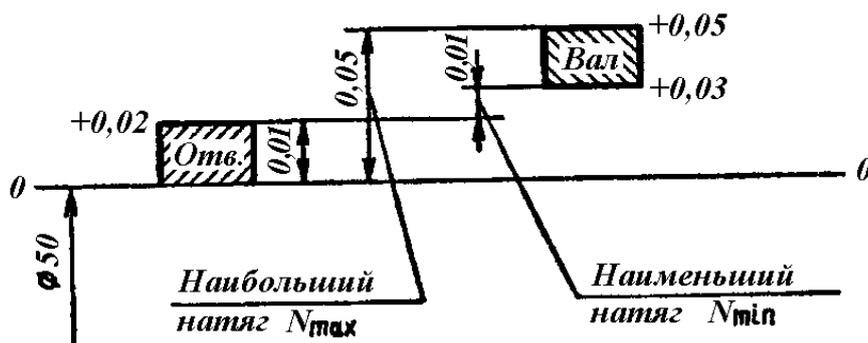


Рис. 3. Графическое изображение посадки с натягом

Для посадок с натягом поле допусков вала расположено выше поля допусков отверстия. Величины наибольшего и наименьшего натягов определяются по формулам:

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

или

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

Переходные посадки характеризуются тем, что в собранной паре могут получаться как зазоры, так и натяги. Поля допусков отверстия и вала частично или полностью перекрываются (рис. 4).

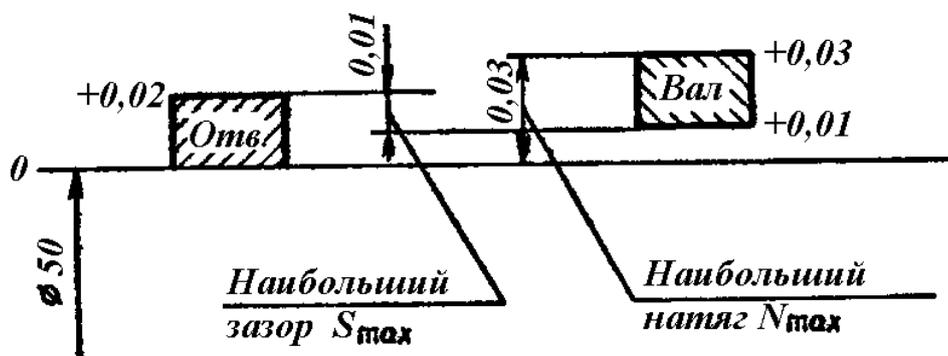


Рис. 4. Графическое изображение переходной посадки

В переходных посадках наибольший натяг имеет место при наибольшем предельном размере вала и наименьшем предельном размере отверстия, а наибольший зазор – при наибольшем предельном размере отверстий и наименьшем предельном размере вала.

Допуск посадки (допуск натяга T_N , или допуск зазора T_S , или допуск переходной посадки T_{II}) для любой посадки

$$T_N = T_S = T_{II} = N_{\max} - N_{\min} = S_{\max} - S_{\min} = (ES - EI) + (es - ei) = T_D + T_d.$$

Таким образом, для любой посадки, независимо от ее типа, допуск посадки есть сумма допусков отверстия и вала, составляющих соединение.

Обратите внимание, что при схематическом изображении полей допусков предельные отклонения размеров откладываются по вертикали в определенном масштабе от нулевой линии, условно соответствующей номинальному размеру. Положительные отклонения откладываются вверх от нулевой линии, а отрицательные – вниз [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Разные детали машин в зависимости от назначения и условий работы требуют разной точности изготовления. В ЕСДП предусмотрено несколько рядов точности, названных квалитетами.

Квалитет – это совокупность допусков, соответствующих одинаковой степени точности для всех номинальных размеров.

Для размеров от 1 до 500 мм установлено 20 квалитетов: 0,1; 0 и с 1-го по 18-й. С возрастанием номера квалитета допуск увеличивается, т. е. точность убывает. Для посадок предусмотрены квалитеты с 5-го по 12-й.

Допуски в каждом квалитете ЕСДП обозначаются двумя буквами латинского алфавита (*IT*) с добавлением номера квалитета. Например, *IT5* означает допуск по 5-му квалитету, а *IT10* – допуск по 10-му квалитету.

В ГОСТ 25346–89 приведены числовые значения допусков для каждого квалитета с учетом номинальных размеров.

Наиболее широко во всех отраслях машиностроения для ответственных сопряжений (посадок) применяются 6-й и 7-й квалитеты; в случае относительно больших зазоров и натягов – 8...10-й квалитеты; 11-й и 12-й квалитеты используются для грубых соединений.

Остальные квалитеты (чаще всего 12...14-й) используются для несопрягаемых элементов деталей. В таких случаях размеры называют свободными.

Для образования посадок в ЕСДП стандартизованы (независимо друг от друга) два параметра, из которых образуются поля допусков: ряды и значения допусков в разных квалитетах и так называемые *основные отклонения* валов и отверстий для определения положения поля допуска относительно номинального размера (нулевой линии). В качестве основного отклонения принято ближайшее к нулевой линии, характеризующее возможное минимальное отклонение размера при обработке от номинального. Числовые значения основных отклонений стандартизованы применительно к интервалам номинальных размеров.

Характер написания буквы (прописная или строчная) в конструкторской и технологической документации дает полное представление об элементе детали (вал или отверстие), к которому относится поле допуска. Это исключает возможность ошибок при последующем определении числовых значений предельных отклонений по табл. П.4, П.5, П.6, П.8, П.9, П. 10.

Различают 2 системы допусков и посадок: посадки в системе основного отверстия, посадки в системе основного вала.

Система отверстия – совокупность посадок, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных валов с основным отверстием (отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю).

Для основного отверстия

$$EI = 0; \quad ES > 0.$$

То есть наименьший предельный размер отверстия в системе основного отверстия равен номинальному размеру.

Система вала – совокупность посадок, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных отверстий с основным валом (вал, верхнее отклонение которого равно нулю).

Для основного вала

$$es = 0; \quad ei < 0.$$

То есть наибольший предельный размер вала в системе основного вала равен номинальному размеру.

Поля допусков основных отверстий обозначаются буквой *H*, а основных валов – *h* с добавлением номера качества, например *H7*, *H8*, *H9* и т. д. (в этом случае нижние отклонения всегда равны нулю) и *h7*, *h8*, *h9* и т. д. (в этом случае верхние отклонения всегда равны нулю).

Посадка образуется сочетанием полей допусков отверстия и вала. Она обозначается дробью, причем в числителе указывается обозначение поля допуска отверстия, а в знаменателе – вала. Например:

$$\varnothing 75 \frac{H7}{f7}$$

Это посадка в системе отверстия. ЕСДП рекомендует применять преимущественно посадки в системе отверстия (основное отверстие обозначается буквой *H*) либо, во вторую очередь, в системе вала (основной вал обозначается буквой *h*) – табл. П.3, П.7.

Система отверстия – это совокупность посадок, в которых предельные отклонения отверстия одинаковы, а различные посадки образуются путем изменения предельных отклонений валов.

Система вала – это совокупность посадок, в которых предельные отклонения вала одинаковы, а различные посадки образуются путем изменения предельных отклонений отверстий [1, 2, 3, 4, 5, 6].

3. МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Задача № 1. Построение схем расположения полей допусков ЕСДП для сопряжения в системах отверстия и вала

Исходные данные: номинальный диаметр сопряжения d , качество YT .

Методику выполнения данной задачи рассмотрим на примере следующих значений исходных данных: $d=8$ мм, $YT7$.

Задачу № 1 можно разбить на две подзадачи: 1) построение схемы расположения полей допусков ЕСДП в системе отверстия; 2) построение схемы расположения полей допусков ЕСДП в системе вала.

Порядок выполнения:

1. Для системы отверстия из табл. П.3 по номинальному значению сопрягаемого размера d и качеству YT принимается поле допуска основного отверстия (в данном примере $H7$) и выбираются все рекомендуемые посадки с отклонениями валов для данного основного отверстия: $H7/c8$, $H7/d8$, $H7/e7$, $H7/e8$, $H7/f7$, $H7/g6$, $H7/h6$, $H7/js6$, $H7/k6$, $H7/m6$, $H7/n6$, $H7/p6$, $H7/r6$, $H7/s6$, $H7/s7$, $H7/t6$, $H7/u7$. Все посадки записываются в пояснительной записке в 1-ю колонку таблицы, аналогичной табл. 1.

2. Из табл. П.4, П.5 и П.6 находятся соответствующие табличные отклонения основного отверстия (ES и EI) и валов (es и ei) в микрометрах, которые записываются во 2-ю и 3-ю колонки в табл. 1.

В рассматриваемом примере для поля допуска $t6$ в табл. П.6 при номинальных размерах до 24 мм отклонения отсутствуют, то есть при размерах менее 24 мм данное поле допуска не используется. Вследствие этого посадку $H7/t6$ необходимо исключить из рассмотрения.

3. Применяя записанные отклонения, для каждой посадки рассчитывают величины предельных размеров отверстия (D_{\max} и D_{\min} , 4-я колонка в табл. 1) и вала (d_{\max} и d_{\min} , 5-я колонка в табл. 1), допуски отверстия и вала (T_D и T_d , 6-я и 7-я колонки в табл. 1 соответственно), максимальные и минимальные значения зазоров (S_{\max} , S_{\min} , 8-я и 9-я колонки в табл. 1 соответственно), максимальные и минимальные значения натягов (N_{\max} , N_{\min} , 10-я и 11-я колонки в табл. 1 соответственно), допуски посадок с зазором T_S , посадок с натягом T_N и переходных посадок T_{II} (12-я, 14-я и 13-я колонки в табл. 1 соответственно). Формулы для расчета приведены в разд. 2 настоящего пособия.

Обратите внимание, что в табл. 1 для посадок с зазором не указываются значения натягов, т. к. натяги в этом случае будут отрицательными, аналогично и для посадок с натягом не указываются значения зазоров. Для переходных посадок рассчитываются максимальный зазор и максимальный натяг.

Т а б л и ц а 1 . Параметры посадок в системе отверстия (пример)

По- садки ЕСДП	Отклонения, мкм		Предельные размеры, мм		Допуски отверстия и вала, мкм		Зазоры, мкм		Натяги, мкм		Допуск посадки, мкм		
	ES EI	es ei	D_{\max} D_{\min}	d_{\max} d_{\min}	T_D	T_d	S_{\max}	S_{\min}	N_{\max}	N_{\min}	T_S	T_{II}	T_N
<i>H7/c8</i>	+15 0	-80 -102	8,015 8,000	7,920 7,898	15	22	117	80	-	-	37	-	-
<i>H7/d8</i>	+15 0	-40 -62	8,015 8,000	7,960 7,938	15	22	77	40	-	-	37	-	-
<i>H7/e7</i>	+15 0	-25 -40	8,015 8,000	7,975 7,960	15	15	55	25	-	-	30	-	-
<i>H7/e8</i>	+15 0	-25 -47	8,015 8,000	7,975 7,953	15	22	62	25	-	-	37	-	-
<i>H7/f7</i>	+15 0	-13 -28	8,015 8,000	7,987 7,972	15	15	43	13	-	-	30	-	-
<i>H7/g6</i>	+15 0	-5 -14	8,015 8,000	7,995 7,986	15	9	29	5	-	-	24	-	-
<i>H7/h6</i>	+15 0	0 -9	8,015 8,000	8,000 7,991	15	9	24	0	-	-	24	-	-
<i>H7/js6</i>	+15 0	+4,5 -4,5	8,015 8,000	8,005 7,996	15	9	19,5	-	4,5	-	-	24	-
<i>H7/k6</i>	+15 0	+10 +1	8,015 8,000	8,010 8,001	15	9	14	-	10	-	-	24	-
<i>H7/m6</i>	+15 0	+15 +6	8,015 8,000	8,015 8,006	15	9	9	-	15	-	-	24	-
<i>H7/n6</i>	+15 0	+19 +10	8,015 8,000	8,019 8,010	15	9	5	-	19	-	-	24	-
<i>H7/p6</i>	+15 0	+24 +15	8,015 8,000	8,024 8,015	15	9	-	-	24	0	-	-	24
<i>H7/r6</i>	+15 0	+28 +19	8,015 8,000	8,028 8,019	15	9	-	-	28	4	-	-	24
<i>H7/s6</i>	+15 0	+32 +23	8,015 8,000	8,032 8,023	15	9	-	-	32	8	-	-	24
<i>H7/s7</i>	+15 0	+38 +23	8,015 8,000	8,038 8,023	15	9	-	-	38	8	-	-	30
<i>H7/u7</i>	+15 0	+43 +28	8,015 8,000	8,043 8,028	15	15	-	-	43	13	-	-	30

4. Для трех посадок в системе отверстия (одной с зазором, одной переходной и одной с натягом, на выбор по усмотрению студента) дать в пояснительной записке развернутый расчет всех параметров из табл. 1 и привести графическое изображение полей допусков этих трех посадок (отдельная схема для каждой посадки). Для рассматриваемого примера, используя табл. П.3, выбрать в системе отверстия одну посадку с зазором *H7/c8*, одну посадку с натягом *H7/p6* и одну переходную посадку *H7/js6*. Для каждой из них привести развернутый расчет всех параметров, начиная с посадки *H7/c8*:

а) Предельные отклонения основного отверстия $ES=+15$ мкм; $EI=0$, предельные отклонения вала $es=-80$ мкм; $ei=-102$ мкм (из табл. П.4, П.5).

б) Наибольшие (D_{\max} , d_{\max}) и наименьшие (D_{\min} , d_{\min}) предельные размеры отверстия и вала:

$$D_{\max} = D + ES = 8 + 0,015 = 8,015 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = 8 + 0 = 8 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = d + es = 8 + (-0,08) = 7,920 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d + ei = 8 + (-0,102) = 7,898 \text{ мм}.$$

в) Допуски отверстия и вала (T_D , T_d):

$$T_D = ES - EI = 15 - 0 = 15 \text{ мкм};$$

$$T_d = es - ei = -80 - (-102) = 22 \text{ мкм}.$$

г) Наибольший (S_{\max}) и наименьший (S_{\min}) предельные зазоры:

$$S_{\max} = ES - ei = 15 - (-102) = 117 \text{ мкм};$$

$$S_{\min} = EI - es = 0 - (-80) = 80 \text{ мкм}.$$

д) Допуск посадки (в данном случае обозначается T_S , т. к. посадка с зазором)

$$T_S = T_D + T_d = 15 + 22 = 37 \text{ мкм}.$$

Привести графическое изображение полей допусков посадки $H7/c8$ в масштабе 1:1000 (рис. 6). При таком масштабе 1 мкм отклонения соответствует 1 мм на чертеже.

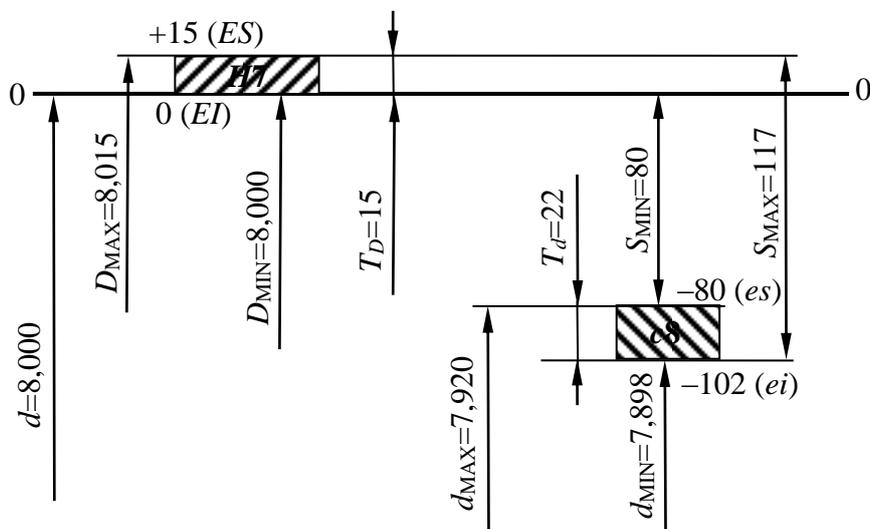


Рис. 6. Графическое изображение полей допусков посадки с зазором $H7/c8$

Аналогичные расчеты с графиком (см. пункты а–д) в нашем примере необходимо привести для посадки с натягом $H7/p6$, а также для переходной посадки $H7/js6$. Единственное отличие в расчетах будет состоять в том, что для посадки с натягом будут определяться по соответствующим формулам не зазоры, а натяги, и допуск посадки будет обозначаться T_N . Для переходной посадки считаются максимальный зазор и максимальный натяг, допуск посадки обозначается T_{II} .

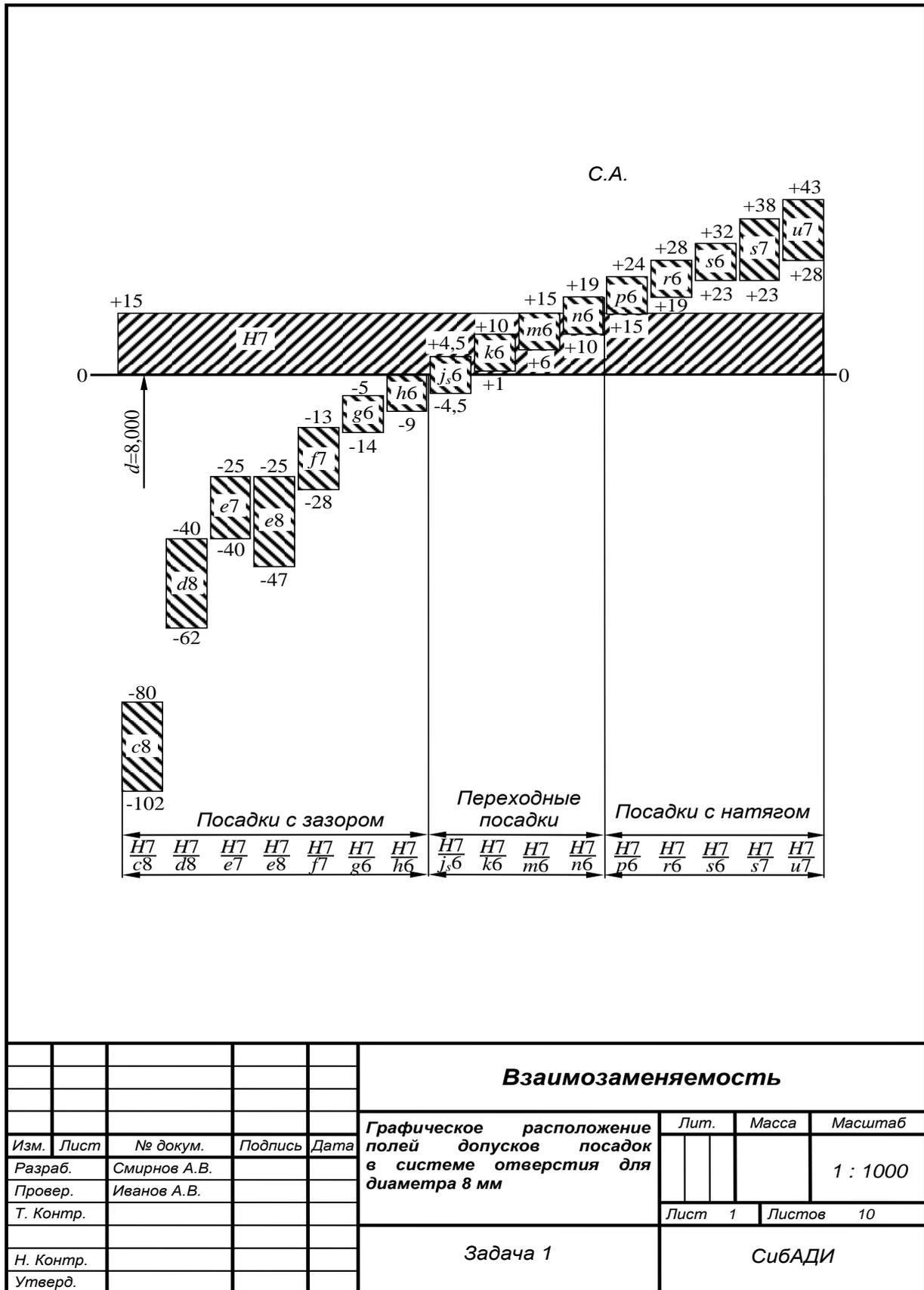


Рис. 7. Схема расположения полей допусков посадок в системе отверстия (пример)

5. Для всех посадок системы отверстия из табл. 1 в масштабе вычертить схему расположения полей допусков (рис. 7).

Масштаб для легкого построения схемы рекомендуется принять равным 1:1000. Если при этом схема не вмещается на лист формата А4, масштаб может быть уменьшен (1:2000).

6. Для системы вала из табл. П.7 по номинальному значению сопрягаемого размера d и качеству YT принимается поле допуска основного вала (в данном примере $h7$) и выбираются все рекомендуемые посадки с отклонениями отверстий для данного основного вала, которые заносятся в пояснительную записку, в отдельную таблицу, аналогичную табл. 1.

7. Из табл. П.8, П.9 и П.10 находятся соответствующие табличные отклонения основного вала (es и ei) и отверстий (ES и EI) в микрометрах, которые записываются во 2-ю и 3-ю колонки таблицы, аналогичной табл. 1.

8. Применяя записанные отклонения, для каждой посадки в системе вала рассчитывают величины всех табличных параметров аналогично п. 3 настоящей методики.

9. Для трех посадок в системе вала (одной с зазором, одной переходной и одной с натягом, на выбор по усмотрению студента) дать в пояснительной записке развернутый расчет всех табличных параметров и привести графическое изображение полей допусков этих трех посадок аналогично п. 4 настоящей методики (отдельный расчет и схема для каждой посадки).

10. Для всех посадок системы вала в масштабе вычертить схему расположения полей допусков (см. рис. 7).

Задача № 2. Расчет и выбор посадки с зазором подшипника скольжения по упрощенному варианту

Исходные данные: число оборотов вала n , об/мин; радиальная нагрузка на опору R , Н; длина подшипника l , мм; номинальный диаметр сопряжения d , мм; используемое масло (его марка).

Рассмотрим упрощенный метод расчета зазоров и выбора посадок подшипников скольжения с гидродинамическим режимом работы. У гидродинамических подшипников смазочное масло увлекается вращающейся цапфой в постепенно сужающийся клиновидный зазор между цапфой и вкладышем подшипника, в результате чего возникает гидродинамическое давление, превышающее нагрузку на опору. Цапфа всплывает. В месте наибольшего сближения цапфы и вкладыша образуется масляный слой толщиной h (рис. 8, б).

Качество, надежность и долговечность работы подшипника зависят от толщины масляного слоя h , на которую, при прочих равных условиях работы подшипника, будет влиять зазор S в неподвижном состоянии (разность между диаметром цапфы и диаметром отверстия вкладыша). Допустим, что зазор S будет очень малым. В этом случае величина h также будет маленькой. По ряду причин работа подшипника в таких условиях будет неустойчивой. Если зазор S

сделать достаточно большим, то и в этом случае значение h будет недостаточным из-за малой подъемной силы гидродинамического клина. Отсюда можно сделать вывод, что для определенных условий работы существует некоторый интервал значений зазора посадки, внутри которого обеспечивается надежное всплытие.

Сущность расчета посадки заключается в том, чтобы определить интервал зазоров, при котором величина всплытия будет не меньше предварительно выбранной допустимой минимальной толщины масляного слоя.

Расчет выполняется для изделия с рабочей температурой $t=50\dots75\text{ }^\circ\text{C}$, подшипник должен обеспечивать жидкостный режим трения.

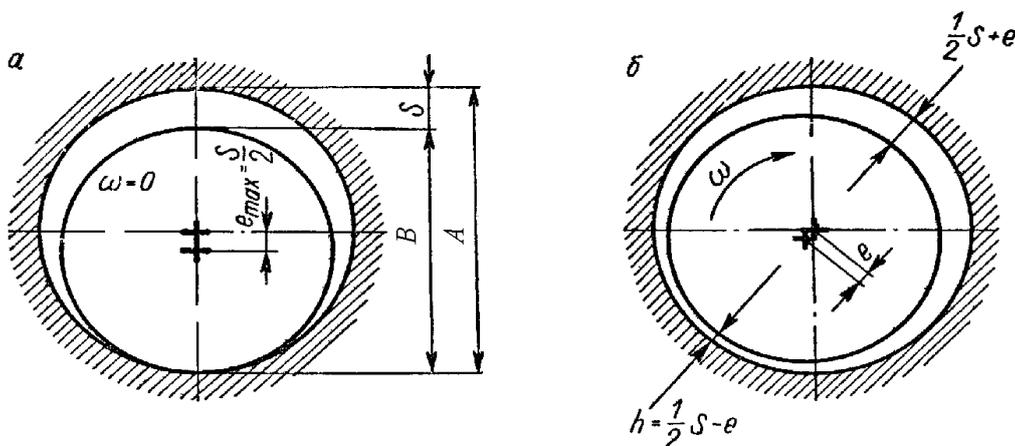


Рис. 8. Схема сопряжения: *a* – вал неподвижен; *б* – вал вращается; A – размер отверстия; B – размер вала; S – зазор; h – масляный слой

Методику выполнения данной задачи рассмотрим на примере следующих значений исходных данных: $n=400$ об/мин; $R=10000$ Н, $l=140$ мм = 0,14 м; $d=90$ мм = 0,09 м; масло марки «Индустриальное 30».

Порядок выполнения:

1. Определим угловую скорость вала:

$$\omega = (\pi \cdot n) / 30 = 3,14 \cdot 400 / 30 = 41,8 \text{ рад/с.}$$

2. Вычислим среднее удельное давление на опору сопряжения

$$g = R / (d_H \cdot l) = 10\,000 / (0,09 \cdot 0,14) = 793\,650 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2}.$$

3. По табл. П.13 выберем значение коэффициента динамической вязкости масла μ (Н·с/м²) при рабочей температуре 50 °С. В нашем примере используется масло марки «Индустриальное 30», для которого

$$\mu = 0,0252 - 0,0297 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2.$$

Из данного диапазона допустимо взять любое значение. Для дальнейших расчетов возьмем среднее арифметическое табличного диапазона

$$\mu = 0,027 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2.$$

4. Определим величину $h \cdot S$ площади масляного зазора (масляного клина между валом и отверстием), которая находится в следующей взаимосвязи с исходными данными для расчета посадок подшипников скольжения:

$$h \cdot S = \frac{0,52 \cdot d^2 \cdot \omega \cdot \mu \cdot l}{g \cdot (d + l)},$$

где h – толщина масляного слоя в месте наибольшего сближения сопряженных поверхностей в рабочем состоянии, м (см. рис. 8, б); S – зазор между валом и сопрягаемой поверхностью отверстия в состоянии покоя, м (см. рис. 8, а).

Таким образом, в первом приближении мы рассматриваем идеально гладкие поверхности без учета шероховатостей.

Для рассматриваемого примера

$$h \cdot S = \frac{0,52 \cdot d^2 \cdot \omega \cdot \mu \cdot l}{g \cdot (d + l)} = \frac{0,52 \cdot 0,09^2 \cdot 41,8 \cdot 0,027 \cdot 0,14}{793650 \cdot (0,09 + 0,14)} = 4,06 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2 = 4060 \text{ мкм}^2.$$

5. Найдем величину наивыгоднейшего (оптимального) зазора, обеспечивающего максимальную надежность жидкостного трения без учета шероховатости поверхностей вала и вкладыша подшипника (мкм):

$$S_{\text{НАИВЫГ}} = 2 \cdot \sqrt{h \cdot S} = 2 \cdot \sqrt{4060} = 127,5 \text{ мкм}.$$

6. Определим шероховатости поверхностей отверстия и вала.

а) Используя табл. П.14, в первом приближении выберем значение единицы допуска i по номинальному размеру сопряжения в стандарте СЭВ.

Единица допуска позволяет выразить зависимость точности от номинального размера, так как с увеличением размера обрабатываемой поверхности один и тот же допуск или шероховатость выдерживать становится все труднее, т. е. чем больше размер, тем больше становятся допуски при одинаковой степени точности.

В нашем примере при $d=90$ мм $i=2,32$.

б) Определим количество единиц допуска (сравнительный коэффициент точности):

$$a_K = S_{\text{НАИВЫГ}} / (4 \cdot i) = 127,5 / (4 \cdot 2,32) = 22,74.$$

в) Определим квалитет для изготовления сопряжения вкладыша и вала по табл. П.15. Из таблицы берется ближайшее значение a_K , по которому в шапке определяется квалитет. Данная группа посадок должна располагаться в квалитетах УТ6 ... УТ9, поэтому при выходе из данного диапазона квалитетов (допустим, если по табл. П.15 квалитет получается УТ10 или УТ5) необходимо взять ближайший граничный квалитет из диапазона (УТ6 либо УТ9).

В нашем примере по табл. П.15 квалитет УТ 8.

г) Из табл. П.16 определим классы шероховатости и значения шероховатости поверхностей вала и вкладыша по номинальному диаметру и квалитету сопряжения.

В табл. П.16 для каждого качества предусматриваются три степени относительной геометрической точности обработки: грубая (Гр), нормальная (Н) и повышенная (П). Для подшипника скольжения необходимо принять: для *отверстия нормальную* (Н) точность, а для *вала – повышенную* (П), так как гладкую чистую поверхность на валу получить легче и дешевле, чем в отверстии.

В рассматриваемом примере при $YT8$ и $d=90$ мм для вкладыша (отверстия) по табл. П.16 принимаем 6 класс шероховатости, для вала – 7 класс шероховатости. Выписываем табличные значения шероховатостей:

$$Rz_A=6,3 \text{ мкм}; Ra_A=1,6 \text{ мкм} \text{ – для отверстия};$$

$$Rz_B=4,0 \text{ мкм}; Ra_B=0,8 \text{ мкм} \text{ – для вала}.$$

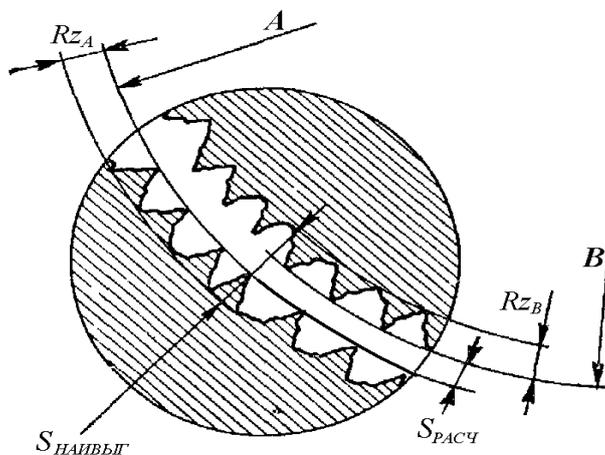


Рис. 9. Зазор с учетом шероховатости поверхностей

Полученные из таблицы значения шероховатостей необходимо сравнить с предельными значениями для подшипников скольжения с жидкостным режимом трения [4]. Предельные условия выглядят так:

$$Ra_B \leq 0,1 \dots 0,4 \text{ мкм} \text{ – для вала};$$

$$Ra_A \leq 0,2 \dots 0,8 \text{ мкм} \text{ – для отверстия}.$$

Учитывая, что $Rz \approx 4 \cdot Ra$, необходимо в данном случае подкорректировать значения шероховатости для обеих поверхностей. Окончательно принимаем $Rz_A = 0,8 \cdot 4 = 3,2$ мкм; $Rz_B = 0,4 \cdot 4 = 1,6$ мкм.

7. Определим величину среднего расчетного зазора (мкм) с учетом шероховатости поверхностей (рис. 9):

$$S_{РАСЧ} = S_{НАИВЫГ} - 2 \cdot \eta \cdot (Rz_A + Rz_B),$$

где $\eta = 0,6 \dots 0,7$ – коэффициент истирания (учитывает интенсивный износ в периоды пусков и остановок).

Для нашего примера

$$S_{РАСЧ} = S_{НАИВЫГ} - 2 \cdot \eta \cdot (Rz_A + Rz_B) = 127,5 - 2 \cdot 0,7 \cdot (3,2 + 1,6) = 120,78 \text{ мкм}.$$

8. Уточним количество единиц допуска и качество для вкладыша и вала (второе приближение, с учетом шероховатости). Возвращаемся к п. 6б – 6в:

$$a_k = S_{РАСЧ} / (4 \cdot i) = 120,78 / (4 \cdot 2,32) = 22,02.$$

Квалитет уточняем по табл. П.15, в рассматриваемом случае УТ8.

9. Выбор посадки подшипника из рекомендованных посадок ЕСДП (СЭВ).

По значению $S_{РАСЧ}$, исходя из условия $S_{СР.ЕСДП} \approx S_{РАСЧ}$, выбираем стандартную посадку ЕСДП.

При выборе стандартной посадки в системе отверстия необходимо учесть, что поля допусков вала a , b , c , d применяются при рабочей температуре выше 75 °С. Поле допуска h используется тогда, когда допустимо сухое или полусухое трение. То есть в нашем случае эти поля не применимы.

Выпишем из табл. П.3 в этом качестве все оставшиеся посадки в системе отверстия с зазором: $H8/e8$, $H8/e9$, $H8/f7$, $H8/f8$, $H8/f9$.

Затем из табл. П.11 для указанных посадок выписываем предельные зазоры и подсчитываем для каждой посадки средний зазор СЭВ:

для $H8/e8$	$S_{\max.ЕСДП} = 180$ мкм;	$S_{\min.ЕСДП} = 72$ мкм;	$S_{СР.ЕСДП} = 126$ мкм;
для $H8/e9$	$S_{\max.ЕСДП} = 213$ мкм;	$S_{\min.ЕСДП} = 72$ мкм;	$S_{СР.ЕСДП} = 142,5$ мкм;
для $H8/f7$	$S_{\max.ЕСДП} = 125$ мкм;	$S_{\min.ЕСДП} = 36$ мкм;	$S_{СР.ЕСДП} = 80,5$ мкм;
для $H8/f8$	$S_{\max.ЕСДП} = 144$ мкм;	$S_{\min.ЕСДП} = 36$ мкм;	$S_{СР.ЕСДП} = 90$ мкм;
для $H8/f9$	$S_{\max.ЕСДП} = 177$ мкм;	$S_{\min.ЕСДП} = 36$ мкм;	$S_{СР.ЕСДП} = 106,5$ мкм.

Из всех посадок условию выбора $S_{СР.ЕСДП} \approx S_{РАСЧ}$ наиболее удовлетворяет посадка $H8/e8$.

10. Проверка выбранной посадки по точности выбора. Определим относительную погрешность по зазору:

$$\delta = \left| \frac{S_{СР.ЕСДП} - S_{РАСЧ}}{S_{РАСЧ}} \right| \cdot 100 \% = \left| \frac{126 - 120,78}{120,78} \right| \cdot 100 \% = 4 \% .$$

Допустимой является погрешность не более 10%. Если это значение превышено, нужно попытаться подобрать посадку в более точном качестве (повторить п. 9).

Определим также коэффициент точности посадки η . Выбирать следует такую посадку, у которой коэффициент точности η максимален:

$$\eta = \frac{S_{СР.ЕСДП}}{T_s} > 1,$$

где T_s – допуск посадки (формулы приведены в разд. 2 настоящего пособия).

Не следует выбирать посадку с $\eta < 1$, так как это приводит к значительному уменьшению толщины масляного слоя и потере устойчивости в работе соединения, т. е. к появлению сухого трения.

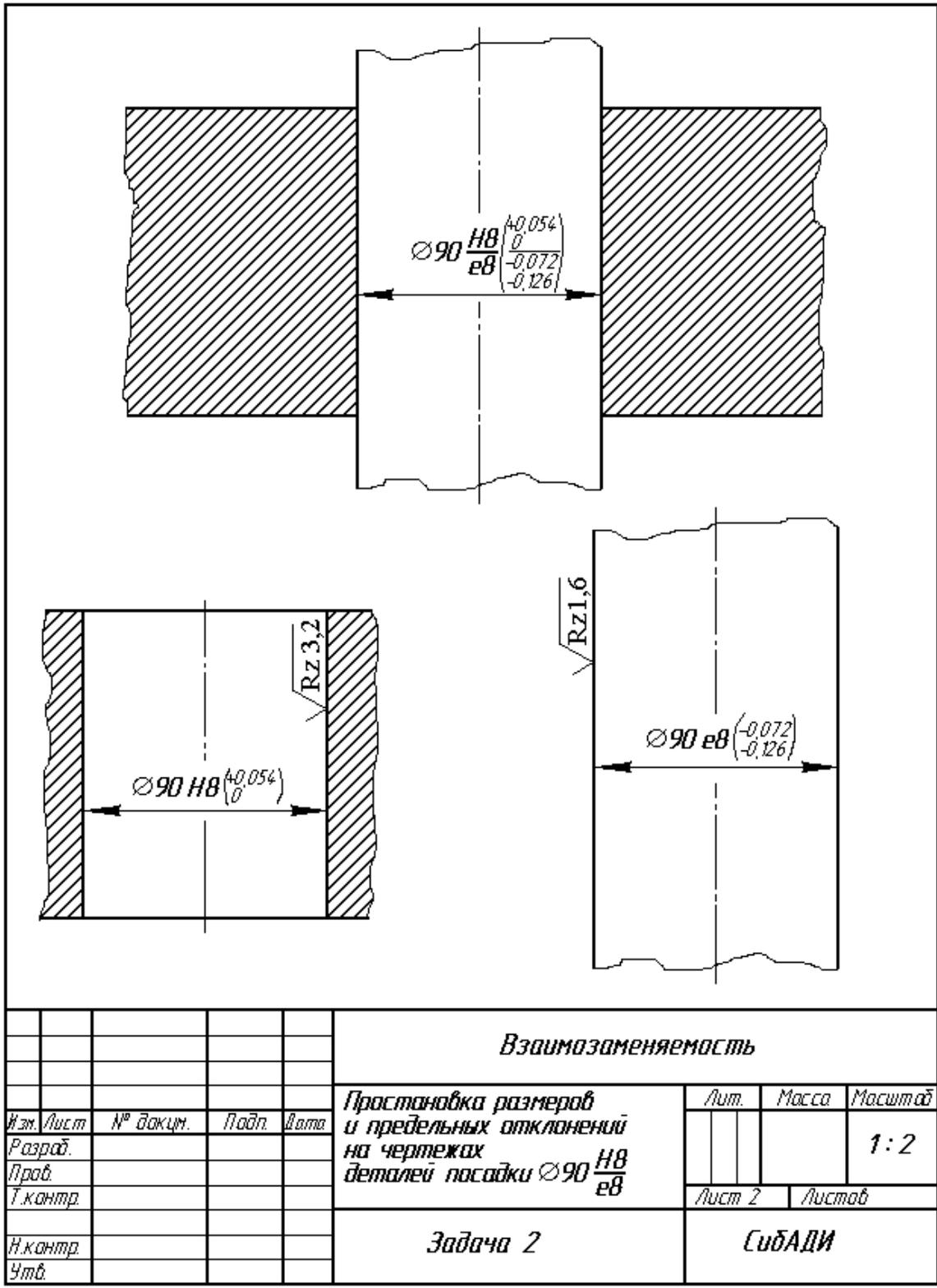


Рис. 10. Простановка размеров и отклонений деталей подшипника скольжения

Для нашей посадки $T_S = S_{\max} - S_{\min} = 180 - 72 = 108$ мкм. Тогда $\eta = 126/108 = 1,16 > 1$, то есть условие по коэффициенту точности η в данном случае выполняется. Если $\eta < 1$, надо попытаться подобрать посадку в более точном качестве (повторить п.9).

11. Определим минимальный масляный слой выбранной посадки (мкм) из условия его неразрывности при наибольшем зазоре выбранной посадки:

$$h_{\min} = \frac{h \cdot S}{S_{\max, \text{ЕСДП}} + 2 \cdot (R_{z_A} + R_{z_B})} = \frac{4060}{180 + 2 \cdot (3,2 + 1,6)} = 21,4 \text{ мкм.}$$

12. Проверка достаточности слоя смазки (оценка возможности жидкостного режима трения). Для обеспечения жидкостного трения необходимо, чтобы микронеровности цапфы и вкладыша не касались при работе подшипника, а для этого должно выполняться условие

$$h_{\min} \geq k_{II} \cdot (R_{z_A} + R_{z_B}),$$

где $k_{II} = 1 \dots 3$ – поправочный коэффициент.

Если данное условие не выполняется, необходимо скорректировать значения шероховатости (повторить расчет, начиная с п. 6) или исходные данные задачи по согласованию с преподавателем.

В рассматриваемом случае

$$h_{\min} = 21,4 \text{ мкм,}$$

$$k_{II} \cdot (R_{z_A} + R_{z_B}) = 2 \cdot (3,2 + 1,6) = 9,6 \text{ мкм.}$$

$21,4 > 9,6$, то есть условие выполняется.

Запишем вывод: *по условию жидкостного трения посадка*

$$\varnothing 90 \frac{H8}{e8} \left(\begin{array}{c} +0,054 \\ -0,072 \\ -0,126 \end{array} \right) \text{ обеспечивает условие работы подшипникового узла при задан-}$$

ном тепловом режиме.

13. Построим схему полей допусков выбранной посадки по примеру задачи № 1 в развернутом виде (см. рис. 6), а также графическую часть сборочного чертежа (рис. 10).

Задача № 3. Расчет и выбор посадки с натягом

Исходные данные: d – посадочный диаметр (рис. 11), мм; d_1 – диаметр отверстия охватываемой детали вала, мм; d_2 – наружный диаметр охватывающей детали втулки, мм; l – длина сопряжения, мм; $M_{кр}$ – крутящий момент, стремящийся повернуть одну деталь относительно другой, Н·м; $R_{ос}$ – осевое усилие, Н; применяемый материал вала и втулки.

Посадки с натягом (прессовые) применяются только в точных качествах УТ6 ... УТ8.

Они используются для передачи крутящих моментов и осевых сил без дополнительного крепления, а иногда для создания предварительно-напряженного состояния у сопрягаемых деталей.

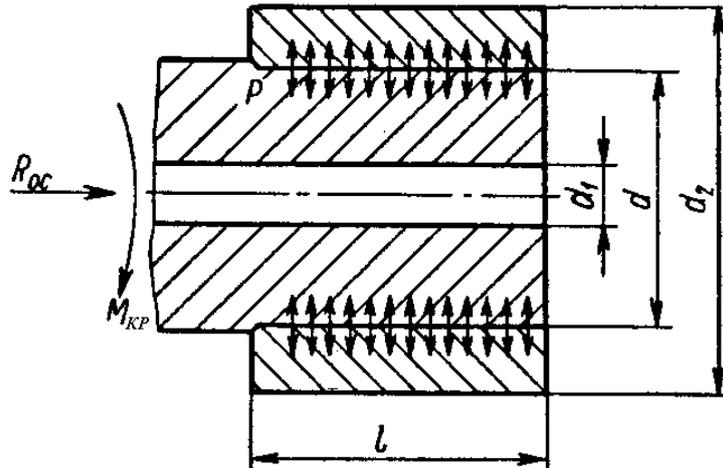


Рис. 11. Соотношение размеров вала и отверстия в неподвижных соединениях

Посадки предназначены для неподвижных и неразъемных (или редко разбираемых) соединений. Используются при соединении труб, колец, венцов червячных колес со ступицами и т. п. Относительная неподвижность деталей обеспечивается силами трения, возникающими на контактирующих поверхностях вследствие их упругой деформации, создаваемой натягом при сборке соединения.

Преимущество посадок с натягом: а) отсутствие дополнительного крепления, что упрощает конфигурацию деталей и их сборку; б) посадки обеспечивают высокую нагрузочную способность сопряжения, которая резко возрастает с увеличением диаметра сопряжения.

Разность между диаметром вала и внутренним диаметром втулки до сборки называется натягом N . При запрессовке деталей происходит растяжение втулки на величину N_A и одновременно сжатие вала на величину N_B , при этом $N = N_A + N_B$. Таким образом, величина натяга N складывается из деформации сжатия вала и деформации растяжения втулки.

Различают 3 вида деформаций, имеющих место в посадках с натягом: а) в большинстве случаев это упругие деформации контактных поверхностей соединяемых деталей; б) при относительно больших натягах или в соединениях деталей, изготовленных из легких сплавов и пластмасс, возникают упругопластические деформации (пластическая деформация распространяется не на всю толщину материала); в) пластическая деформация, которая распространяется на всю толщину материала.

Конкретный вид деформации в соединении определяется служебным назначением соединения и узла.

Определяемые расчетом натяги должны удовлетворять следующим условиям:

а) При минимальном натяге обеспечивать прочность соединения, т. е. гарантировать относительную неподвижность деталей соединения от действия крутящего момента и осевого усилия. Если действует только крутящий момент,

то $M_{KP} < M_{TP}$, где M_{KP} – наибольший крутящий момент, прикладываемый к одной из деталей; M_{TP} – момент трения, зависящий от натяга, геометрических размеров деталей, шероховатости контактных поверхностей деталей и других факторов.

б) Обеспечивать прочность деталей соединения при максимальном натяге, т.е. гарантировать от возможного разрушения при сборке.

Работоспособность, прочность и качество сопряжения при одном и том же натяге зависят от материала сопрягаемых деталей, шероховатостей их поверхностей, формы, способа сборки (сборка под прессом или способом термических деформаций) и т. п.

При серийном и массовом производстве посадки с натягом проверяются опытным путем.

Величина требуемого минимального удельного давления P_{MIN}^{don} на контактных поверхностях соединения будет определяться по известным значениям внешних нагрузок M_{KP} и R_{OC} . При этом возможны 3 случая:

а) при действии только осевой силы R_{OC}

$$P_{MIN}^{don} = \frac{R_{OC} \cdot K}{\pi \cdot d \cdot l \cdot f};$$

б) при действии только крутящего момента M_{KP}

$$P_{MIN}^{don} = \frac{2 \cdot M_{KP} \cdot K}{\pi \cdot d^2 \cdot l \cdot f};$$

в) при одновременном действии M_{KP} и R_{OC}

$$P_{MIN}^{don} = \frac{K \cdot \sqrt{\frac{(M_{KP})^2}{d^2}} + R_{OC}}{\pi \cdot d \cdot l \cdot f},$$

где K – коэффициент запаса прочности; f – коэффициент трения материалов.

Методику выполнения данной задачи рассмотрим на примере следующих значений исходных данных: $d = 85$ мм = 0,085 м; $d_1 = 65$ мм = 0,065 м; $d_2 = 110$ мм = 0,11 м; $l = 80$ мм = 0,08 м; $M_{KP} = 800$ Н·м; R_{OC} отсутствует; применяемый материал вала и втулки – сталь 30.

Порядок выполнения:

1. Определяем величину минимального допустимого эксплуатационного удельного давления (Н/м²), способного передать заданный крутящий момент:

$$P_{MIN}^{don} = \frac{2 \cdot M_{KP} \cdot K}{\pi \cdot d^2 \cdot l \cdot f},$$

где M_{KP} – крутящий момент, Н·м; K – коэффициент запаса прочности ($K=1...2$, рекомендуется принять, как в данном примере, равным 1,5); d и l – номинальный диаметр и длина сопряжения, м; f – коэффициент трения материалов (для стальных деталей $f=0,085$ [4]).

В нашем примере

$$P_{\text{MIN}}^{\text{don}} = \frac{2 \cdot 800 \cdot 1,5}{3,14 \cdot 0,085^2 \cdot 0,08 \cdot 0,085} = 1,558 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2.$$

2. Величина натяга в неподвижном соединении определяется расчетом и должна обеспечивать два основных требования: а) гарантировать относительную неподвижность вала и втулки; б) обеспечивать прочность деталей, образующих соединение, т. е. гарантировать от возможного разрушения при сборке.

2.1. Исходя из первого требования к натягу определим наименьший расчетный натяг в соединении $N_{P,\text{min}}$, при котором может быть передан крутящий момент:

$$N_{P,\text{MIN}} = P_{\text{MIN}}^{\text{don}} \cdot d \cdot \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right),$$

где $P_{\text{MIN}}^{\text{don}}$ – минимальное допустимое удельное эксплуатационное давление, Н/м²; d – номинальный диаметр сопрягаемых поверхностей, м; C_1, C_2 – коэффициенты, определяющие жесткость и конструкцию сопрягаемых поверхностей (безразмерные коэффициенты Ляме); E_1, E_2 – модули упругости вала и втулки, Н/м² (для стальных деталей $E = 2 \cdot 10^{11}$ Н/м² [4]).

Конструктивные коэффициенты Ляме C_1 и C_2 , в свою очередь, будут определяться по формулам

$$C_1 = \frac{1 + (d_1/d)^2}{1 - (d_1/d)^2} - \mu_1 \text{ для вала}; \quad C_2 = \frac{1 + (d/d_2)^2}{1 - (d/d_2)^2} + \mu_2 \text{ для втулки},$$

где d – посадочный диаметр сопряжения; d_1 – диаметр отверстия охватываемой детали (вала); d_2 – наружный диаметр охватывающей детали (втулки); μ_1, μ_2 – коэффициенты Пуассона вала и втулки (для стальных деталей $\mu = 0,3$ [4]).

Таким образом, в нашем примере

$$C_1 = \frac{1 + (0,065/0,085)^2}{1 - (0,065/0,085)^2} - 0,3 = 3,46 \text{ для вала};$$

$$C_2 = \frac{1 + (0,085/0,11)^2}{1 - (0,085/0,11)^2} + 0,3 = 4,17 \text{ для втулки};$$

$$N_{P,\text{MIN}} = 1,5 \cdot 10^7 \cdot 0,085 \cdot \left(\frac{3,46}{2 \cdot 10^{11}} + \frac{4,17}{2 \cdot 10^{11}} \right) = 0,45 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 45 \text{ мкм}.$$

2.2. Исходя из второго требования к натягу определим максимально возможный расчетный натяг в соединении $N_{P,\text{max}}$, при котором еще может быть гарантирована прочность соединения от разрушения:

$$N_{P,\text{MAX}} = 0,5 \cdot P_{\text{MAX}} \cdot d \cdot (C_1/E_1 + C_2/E_2),$$

где P_{max} – максимальное допустимое удельное эксплуатационное давление, допускаемое прочностью наименее жесткой детали, Н/м².

Для выбора P_{\max} определим и сравним величины допустимых удельных контактных давлений для вала и для втулки, т. е. оценим прочность вала и втулки (выдержит ли материал при запрессовке) из условий:

$$P_{\text{доп}} \leq 0,58 \cdot \sigma_{T1} \cdot \left[1 - (d_1/d)^2 \right] \text{ для вала;}$$

$$P_{\text{доп}} \leq 0,58 \cdot \sigma_{T2} \cdot \left[1 - (d/d_2)^2 \right] \text{ для втулки,}$$

где σ_{T1} , σ_{T2} – пределы текучести материалов вала и втулки (для стали $\sigma_T = 3 \cdot 10^8$ Н/м²).

Из двух значений $P_{\text{доп}}$, определенных выше, берется *минимальное* (для втулки как для наиболее слабого звена), которое и будет составлять максимальное контактное давление P_{\max} , допускаемое прочностью наименее жесткой детали (втулки):

$$P_{\max} = P_{\text{доп}} \text{ для втулки, Н/м}^2.$$

В рассматриваемом примере

$$P_{\text{доп}} \leq 0,58 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot \left[1 - (0,065/0,085)^2 \right] = 7,3 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2 \text{ для вала;}$$

$$P_{\text{доп}} \leq 0,58 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot \left[1 - (0,085/0,11)^2 \right] = 7,13 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2 \text{ для втулки;}$$

$$P_{\max} = 7,13 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2 \text{ (} P_{\text{доп}} \text{ для втулки);}$$

$$N_{P.\max} = 0,5 \cdot 7,13 \cdot 10^7 \cdot 0,085 \cdot \left(\frac{3,46}{2 \cdot 10^{11}} + \frac{4,17}{2 \cdot 10^{11}} \right) = 1,11 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 111 \text{ мкм.}$$

2.3. Определим действительные (технологические) натяги (после сборки) с учетом поправки на смятие микронеровностей:

$$N_{T.\max} = N_{P.\max} + \Delta N; \quad N_{T.\min} = N_{P.\min} + \Delta N,$$

где ΔN – поправка на смятие микронеровностей.

$$\Delta N = 2 \cdot (K_1 \cdot R_{z1} + K_2 \cdot R_{z2}),$$

где K_1 , K_2 – коэффициенты, учитывающие величину обжатия микронеровностей вала и отверстия ($K_1 = K_2 = 0,6$ для всех случаев); R_{z1} , R_{z2} – шероховатости поверхностей вала и отверстия.

Значения R_{z1} и R_{z2} определяются из табл. П.16 по номинальному диаметру d и качеству сопряжения. Посадки с натягом (прессовые) применяются только в точных качествах УТ6 ... УТ8, поэтому принимаем качество УТ7 из данного диапазона и для отверстия, и для вала нормальную точность (Н).

По табл. П.16 в нашем примере $R_{z1} = R_{z2} = 4,0$ мкм.

Полученные табличные значения шероховатости Ra необходимо сравнить с предельными значениями для посадок с натягом [4]. Предельные условия проверяются по показателю шероховатости Ra и выглядят так:

$$Ra_B \leq 0,8 \dots 1,6 \text{ мкм для вала;} \quad Ra_A \leq 1,6 \dots 3,2 \text{ мкм для отверстия.}$$

В данном примере значения шероховатости для обеих поверхностей удовлетворяют указанным условиям (неравенствам) и в корректировке не нуждаются. Если корректировка все же выполняется, то показатели Ra необходимо приравнять к верхним предельным значениям, после чего необходимо пересчитать значения шероховатости Rz , учитывая, что $Rz \approx 4 \cdot Ra$.

В данном примере корректировки не делаем, и окончательно принимаем $R_{zA}=4$ мкм; $R_{zB}=4$ мкм.

Тогда

$$\Delta N = 2 \cdot (0,6 \cdot 4 + 0,6 \cdot 4) = 9,6 \text{ мкм};$$

$$N_{T.\max} = 111 + 9,6 = 120,6 \text{ мкм}; \quad N_{T.\min} = 45 + 9,6 = 54,6 \text{ мкм}.$$

3. По полученным технологическим натягам выбираем стандартную посадку ЕСДП с натягом в системе отверстия по табл. П.12. Условия выбора посадки:

а) $N_{ЕСДП.\min} \geq N_{T.\min}$ – условие противодействия прокручиванию (главное, обязательное условие выбора посадки);

б) $N_{ЕСДП.\max} \leq N_{T.\max}$ – условие от разрушения.

В нашем примере поле допуска основного отверстия будет $H7$. Указанным условиям выбора посадки в табл. П.12 удовлетворяет посадка $\varnothing 85$

$$\frac{H7}{t6} \left(\begin{array}{c} +0,035 \\ +0,113 \\ +0,091 \end{array} \right) (N_{ЕСДП.\min} = 56 \text{ мкм}; N_{ЕСДП.\max} = 113 \text{ мкм}).$$

Если условия выбора не выполняются, необходимо скорректировать значения шероховатости, изменив квалитет либо степень относительной геометрической точности обработки в табл. П.16 по согласованию с преподавателем (повторить расчет, начиная с п. 2.3).

4. Проверим выбранную посадку на прочность и оценим возникающие напряжения.

Для этого определим максимальное удельное давление выбранной посадки (усилие запрессовки):

$$P_{\max.\Pi} = \frac{[N_{ЕСДП.\max} - 1,2(R_{z_1} + R_{z_2})] \cdot 10^{-6}}{d \cdot \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)} =$$

$$= \frac{[113 - 1,2(4 + 4)] \cdot 10^{-6}}{0,085 \cdot \left(\frac{3,46}{2 \cdot 10^{11}} + \frac{4,17}{2 \cdot 10^{11}} \right)} = 3,57 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2.$$

Напряжения, возникающие в соединении, будут равны

$$\sigma_1 = \frac{2 \cdot P_{\max.\Pi}}{1 - \left(\frac{d_1}{d} \right)^2} = \frac{2 \cdot 3,57 \cdot 10^7}{1 - \left(\frac{0,065}{0,085} \right)^2} = 17 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2 \text{ для вала};$$

$$\sigma_2 = \frac{1 + (d/d_2)^2}{1 - (d/d_2)^2} \cdot P_{\max.\Pi} = 13,8 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2 \text{ для втулки}.$$

Оценим прочность соединения по пределу текучести. Должны выполняться условия

$$\sigma_1 < \sigma_{T1}; \quad \sigma_2 < \sigma_{T2},$$

где σ_1, σ_2 – напряжения вала и втулки при максимальном натяге выбранной посадки; σ_{T1}, σ_{T2} – пределы текучести материалов вала и втулки соответственно.

Если данные условия выполняются, посадка выбрана верно. Если нет, необходимо скорректировать значения шероховатости посадочных поверхностей по согласованию с преподавателем.

В рассматриваемом примере условия $\sigma_1 < \sigma_{T1}; \quad \sigma_2 < \sigma_{T2}$ выполняются:

$$17 \cdot 10^7 < 3 \cdot 10^8; \quad 13,8 \cdot 10^7 < 3 \cdot 10^8.$$

Запишем вывод: по условию прочности посадка $\varnothing 85 \frac{H7}{t6} \left(\begin{array}{c} +0,035 \\ -0,113 \\ +0,091 \end{array} \right)$

выбрана верно.

5. Необходимо построить схему полей допусков выбранной посадки по примеру задачи № 1 в развернутом виде (см. рис. 6), а также графическую часть сборочного чертежа – по примеру задачи № 2 (см. рис. 10).

Задача № 4. Расчет и выбор посадок подшипника качения

Исходные данные: d – диаметр сопряжения подшипника с валом, мм; D – диаметр сопряжения подшипника с корпусом, мм; R – реакция опоры, Н; характер нагрузки наружного и внутреннего колец подшипника; режим работы подшипника.

Шариковые, роликовые и игольчатые подшипники принято называть общим названием «подшипники качения». Каждый такой подшипник состоит из наружного и внутреннего колец и расположенных между ними шариков, или роликов, или игл. В настоящее время подшипники качения являются основным видом опор в машинах. Долговечность подшипников качения определяется величиной и характером нагрузки, точностью изготовления, правильной посадкой на вал и в отверстие корпуса, качеством монтажа.

Точность подшипников качения определяется по ГОСТ 3478–79, в котором установлено пять классов точности: P0, P6, P5, P4 и P2 (в порядке повышения точности). В каждом классе точности для подшипников регламентируются: отклонения посадочных размеров колец, постоянство ширины колец, предельное радиальное биение дорожки качения кольца, биение базового торца подшипника. Наибольшее распространение в машиностроении имеет нулевой класс точности P0.

Подшипник качения – это стандартный узел, поэтому присоединительные поверхности наружного и внутреннего колец являются основными и определяют систему посадок. Из этого следует, что посадка внутреннего кольца подшипника назначается в системе отверстия, а посадка наружного кольца подшипника – в системе вала.

При этом поле допуска на отверстие внутреннего кольца подшипника, в отличие от обычных (не подшипниковых) посадок в системе отверстия, ограничивается нулевой линией и одним *отрицательным отклонением*. Такое правило установлено в машиностроении с целью получения точных переходных посадок при сопряжении внутренних колец подшипника со стандартными валами, имеющими одно отрицательное отклонение.

Посадки подшипников качения на вал и в корпус назначаются в зависимости от типа и размера подшипника, условий его эксплуатации, величины и характера действующих на него нагрузок и от характера нагружения колец. Различают три вида нагружения колец: местное (М), циркуляционное (Ц) и колебательное (К).

Вид нагружения кольца подшипника качения существенно влияет на выбор его посадки. Рассмотрим типовые схемы механизмов и особенности работы подшипников в них.

Первая типовая схема (рис. 12, а). Внутреннее кольцо подшипника вращается вместе с валом, наружное кольцо, установленное в корпусе, неподвижно. Радиальная нагрузка R постоянна по величине и не меняет своего положения относительно корпуса.

В этом случае внутреннее кольцо воспринимает радиальную нагрузку R последовательно всей окружностью дорожки качения, такой вид нагружения кольца называется *циркуляционным*. Наружное кольцо подшипника воспринимает радиальную нагрузку лишь ограниченным участком окружности дорожки качения, такой характер нагружения кольца называется *местным*.

Дорожки качения внутренних колец подшипников изнашиваются равномерно, а наружных – только на ограниченном участке.

При назначении посадок подшипников качения существует правило: кольца, имеющие местное нагружение, устанавливаются так, чтобы обеспечивалась возможность их проворота с целью более равномерного износа дорожек качения (посадки с зазором); при циркуляционном нагружении, напротив, кольца сажают по более плотным посадкам (с натягом).

Вторая типовая схема (рис. 12, б). Наружные кольца подшипников вращаются вместе с зубчатым колесом. Внутренние кольца подшипников, посаженные на ось, остаются неподвижными относительно корпуса. Радиальная нагрузка R постоянна по величине и не меняет своего положения относительно корпуса.

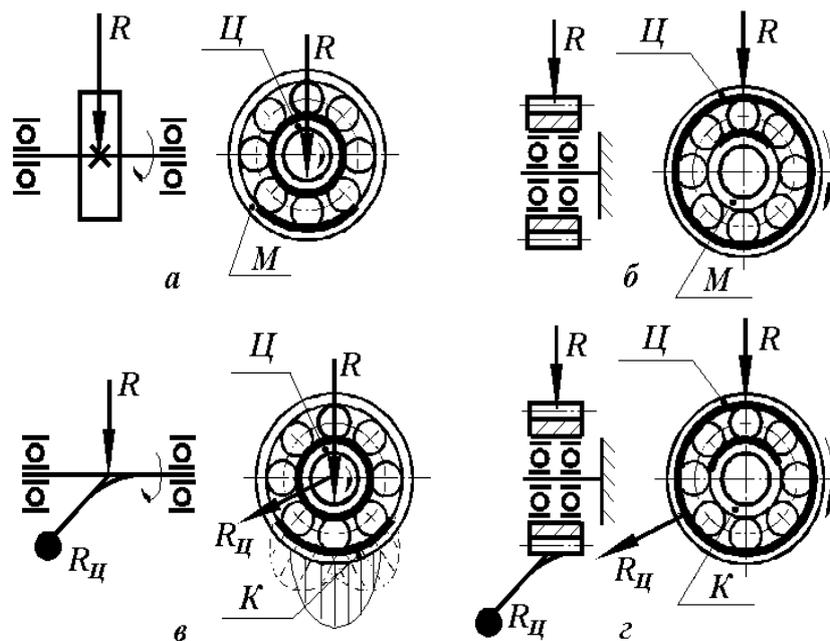


Рис. 12. Типовые схемы нагружения колец подшипников:
а – вращается внутреннее кольцо при постоянной по направлению нагрузке на него; *б* – вращается наружное кольцо при постоянной по направлению нагрузке на него; *в* – вращается внутреннее кольцо при двух составляющих нагрузки на него; *г* – вращается наружное кольцо при двух составляющих нагрузки на него

В этом случае наружное кольцо воспринимает радиальную нагрузку R последовательно всей окружностью дорожки качения, т.е. имеет циркуляционное нагружение. Внутреннее кольцо подшипника воспринимает радиальную нагрузку лишь ограниченным участком окружности дорожки качения, т.е. имеет местное нагружение.

Третья типовая схема (рис. 12, *в*). Внутреннее кольцо подшипника вращается вместе с валом, наружное кольцо, установленное в корпусе, неподвижно. На кольца действуют две радиальные нагрузки, одна постоянна по величине и по направлению R ; другая, центробежная $R_{ц}$, меньше по величине и вращается вместе с валом.

Равнодействующая сил R и $R_{ц}$ совершает периодическое колебательное движение, симметричное относительно направления действия силы R . На рис. 12, *в* штриховыми линиями показано последовательное положение эпюры нагружения наружного кольца подшипника на ограниченном участке дорожки качения, которая смещается справа налево и меняется по величине. Такой режим нагружения кольца называется *колебательным*. При этом режиме нагружения кольца рекомендуется назначать переходные посадки.

Внутреннее кольцо воспринимает суммарную радиальную нагрузку последовательно всей окружностью дорожки качения, т.е. имеет циркуляционное нагружение.

Четвертая типовая схема (рис. 12, з). Наружное кольцо подшипника вращается, внутреннее кольцо, установленное на валу, неподвижно. На кольца действуют две радиальные нагрузки: одна постоянна по величине и по направлению R , другая, центробежная $R_{Ц}$, меньше по величине и вращается вместе с наружным кольцом. Внутреннее кольцо при этом нагружено колебательно, наружное – циркуляционно.

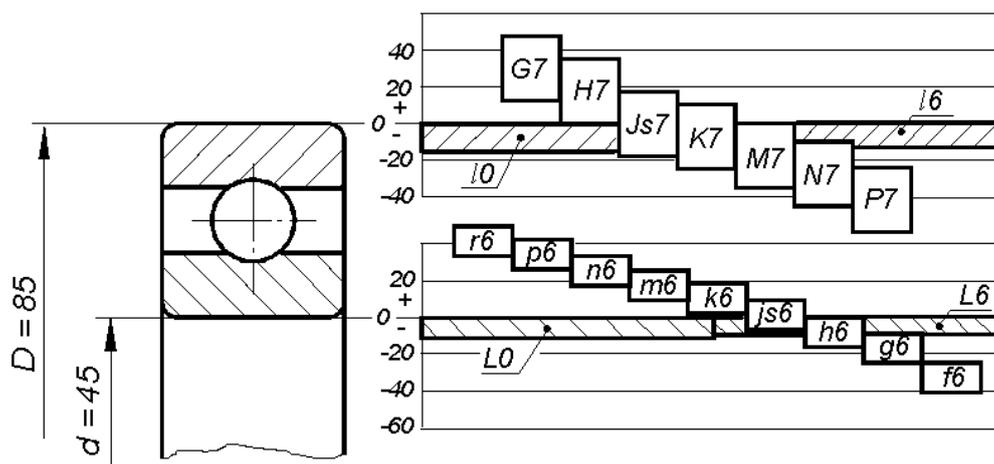


Рис. 13. Схема расположения полей допусков посадочных диаметров подшипника и сопряженных с ним деталей для классов точности 0 и 6

Используемые посадки для колец подшипников классов точности 0 и 6 при всех четырех схемах нагружения перечислены в табл. П.17.

Из приведенной на рис. 13 схемы видно, что для подшипников 0 и 6 классов точности все поля допусков сопрягаемых валов располагаются в 6 квалитете, а поля допусков отверстий корпусов – в 7 квалитете.

Методику выполнения данной задачи рассмотрим на примере следующих значений исходных данных: $d = 70$ мм; $D = 125$ мм; $R = 18\,000$ Н; характер нагрузки внутреннего кольца – циркуляционный (Ц), наружного – местный (М); режим работы подшипника – нормальный, перегрузка не более 150%, осевой нагрузки нет. Подшипник используется шариковый радиальный однорядный класса точности P0. Вал, на который садится внутреннее кольцо подшипника, – сплошной.

Порядок выполнения:

1. По ГОСТ 8338–75 определяем размеры подшипника (по табл. П.18, из легкой серии диаметров 2): $d = 70$ мм; $D = 125$ мм; $B = 24$ мм; $r = 2,5$ мм, условное обозначение подшипника – 214.

2. По табл. П.17, зная характер нагрузки наружного (М) и внутреннего (Ц) колец, выписываем все используемые посадки для двух сопрягаемых диаметров подшипника класса точности P0: для внутреннего, циркуляционно-

нагруженного кольца $L0/n6$, $L0/m6$, $L0/k6$, $L0/j_s6$, для наружного, местно-нагруженного кольца $G7/10$, $H7/10$, $J_s7/10$, $K7/10$, $M7/10$.

Обратите внимание, что все поля допусков сопрягаемых валов расположены в 6 квалитете, а поля допусков отверстий корпусов – в 7 квалитете.

Последующие действия направлены на то, чтобы выбрать для каждого кольца из нескольких возможных посадок наиболее подходящую.

3. Посадки колец с циркуляционным нагружением назначаются исходя из интенсивности радиальной нагрузки P_R , которая подсчитывается по формуле

$$P_R = \frac{R \cdot K_{II} \cdot F \cdot F_A}{b},$$

где R – радиальная реакция опоры на подшипник, Н; b – рабочая ширина посадочного места подшипника ($b=B-2 \cdot r$, где B – ширина подшипника, м; r – радиус закругления, м); K_{II} – динамический коэффициент посадки, зависящий от характера нагрузки (при перегрузке до 150% и умеренных толчках $K_{II}=1$, при перегрузке до 300%, силовых ударах и вибрации $K_{II}=1,8$); F – коэффициент, учитывающий степень ослабления посадочного натяга при полом вале или тонкостенном корпусе; при сплошном вале $F=1$; F_A – коэффициент неравномерности распределения радиальной нагрузки R между рядами роликов в двухрядном коническом роликоподшипнике. Для радиальных и радиально-упорных подшипников с одним наружным или внутренним кольцом $F_A=1$.

В нашем примере при $R=18\,000$ Н; $K_{II}=1$; $F=1$; $F_A=1$; $b=0,024-2 \cdot 0,0025=0,019$ м

$$P_R = \frac{18\,000 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{0,019} = 947\,300 \text{ Н/м} = 947,3 \text{ кН/м.}$$

Циркуляционно у нас нагружено внутреннее кольцо подшипника, и для него по табл. П.19, используя подсчитанную интенсивность радиальной нагрузки $P_R=947,3$ кН/м и диаметр отверстия внутреннего кольца подшипника $d=70$ мм, производим уточнение поля допуска для сопрягаемого вала: в 6 квалитете это поле $k6$. Поля допусков $m6$, $n6$ согласно табл. П.19 также могут быть использованы, но предпочтительным является поле допуска $k6$, так как оно дает меньший натяг сопряжения (см. рис. 13).

Окончательно выбираем для вала посадку $L0/k6$.

4. Посадка кольца с местным нагружением (в нашем примере наружного) назначается по табл. П.20. Для нормального режима работы с перегрузками не более 150% при сопрягаемом диаметре $D=125$ мм из пяти возможных в нашем случае полей допусков (см. п. 2 настоящей методики) табл. П.20 рекомендует два поля допуска: $G7$ для неразъемного корпуса и $H7$ для разъемного. Поскольку информация о конструкции корпуса в исходных данных не оговаривается, выберем в качестве предпочтительного поля допуска отверстия $H7$, так как: 1) это поле допуска основного отверстия, следовательно, его легче будет изготовить; 2) поле допуска $H7$ обеспечивает меньший зазор при посадке наружного кольца, чем поле допуска $G7$ (см. рис. 13), то есть обеспечивает большую точность и защиту от вибраций подшипникового узла.

Окончательно выбираем для корпуса посадку $H7/10$.

5. Посадка кольца с колебательным нагружением (в нашем примере отсутствует) назначается по табл. П.21 в зависимости от посадочного диаметра кольца. Поля допусков сопрягаемых валов из этой таблицы необходимо брать в 6 квалитете, поля допусков отверстий корпусов – в 7 квалитете, т. к. у всех вариантов заданий класс точности P0.

6. По буквенному обозначению полей допусков посадок для внутреннего ($L0/k6$) и наружного ($H7/10$) колец подшипника определим предельные отклонения.

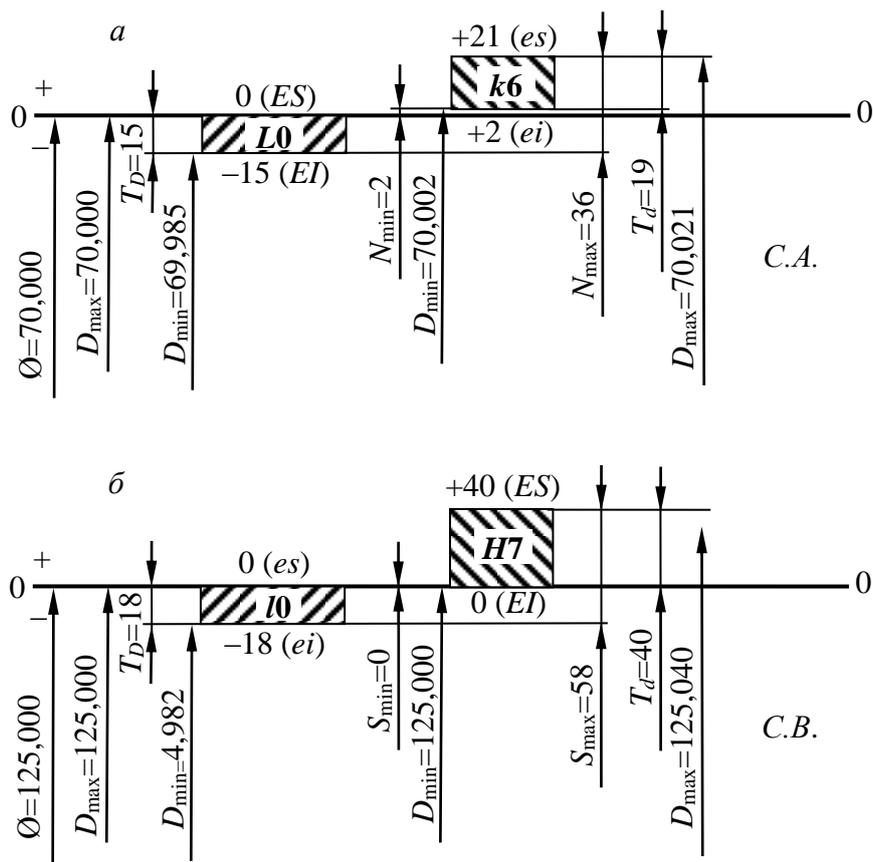


Рис. 14. Графическое изображение полей допусков:

а – посадки вала с внутренним диаметром подшипника;

б – посадки отверстия корпуса с наружным диаметром подшипника

6.1. Определим отклонения посадочных поверхностей вала и корпуса, сопрягаемых с подшипником. В нашем примере для вала $\varnothing70k6$ по табл. П.5 $es=+21$ мкм; $ei=+2$ мкм. Для отверстия $\varnothing125H7$ по табл. П.4 $ES=+40$ мкм; $EI=0$ мкм.

6.2. Определим отклонения на посадочные элементы самого подшипника (табл. П.22). Для внутреннего кольца $\varnothing70L0$ $ES=0$ мкм; $EI=-15$ мкм. Для наружного кольца $\varnothing12510$ $es=0$ мкм; $ei=-18$ мкм.

7. Необходимо построить схемы расположения полей допусков посадок внутреннего и наружного колец по примеру задачи № 1 в развернутом виде (рис. 14). Для каждой посадки строится отдельная схема.

8. Проверим выполнение условия положительности посадочного зазора:

$$S_{II}=(S_R-\Delta d-\Delta D)\rightarrow 0, \text{ но не равен нулю,}$$

где S_R – начальный радиальный зазор (до установки подшипника на вал и в корпус); S_{II} – посадочный зазор (после установки подшипника); Δd и ΔD – деформации соответственно наружного и внутреннего колец.

8.1. По внутреннему посадочному диаметру подшипника из табл. П.23 определяем величину начального радиального зазора подшипника при его изготовлении (по основному ряду). Для этого из табл. П.23 выписываются максимальный и минимальный начальные зазоры, а затем подсчитывается средний начальный зазор.

Для нашего примера $S_{\min}=14$ мкм, $S_{\max}=34$ мкм, $S_R=(S_{\min}+S_{\max})/2=(14+34)/2=24$ мкм.

8.2. Определим величину приведенного диаметра для каждого кольца:

$$d_0 = d + \frac{D-d}{4} \text{ – для внутреннего кольца;}$$

$$D_0 = D - \frac{D-d}{4} \text{ – для наружного кольца.}$$

$$d_0 = 70 + \frac{125-70}{4} = 83,75 \text{ мм;}$$

$$D_0 = 125 - \frac{125-70}{4} = 111,25 \text{ мм.}$$

8.3. Вычислим деформацию каждого кольца от максимально возможного натяга соответствующей посадки:

$$\Delta d = 0,85 \cdot N_{\max} \cdot \frac{d}{d_0} \text{ – для внутреннего кольца;}$$

$$\Delta D = 0,85 \cdot N_{\max} \cdot \frac{D_0}{D} \text{ – для наружного кольца.}$$

В нашем примере

$$\Delta d = 0,85 \cdot 36 \cdot \frac{70}{83,75} = 29,1 \text{ мкм;}$$

$\Delta D = 0$, т. к. посадка наружного кольца – с зазором.

8.4. Определим величину посадочного зазора:

$$S_{II} = S_R - \Delta d - \Delta D = 24 - 29,1 = -5,1 \text{ мкм.}$$

Условие положительности посадочного зазора, необходимое для работы подшипника, не выполняется (т. е. в подшипнике образуется натяг).

В этом случае необходимо использовать подшипник с большими начальными зазорами, т. е. повторить расчеты п. 8.1 и п. 8.4 настоящей методики для подшипника из 7-го дополнительного ряда табл. П.23:

В нашем случае

$$S_{\min}=29 \text{ мкм}; \quad S_{\max}=55 \text{ мкм}; \quad S_R=(29+55)/2=42 \text{ мкм}; \\ S_{II}=42-29,1=12,9 \text{ мкм}.$$

Условие положительности посадочного зазора, необходимое для работы подшипника, выполняется.

Запишем вывод: *подшипник 0-214 необходимо выбрать из 7-го дополнительного ряда для элемента сопряжения на вал к6 и отверстия H7.*

9. Необходимо построить графическую часть – чертеж подшипникового соединения (рис. 15).

На чертеже проставляются отклонения формы и шероховатость посадочных поверхностей вала и корпуса. Для колец подшипников классов P0, P6 отклонение формы корпуса или вала не должно превышать 0,5 допуска на точность изготовления соответствующих колец или 0,25 допуска корпуса или вала [4].

В нашем примере для посадочной поверхности сопрягаемого вала допуск формы $T_{\phi} \leq (0,3 \cdot 19 = 6)$ мкм по допуску размеров вала.

Для посадочной поверхности отверстия корпуса $T_{\phi} \leq (0,3 \cdot 40 = 12)$ мкм по допуску размеров корпусного отверстия.

Значения шероховатости выбираются по табл. П.24. Для рассматриваемого примера шероховатость поверхности вала $Ra \leq 1,25$ мкм, шероховатость поверхности отверстия корпуса $Ra \leq 2,5$ мкм.

Контрольные вопросы и задания

1. В чём сущность взаимозаменяемости?
2. Что такое полная и неполная взаимозаменяемость?
3. Чем различаются номинальные и действительные размеры?
4. Для чего нужно знать предельные размеры?
5. Что такое допуск и поле допуска?
6. Что такое посадка и допуск посадки?
7. Чем характерны системы посадок (основного вала и основного отверстия)?
8. В чём заключается принцип экономии материала применительно к понятиям «система отверстия» и «система вала»?
9. Почему система основного отверстия получила наибольшее распространение?
10. Какие виды сопряжений вы знаете (вам известны)?
11. Дайте понятие простого сопряжения. В чём разница между понятиями «сложное» и «простое» сопряжения?

12. За счёт каких посадок можно получить неподвижные, переходные и подвижные соединения?
13. Как графически изображаются поля допусков различных посадок в системе основного и неосновного отверстий и вала? Приведите примеры.
14. Что такое основное отклонение?
15. Что такое квалитет и каковы основные соображения при его назначении?
16. Как производятся выбор и обозначение посадок? Что такое основные и комбинированные посадки?
17. Что общего между понятиями «квалитет» и «допуск» и какое различие между ними имеется?
18. Какие вам известны классы точности подшипников качения?
19. В чём заключается особенность расположения поля допуска на диаметр отверстия внутреннего кольца подшипника качения?
20. Какие вам известны виды нагружения колец подшипника?
21. Какие применяют посадки для соединения подшипника с валом и корпусом?
22. Приведите примеры местного, циркуляционного и колебательного нагружений.
23. Сформулируйте общие требования при расчёте посадок подшипников качения.
24. Сформулируйте условия, по которым выбирают посадки подшипников качения на валы и в корпуса.
25. Какие стандартные посадки применяют при различных видах нагружения?
26. Почему при выборе и расчёте посадок для подшипников качения не используются стандартные посадки с натягом ЕСДП?
27. Какие квалитеты точности используются при выборе посадок подшипников качения?

Библиографический список

1. *Леонов, О.А.* Взаимозаменяемость : учебник / О.А. Леонов, Ю.Г. Вергазова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 208 с. – ISBN 978-5-8114-2811-3 // Лань : электронно-библиотечная система : [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/130491> (дата обращения: 02.12.2020).
2. *Соколова, В. Д.* Взаимозаменяемость и нормирование точности : учебное пособие / В. Д. Соколова. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2018. – 124 с. – ISBN 978-5-9239-1095-7 // Лань : электронно-библиотечная система : [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/117642> (дата обращения: 02.12.2020).
3. *Клименков, С. С.* Нормирование точности и технические измерения в машиностроении : учебник / С. С. Клименков. – Минск : Новое знание, 2013. – 248 с. – ISBN 978-985-475-572-4 // Лань : электронно-библиотечная система : [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/43874> (дата обращения: 02.12.2020).
4. *Большакова, Г. А.* Взаимозаменяемость в примерах и задачах : учебное пособие / Г. А. Большакова, Н. Ю. Ефремов. – Санкт-Петербург : БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова, – 2018. – Ч. 1– 71 с. // Лань : электронно-библиотечная система : [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/122044> (дата обращения: 02.12.2020).
5. Руководство по выполнению курсовой работы (проекта) для дисциплин «Взаимозаменяемость и нормирование точности», «Метрология, стандартизация и сертификация» : учебное пособие / О. П. Дворянинова, Н. Л. Клейменова, Л. И. Назина, О. А. Орловцева. – Воронеж : ВГУИТ, 2019. – 63 с. – ISBN 978-5-00032-382-3 // Лань : электронно-библиотечная система : [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/130199> (дата обращения: 02.12.2020).
6. Метрология, стандартизация, сертификация и взаимозаменяемость : методические указания к выполнению самостоятельной работы и курсового проекта : / сост.: Л.Г. Черных, А.В. Зеленин. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2016. – 40 с. // Лань : электронно-библиотечная система : [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/91199> (дата обращения: 02.12.2020).

Т а б л и ц а П.1 . Исходные данные

		Задача №1		Задача №2					Задача №3					Задача №4					
Номер задания	Номер варианта	Номинальный диаметр d , мм	Квалитет	Номинальный диаметр d , мм	Длина сопряжения l , мм	Частота вращения n , об/мин	Радиальная нагрузка R , Н	Марка масла	Наружный диаметр вала d , мм	Внутренний диаметр вала d_1 , мм	Наружный диаметр втулки d_2 , мм	Длина сопряжения l , мм	Материал (марка стали)	Крутящий момент $M_{кр}$, Н·м	Наружный диаметр D , мм	Внутренний диаметр d , мм	Нагрузка R , Н	Вид нагружения по D	Вид нагружения по d
1	1/1	14	7	48	20	1000	1000	«Инд. 12»	25	0	85	35	40	1600	90	40	4000	М	Ц
	1/2	18	8	46	25	1000	1000	«Инд. 20»	35	0	95	50	40	1000	75	45	5000	Ц	К
	1/3	16	7	44	22	1000	1000	«Инд. 30»	45	0	115	65	40	1500	85	45	5500	М	Ц
	1/4	19	8	43	20	1000	1000	«Инд. 45»	32	0	125	45	40	1050	100	45	8000	М	Ц
	1/5	21	7	41	20	1000	1000	«Инд. 50»	55	0	130	70	40	1800	80	50	10000	Ц	М
2	2/1	23	7	20	16	1800	600	«Инд. 20»	60	30	120	$1,5d_H$	40	1100	90	50	20000	К	Ц
	2/2	26	8	30	20	1800	600	«Инд. 12»	60	30	120	$1,4d_H$	40	1100	110	50	15000	Ц	К
	2/3	27	7	40	25	1750	700	«Инд. 30»	60	30	120	$1,3d_H$	40	1100	90	55	13000	М	Ц
	2/4	28	8	28	20	1750	500	«Инд. 40»	60	30	120	$1,2d_H$	40	1200	100	55	14000	М	Ц
	2/5	30	7	50	35	1800	800	«Инд. 50»	60	25	100	$1,1d_H$	40	1200	120	55	13000	Ц	М
3	3/1	31	7	28	14	800	800	«Инд. 20»	37	0	125	65	40	1800	95	65	25000	К	Ц
	3/2	34	8	27	30	800	800	«Инд. 50»	40	0	120	50	40	1700	110	60	20000	Ц	К
	3/3	37	7	26	18	800	800	«Инд. 50»	47	25	130	64	40	1750	90	55	5000	М	Ц

Продолжение т а б л . П.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	3/4	39	8	23	17	800	800	«Инд. 50»	50	25	135	45	40	1500	100	55	9000	М	Ц
	3/5	41	7	21	13	800	800	«Инд. 50»	55	25	135	70	40	1600	120	55	30000	Ц	К
4	4/1	43	7	32	20	850	900	«Инд. 50»	50	25	100	d_H	45	1000	95	60	12000	К	Ц
	4/2	44	8	36	30	850	960	«Инд. 40»	50	25	100	$0,95d_H$	45	1000	130	70	30000	Ц	М
	4/3	46	7	42	32	900	950	«Инд. 30»	50	25	100	$0,9 d_H$	45	1200	125	70	4500	М	Ц
	4/4	48	8	45	32	950	1000	«Инд. 12»	60	30	120	$0,8 d_H$	45	1200	150	75	8000	М	Ц
	4/5	39	7	48	35	1000	1100	«Инд. 20»	60	30	120	$0,8 d_H$	45	1000	130	60	1000	М	Ц
5	5/1	41	7	20	10	1000	800	«Гур. 20»	60	25	140	80	50	2500	110	70	15000	Ц	М
	5/2	43	8	19	9	1000	800	«Гур. 30»	65	30	145	75	50	2600	125	70	18000	М	Ц
	5/3	44	7	16	10	1000	300	«Гур. 30»	70	30	150	100	50	2700	150	70	20000	Ц	М
	5/4	46	8	18	12	1000	600	«Инд. 40»	75	30	135	110	50	2750	115	75	9000	М	Ц
	5/5	48	7	25	12	1000	600	«Инд. 45»	78	30	160	120	50	2800	130	75	30000	К	Ц
6	6/1	28	7	50	28	650	680	«Инд. 50»	60	30	120	$0,8 d_H$	40	1600	35	18	4000	Ц	М
	6/2	15	8	55	30	650	700	«Инд. 50»	60	30	140	$0,8 d_H$	40	1200	45	20	6000	М	Ц
	6/3	32	7	60	40	650	800	«Инд. 40»	60	30	80	d_H	40	1200	50	20	5000	Ц	К
	6/4	40	8	65	40	700	840	«Инд. 12»	40	20	80	d_H	40	1200	50	25	6500	К	Ц
	6/5	48	7	70	35	700	750	«Инд. 30»	40	20	80	d_H	40	1000	55	28	7000	М	Ц
7	7/1	52	7	39	18	1000	1200	«Гур. 22»	80	30	165	120	50	1600	50	30	8500	Ц	М
	7/2	56	8	37	18	1000	1200	«Гур. 30»	85	30	155	135	50	1800	60	30	9000	К	Ц
	7/3	72	7	34	16	1000	1200	«Гур. 46»	70	30	125	115	50	1900	65	35	8000	Ц	М
	7/4	78	8	31	15	1000	1200	«Гур. 30»	82	36	180	130	50	2000	70	40	10000	Ц	М
	7/5	90	7	30	15	800	1200	«Инд. 12»	95	36	170	140	50	2100	75	40	10500	М	Ц
8	8/1	92	7	75	40	1000	1400	«Инд. 30»	40	20	80	$1,1 d_H$	40	1200	72	20	7000	Ц	К
	8/2	96	8	80	42	1200	1450	«Инд. 40»	40	20	80	$1,2 d_H$	40	1000	80	25	10000	Ц	М
	8/3	98	7	85	45	1450	1350	«Инд. 50»	40	20	80	$1,3 d_H$	45	1200	52	25	7500	Ц	Ц
	8/4	100	8	90	50	1350	1500	«Инд. 30»	40	20	60	$1,4 d_H$	45	1000	72	35	10000	М	Ц
	8/5	105	7	100	60	900	1650	«Инд. 50»	40	20	80	d_H	40	800	100	35	20000	Ц	М
9	9/1	107	7	19	9	800	1000	«Инд. 50»	35	0	85	70	40	1350	110	40	25000	М	Ц
	9/2	110	8	16	20	700	1000	«Инд. 50»	38	0	80	60	40	1450	120	45	15000	Ц	М

Продолжение т а б л . П.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	9/3	115	7	18	9	600	1000	«Инд. 50»	42	16	90	60	40	1500	130	35	12000	К	Ц
	9/4	118	8	14	16	600	1000	«Инд. 36»	45	20	75	60	40	1600	140	50	18000	К	М
	9/5	120	7	23	12	800	800	«Инд. 50»	50	20	75	65	40	1750	150	60	30000	К	Ц
10	10/1	125	7	105	65	800	1800	«Мотор.Т»	40	20	80	d_H	40	800	180	70	13500	Ц	К
	10/2	126	8	110	70	750	1840	«Гур. 30»	45	20	80	d_H	40	820	190	80	40000	Ц	К
	10/3	128	7	120	65	750	1900	«Гур. 46»	50	20	80	1,3 d_H	40	900	220	95	35000	К	Ц
	10/4	130	8	130	75	700	1950	«Гур. 40»	55	20	80	1,4 d_H	40	1000	210	95	25000	М	Ц
	10/5	135	7	125	85	600	2000	«Гур. 30»	60	20	80	1,5 d_H	40	1200	230	100	45000	Ц	М
11	11/1	140	7	15	10	2000	510	«Инд. 12»	28	0	60	48	45	1300	210	80	6000	М	Ц
	11/2	142	8	18	15	1800	600	«Инд. 20»	32	0	65	55	45	1250	220	80	10000	К	Ц
	11/3	145	7	32	20	1600	700	«Инд. 30»	36	12	75	45	45	1350	190	75	15000	Ц	К
	11/4	148	8	40	25	1400	800	«Инд. 45»	48	16	85	55	45	1100	180	80	30000	Ц	К
	11/5	150	7	48	30	1600	900	«Инд. 50»	42	20	96	65	45	1400	170	75	20000	К	Ц
12	12/1	152	7	75	35	1200	840	«Инд. 12»	180	100	350	d_H	40	3800	160	75	25000	К	М
	12/2	155	8	80	37	1100	860	«Инд. 12»	220	180	360	d_H	45	3900	150	65	15000	К	Ц
	12/3	158	7	85	42	1000	940	«Инд. 20»	230	140	380	d_H	45	4000	150	50	10000	Ц	М
	12/4	160	8	90	45	900	925	«Инд. 30»	240	150	340	d_H	40	4100	80	40	13000	К	М
	12/5	165	7	95	50	850	975	«Инд. 50»	210	120	360	d_H	40	3900	85	50	20000	М	К
13	13/1	168	7	52	35	1200	1000	«Гур. 22»	110	60	210	90	45	2500	360	300	8000	Ц	Ц
	13/2	170	8	56	40	1000	1200	«Гур. 30»	110	60	225	100	45	2100	300	150	2000	М	Ц
	13/3	172	7	72	48	800	1400	«Гур. 40»	110	60	200	110	45	2200	300	180	25000	Ц	М
	13/4	174	8	78	50	600	2000	«Гур. 57»	110	60	215	120	45	2300	300	160	40000	К	Ц
	13/5	175	7	90	60	400	2200	«Гур. 30»	110	60	195	135	45	2450	300	170	30000	Ц	К
14	14/1	178	7	84	60	500	5000	«Гур. 50»	250	160	400	180	40	4300	290	140	50000	Ц	Ц
	14/2	180	8	96	70	550	5000	«Гур. 50»	260	170	410	180	40	4400	260	140	45000	Ц	М
	14/3	182	7	100	80	550	5500	«Гур. 40»	270	180	420	180	40	4500	240	140	35000	М	К
	14/4	184	8	112	90	600	6600	«Гур. 40»	280	190	430	180	40	4600	225	135	25000	М	Ц
	14/5	186	7	118	90	600	6600	«Гур. 30»	300	200	450	180	40	4700	210	120	10000	К	М
15	15/1	188	7	80	40	600	3000	«Инд. 20»	100	60	240	95	45	2500	200	100	15000	К	Ц

Продолжение т а б л . П.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	15/2	190	8	75	40	650	2800	«Инд. 20»	100	55	230	115	45	2400	200	120	18000	М	Ц
	15/3	195	7	70	35	600	2800	«Инд. 20»	100	75	225	120	45	2250	200	130	8000	Ц	М
	15/4	200	8	65	35	650	2500	«Инд. 20»	100	65	230	90	45	2350	190	90	9000	Ц	Ц
	15/5	205	7	60	30	700	2000	«Инд. 20»	100	50	215	85	45	2100	180	80	45000	К	Ц
16	16/1	210	7	77	57	2500	3500	«Инд. 12»	70	30	150	1,5 d _H	40	1200	160	75	35000	Ц	К
	16/2	215	8	67	47	2500	3500	«Инд. 20»	65	30	140	1,5 d _H	45	1600	150	75	25000	М	Ц
	16/3	220	7	57	32	2200	5600	«Инд. 20»	65	30	135	1,2 d _H	45	1400	135	65	20000	Ц	М
	16/4	225	8	145	85	1200	17000	«Инд. 30»	55	25	132	60	40	1250	120	60	20000	М	Ц
	16/5	152	7	160	95	1400	17000	«Инд. 50»	50	25	120	75	45	1350	120	40	17000	Ц	К
17	17/1	235	7	65	25	800	2000	«Инд. 30»	90	36	185	75	45	1750	155	55	15000	К	Ц
	17/2	240	8	52	25	1000	1260	«Инд. 45»	90	36	185	70	45	1800	100	40	3500	М	Ц
	17/3	245	7	50	25	400	1800	«Инд. 50»	90	40	190	90	45	1850	90	45	5000	Ц	М
	17/4	250	8	45	20	1200	1800	«Инд. 40»	90	42	195	100	45	1900	85	30	6000	К	Ц
	17/5	145	7	40	20	1350	1050	«Инд. 20»	90	45	200	110	45	1950	70	35	11000	Ц	К
18	18/1	250	7	50	32	2200	2500	«Инд. 20»	45	20	100	70	40	1100	60	30	12000	М	Ц
	18/2	265	8	60	35	2500	2500	«Инд. 22»	40	20	100	50	40	1000	50	25	15000	Ц	М
	18/3	270	7	70	48	1800	3000	«Гур. 30»	40	20	90	60	40	900	50	20	18000	Ц	Ц
	18/4	275	8	80	46	1600	3100	«Инд. 20»	35	18	75	45	40	900	50	30	17000	К	Ц
	18/5	280	7	90	65	1500	2900	«Инд. 30»	30	18	65	40	40	850	45	20	15000	М	К
19	19/1	179	7	38	18	1100	1600	«Инд. 20»	75	35	150	50	40	1800	40	18	3500	Ц	М
	19/2	285	8	35	18	1250	900	«Инд. 12»	75	35	150	60	40	1850	35	18	4000	М	Ц
	19/3	220	7	32	15	1200	960	«Инд. 20»	75	30	160	75	40	1900	40	20	8000	Ц	М
	19/4	295	8	30	15	1800	850	«Инд. 50»	75	30	160	85	40	1950	50	18	10000	Ц	К
	19/5	300	7	20	10	800	800	«Инд. 30»	75	30	160	90	40	2000	65	35	15000	К	Ц
20	20/1	305	7	30	19	650	1450	«Инд. 12»	30	18	80	45	45	800	80	45	16000	Ц	М
	20/2	95	8	40	22	750	1400	«Инд. 20»	25	12	60	35	45	800	85	40	20000	М	Ц
	20/3	310	7	50	27	860	1500	«Инд. 30»	25	12	50	30	45	600	100	50	30000	К	Ц
	20/4	315	8	60	37	750	1800	«Инд. 40»	20	10	45	35	40	500	100	35	40000	Ц	К
	20/5	320	7	70	47	600	2000	«Инд. 50»	18	6	40	25	40	400	100	60	25000	Ц	М

Продолжение т а б л . П.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	21/1	325	7	18	10	1200	600	«Гур. 57»	80	32	175	75	40	1700	90	35	5000	Ц	М
	21/2	330	8	10	5	1000	500	«Инд. 50»	80	36	170	85	40	1760	80	30	15000	Ц	К
	21/3	335	7	15	5	1000	600	«Инд. 50»	95	40	160	100	40	1850	85	25	25000	Ц	М
	21/4	340	8	265	125	100	6000	«Гур. 57»	95	40	190	110	40	1950	75	35	20000	Ц	Ц
	21/5	345	7	260	120	400	6000	«Гур. 57»	95	36	180	120	40	2000	70	40	7000	М	Ц
22	22/1	350	7	65	135	1200	2700	«Гур. 22»	25	12	50	1,5 d_H	40	400	50	18	7000	Ц	М
	22/2	105	8	70	135	1250	2800	«Гур. 30»	20	10	40	1,5 d_H	40	400	40	20	10000	К	Ц
	22/3	355	7	80	140	1100	2400	«Гур. 48»	30	18	60	1,5 d_H	40	600	62	30	10000	К	Ц
	22/4	360	8	85	140	1300	2700	«Гур. 57»	230	110	450	d_H	45	4400	72	40	14000	Ц	К
	22/5	365	7	90	140	1200	2900	«Мотор.Т»	225	110	450	d_H	45	4400	80	50	14000	Ц	М
23	23/1	370	7	255	110	400	6000	«Гур. 57»	120	75	240	220	45	1960	90	30	21000	Ц	Ц
	23/2	375	8	250	125	400	5500	«Гур. 57»	120	70	220	210	45	2000	115	50	24000	К	Ц
	23/3	380	7	245	120	400	5500	«Гур. 50»	120	65	225	180	45	2200	125	50	17000	Ц	К
	23/4	385	8	240	100	350	5500	«Гур. 50»	120	65	210	200	45	2400	130	70	12000	К	М
	23/5	390	7	230	105	300	5500	«Гур. 46»	120	70	200	225	45	2750	140	85	10000	М	К
24	24/1	395	7	50	75	1200	1450	«Гур. 30»	220	110	450	d_H	45	4400	98	35	40000	К	Ц
	24/2	40	8	63	80	1100	1500	«Гур. 46»	215	110	400	d_H	50	4400	90	48	6000	Ц	М
	24/3	400	7	65	85	1000	1650	«Гур. 57»	210	100	400	d_H	50	4400	75	40	5500	Ц	К
	24/4	405	8	70	90	1250	1700	«Мотор.Т»	205	100	400	d_H	40	4400	45	23	40000	К	Ц
	24/5	410	7	75	105	980	1800	«Мотор.Т»	200	100	400	d_H	45	4400	55	25	10000	Ц	М
25	25/1	10	7	230	80	300	5000	«Гур. 46»	50	0	90	60	45	800	26	9	2000	М	Ц
	25/2	15	8	225	75	400	5000	«Гур. 46»	40	0	95	70	45	700	30	10	2600	Ц	К
	25/3	17	7	220	100	400	5000	«Гур. 46»	60	0	110	70	45	1200	32	12	2700	М	К
	25/4	20	8	215	100	400	4500	«Гур. 46»	50	0	120	60	45	1000	35	15	3540	К	М
	25/5	22	7	210	90	30	4500	«Гур. 30»	60	0	130	80	45	1400	40	7	4470	Ц	М
26	26/1	25	7	48	20	1000	1000	«Инд. 12»	195	100	400	d_H	40	4000	47	25	6900	К	Ц
	26/2	29	8	50	30	1000	1000	«Инд. 20»	190	95	350	1,5 d_H	40	4000	52	30	7090	М	Ц
	26/3	30	7	45	25	1000	1000	«Инд. 30»	185	95	380	1,5 d_H	50	4000	62	30	10200	Ц	К
	26/4	32	8	50	40	1000	1000	«Инд. 45»	180	90	380	1,5 d_H	50	3500	72	35	13900	Ц	М

Продолжение т а б л . П.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	26/5	35	7	40	20	1000	1200	«Инд. 50»	175	85	380	1,5 d_H	45	3500	80	40	18100	Ц	К
27	27/1	38	7	205	70	300	4000	«Гур. 30»	60	25	120	90	40	1200	42	15	5510	К	Ц
	27/2	40	8	200	120	300	4000	«Гур. 30»	60	30	100	85	40	1100	47	17	6800	Ц	М
	27/3	42	7	195	80	500	4000	«Гур. 30»	60	10	115	80	40	1200	52	20	7840	М	Ц
	27/4	45	8	190	90	500	4000	«Гур. 30»	50	20	90	100	40	1200	62	25	11600	М	Ц
	27/5	47	7	20	12	1100	700	«Инд. 45»	50	15	100	95	40	1200	72	30	15100	К	Ц
28	28/1	50	7	30	25	1200	400	«Инд. 20»	170	85	350	1,5 d_H	45	3000	80	35	17000	Ц	М
	28/2	53	8	30	20	1000	400	«Инд. 50»	165	80	350	2 d_H	45	3000	90	40	22700	М	Ц
	28/3	55	7	40	20	1700	700	«Инд. 45»	160	80	320	2 d_H	50	3000	110	50	36700	Ц	М
	28/4	57	8	45	20	1800	700	«Инд. 40»	155	70	320	2 d_H	40	3000	85	45	18100	М	К
	28/5	60	7	50	35	1100	1000	«Инд. 20»	50	20	75	1,8 d_H	45	3000	90	50	20200	К	М
29	29/1	62	7	25	10	800	500	«Гур. 57»	60	20	120	d_H	45	1000	110	55	31500	Ц	К
	29/2	65	8	30	20	900	600	«Инд. 50»	60	30	120	1,2 d_H	45	1200	110	60	31500	М	Ц
	29/3	67	7	35	10	1200	500	«Гур. 30»	70	35	110	70	50	1500	120	65	34700	Ц	К
	29/4	70	8	150	80	600	4000	«Инд. 46»	60	20	100	60	45	800	100	45	21700	К	Ц
	29/5	73	7	160	100	500	4000	«Гур. 57»	50	10	100	80	45	1200	100	53	25600	М	Ц
30	30/1	75	7	50	28	650	700	«Инд. 50»	60	25	95	45	50	4000	120	55	42600	Ц	М
	30/2	77	8	60	30	700	800	«Инд. 50»	70	30	110	50	50	4000	125	70	38100	К	Ц
	30/3	80	7	60	40	600	800	«Инд. 45»	80	40	125	60	45	4000	130	60	49700	Ц	М
	30/4	85	8	60	30	800	800	«Инд. 30»	90	45	140	65	45	5000	130	75	41500	К	М
	30/5	87	7	50	40	800	900	«Инд. 30»	100	50	160	70	50	5000	140	65	56700	М	Ц
31	31/1	90	7	20	10	2000	510	«Инд. 12»	80	30	160	120	45	1600	140	80	44500	Ц	К
	31/2	95	8	25	15	1800	600	«Инд. 20»	85	30	155	135	45	1800	150	70	65500	Ц	М
	31/3	97	7	30	20	1600	700	«Инд. 30»	70	30	125	110	45	1500	150	85	54100	Ц	Ц
	31/4	100	8	38	25	1400	800	«Инд. 45»	82	35	140	180	45	2000	160	75	72800	М	Ц
	31/5	105	7	45	30	1600	900	«Инд. 50»	80	20	150	150	45	1700	160	90	61700	Ц	М
32	32/1	110	7	40	20	1200	1000	«Гур. 22»	185	100	340	180	40	3700	170	90	81700	М	Ц
	32/2	113	8	30	20	1000	2500	«Гур. 30»	210	120	360	185	45	3800	170	95	70900	Ц	М
	32/3	116	7	50	30	1100	1000	«Гур. 46»	235	140	375	170	40	3900	180	85	91000	М	К

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	32/4	120	8	30	25	1000	1200	«Гур. 57»	245	150	345	175	45	4000	180	100	80600	К	М
	32/5	123	7	40	25	2000	1000	«Гур. 57»	215	120	350	187	40	4100	22	7	1380	К	Ц
33	33/1	127	7	50	35	1100	1200	«Гур. 22»	80	40	160	d_H	45	2000	19	6	1180	К	Ц
	33/2	130	8	55	40	1200	1400	«Гур. 30»	40	20	80	100	50	2000	16	5	760	Ц	К
	33/3	132	7	70	48	900	1600	«Гур. 46»	45	10	90	90	50	1000	37	12	4730	К	Ц
	33/4	137	8	78	50	800	2000	«Гур. 57»	60	20	100	100	40	500	35	10	3830	М	Ц
	33/5	141	7	85	60	700	2200	«Гур. 30»	60	20	80	100	40	800	19	5	1180	Ц	М
34	34/1	147	7	70	100	1000	3000	«Инд. 12»	255	160	400	180	40	4200	52	25	4100	М	Ц
	34/2	150	8	80	50	1200	3000	«Инд. 20»	265	170	410	180	45	4300	62	30	5920	К	Ц
	34/3	154	7	85	60	1200	3000	«Инд. 30»	275	180	420	180	40	4400	72	35	6780	Ц	К
	34/4	157	8	90	70	1300	3000	«Инд. 45»	285	190	430	180	45	4500	80	40	8720	Ц	К
	34/5	160	7	100	60	500	3000	«Инд. 50»	290	200	450	180	40	4600	85	45	9770	К	Ц
35	35/1	163	7	80	40	650	3000	«Инд. 20»	50	20	100	100	50	1500	90	50	11000	К	М
	35/2	165	8	73	40	600	2800	«Инд. 20»	50	0	100	70	45	1000	100	55	21000	К	Ц
	35/3	167	7	70	35	650	2700	«Гур. 22»	60	15	100	100	40	1500	110	60	23800	Ц	М
	35/4	170	8	68	35	600	2400	«Инд. 30»	50	20	80	80	40	600	120	65	24400	М	К
	35/5	175	7	65	30	700	2100	«Гур. 50»	50	20	75	65	45	700	125	70	27000	К	М

Т а б л и ц а П.2 . Допуски размеров до 800 мм для качеств с 0,1 по 9, мкм

Номинальные размеры, мм	Квалитеты										
	0,1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Допуски										
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25
Св. 3 до 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30
Св. 6 до 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36
Св. 10 до 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43
Св. 18 до 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52
Св. 30 до 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62
Св. 50 до 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74
Св. 80 до 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87
Св. 120 до 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100
Св. 180 до 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115
Св. 250 до 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130
Св. 315 до 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140
Св. 400 до 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155
Св. 500 до 630	4,5	6	9	11	16	22	30	44	70	110	175
Св. 630 до 800	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125	200

Т а б л и ц а П.3 . Система отверстия. Рекомендуемые посадки при размерах от 1 до 500 мм

Основное отверстие	Квалитет вала	Основные отклонения валов							
		a	b	c	d	e	f	g	h
		Посадки с зазором							
H5	4							H5/g4	H5/h4
H6	5							H6/g5	H6/h5
	6						H6/f6		
H7	6							H7/g6	H7/h6
	7					H7/e7	H7/f7		
	8			H7/c8	H7/d8	H7/e8			
H8	7						H8/f7		H8/h7
	8			H8/c8	H8/d8	H8/e8	H8/f8		H8/h8
	9				H8/d9	H8/e9	H8/f9		H8/h9
H9	8					H9/e8	H9/f8		H9/h8
	9				H9/d9	H9/e9	H9/f9		H9/h9
H10	10				H10/d10				H10/h10
H11	11	H11/a11	H11/b11	H11/c11	H11/d11				H11/h11
H12	12		H12/b12						H12/h12

Окончание т а б л . П.3

Основное отверстие	Квалитет вала	Основные отклонения валов										
		js	k	m	n	p	r	s	t	u	x	z
		Переходные посадки				Посадки с натягом						
H5	4	<u>H5</u> js4	<u>H5</u> k4	<u>H5</u> m4	<u>H5</u> n4							
H6	5	<u>H6</u> js5	<u>H6</u> k5	<u>H6</u> m5	<u>H6</u> n5	<u>H6</u> p5	<u>H6</u> r5	<u>H6</u> s5				
	6											
H7	6	<u>H7</u> js6	<u>H7</u> k6	<u>H7</u> m6	<u>H7</u> n6	<u>H7</u> p6	<u>H7</u> r6	<u>H7</u> s6	<u>H7</u> t6			
	7							<u>H7</u> s7		<u>H7</u> u7		
	8											
H8	7	<u>H8</u> js7	<u>H8</u> k7	<u>H8</u> m7	<u>H8</u> n7			<u>H8</u> s7				
	8									<u>H8</u> u8	<u>H8</u> x8	<u>H8</u> z8
	9											
H9	8											
	9											
H10	10											
H11	11											
H12	12											

Т а б л и ц а П.4. Предельные отклонения основных отверстий при размерах от 1 до 500 мм, мкм

Номинальные размеры, мм	Поля допусков								
	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
От 1 до 3	+3	+4	+6	+10	+14	+25	+40	+60	+100
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 3 до 6	+4	+5	+8	+12	+18	+30	+48	+75	+120
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 6 до 10	+4	+6	+9	+15	+22	+36	+58	+90	+150
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 10 до 18	+5	+8	+11	+18	+27	+43	+70	+110	+180
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 18 до 30	+6	+9	+13	+21	+33	+52	+84	+130	+210
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 30 до 50	+7	+11	+16	+25	+39	+62	+100	+160	+250
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 50 до 80	+8	+13	+19	+30	+46	+74	+120	+190	+300
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 80 до 120	+10	+15	+22	+35	+54	+87	+140	+220	+350
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 120 до 180	+12	+18	+25	+40	+63	+100	+160	+250	+400
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 180 до 250	+14	+20	+29	+46	+72	+115	+185	+290	+460
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 250 до 315	+16	+23	+32	+52	+81	+130	+210	+320	+520
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 315 до 400	+18	+25	+36	+57	+89	+140	+230	+360	+570
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Св. 400 до 500	+20	+27	+40	+63	+97	+155	+250	+400	+630
	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Т а б л и ц а П.5. **Предельные отклонения валов в посадках с зазором и переходных при размерах от 1 до 500 мм, мкм (система отверстия)**

Номинальные размеры, мм	Квалитеты									
	4					5				
	Поля допусков									
	g4	h4	js4	k4	m4	g5	h5	js5	j5	k5
От 1 до 3	-2	0	+1,5	+3	+5	-2	0	+2,0	+2	+4
	-5	-3	-1,5	0	+2	-6	-4	-2,0	-2	0
Св. 3 до 6	-4	0	+2,0	+5	+8	-4	0	+2,5	+3	+6
	-8	-4	-2,0	+1	+4	-9	-5	-2,5	2	+1
Св. 6 до 10	-5	0	+2,0	+5	+10	-5	0	+3,0	+4	+7
	9	4	-2,0	+1	+6	-11	-6	-3,0	-2	+1
Св. 10 до 18	-6	0	+2,5	+6	+12	-6	0	+4,0	+5	+9
	-11	-5	-2,5	+1	+7	-14	-8	-4,0	-3	+1
Св. 18 до 30	-7	0	+3,0	+8	+14	-7	0	+4,5	+5	+11
	-13	-6	-3,0	+2	+8	-16	-9	-4,5	-4	+2
Св. 30 до 50	-9	0	+3,5	+9	+16	-9	0	+5,5	+6	+13
	-16	-7	-3,5	+2	+9	-20	-11	-5,5	-5	+2
Св. 50 до 80	-10	0	+4,0	+10	+19	-10	0	+6,5	+6	+15
	-18	-8	-4,0	+2	+11	-23	-13	-6,5	-7	+2
Св. 80 до 120	-12	0	+5,0	+13	+23	-12	0	+7,5	+6	+18
	-22	-10	-5,0	+3	+13	-27	-15	-7,5	-9	+3
Св. 120 до 180	-14	0	+6,0	+15	+27	-14	0	+9,0	+7	+21
	-26	-12	-6,0	+3	+15	-32	-18	-9,0	-11	+3
Св. 180 до 250	-15	0	+7,0	+18	+31	-15	0	+10	+7	+24
	-29	-14	-7,0	+4	+17	-35	-20	-10	-13	+4
Св. 250 до 315	-17	0	+8,0	+2	+36	-17	0	+11,5	+7	+27
	-33	-16	-8,0	+4	+20	-40	-23	-11,5	-16	+4
Св. 315 до 400	-18	0	+9,0	+22	+39	-18	0	+12,5	+7	+29
	-36	-18	-9,0	+4	+21	-43	-25	-12,5	-18	+4
Св. 400 до 500	-20	0	+10	+25	+43	-20	0	+13,5	+7	+32
	-40	-20	-10	+5	+23	-47	-27	-13,5	-20	+5

Номинальные размеры, мм	Квалитеты									
	5		6							
	Поля допусков									
	m5	n5	f6	g6	h6	js6	j6	k6	m6	n6
От 1 до 3	+6	+8	-6	-2	0	+3,0	+4	+6	+8	+10
	+2	+4	-12	-8	-6	-3,0	-2	0	+2	+4
Св. 3 до 6	+9	+13	-10	-4	0	+4,0	+6	+9	+12	+16
	+4	+8	-18	-12	-8	-4,0	-2	+1	+4	+8
Св. 6 до 10	+12	+16	-13	-5	0	+4,5	+7	+10	+15	+19
	+6	+10	-22	-14	-9	-4,5	-2	+1	+6	+10
Св. 10 до 18	+15	+20	-16	-6	0	+5,5	+8	+12	+18	+23
	+7	+12	-27	-17	-11	-5,5	-3	+1	+7	+12
Св. 18 до 30	+17	+24	-20	-7	0	+6,5	+9	+15	+21	+28
	+8	+15	-33	-20	-13	-6,5	-4	+2	+8	+15
Св. 30 до 50	+20	+28	-25	-9	0	+8,0	+11	+18	+25	+33
	+9	+17	-41	-25	-16	-8,0	-5	+2	+9	+17
Св. 50 до 80	+24	+33	-30	-10	0	+9,5	+12	+21	+30	+39
	+11	+20	-49	-29	-19	-9,5	-7	+2	+11	+20
Св. 80 до 120	+28	+38	-36	-12	0	+11	+13	+25	+35	+45
	+13	+23	-58	-34	-22	-11	-9	+3	+13	+23
Св. 120 до 180	+33	+43	-43	-14	0	+12,5	+14	+28	+40	+52
	+15	+27	-68	-39	-25	-12,5	-11	+3	+15	+27
Св. 180 до 250	+37	+61	-50	-15	0	+14,5	+16	+33	+46	+60
	+17	+81	-79	-44	-29	-14,5	-13	+4	+17	+31
Св. 250 до 315	+43	+87	-56	-17	0	+16	+16	+36	+52	+66
	+20	+34	-88	-49	-32	-16	-16	+4	+20	+34
Св. 315 до 400	+46	+62	-62	-18	0	+18	+18	+40	+57	+73
	+21	+37	-98	-54	-36	-18	-18	+4	+21	+37
Св. 400 до 500	+50	+67	-68	-20	0	+20	+20	+45	+63	+80
	+23	+40	-108	-60	-40	-20	-20	+5	+23	+40

Номинальные размеры, мм	Квалитеты									
	7								8	
	Поля допусков									
	e7	f7	h7	js7	j7	k7	m7	n7	c8	d8
От 1 до 3	-14	-6	0	+5	+6	+10	-	+14	См. окончание таблицы	-20
	-24	-16	-10	-5	-4	0		+4		-34
Св. 3 до 6	-20	-10	0	+6	+8	+13	+16	+20		-30
	-32	-22	-12	-6	-4	+1	+4	+8		-48
Св. 6 до 10	-25	-13	0	+7	+10	+16	+21	+25		-40
	-40	-28	-15	-7	-5	+1	+6	+10		-62
Св. 10 до 18	-32	-16	0	+9	+12	+19	+25	+30		-50
	-50	-34	-18	-9	-6	+1	+7	+12		-77
Св. 18 до 30	-40	-20	0	+10	+13	+23	+29	+36		-65
	-61	-41	-21	-10	-8	+2	+8	+15		-98
Св. 30 до 50	-50	-25	0	+12	+15	+27	+34	+42		-80
	-75	-50	-25	-12	-10	+2	+9	+17		-119
Св. 50 до 80	-60	-30	0	+15	+18	+32	+41	+50		-100
	-90	-60	-30	-15	-12	+2	+11	+20		-146
Св. 80 до 120	-72	-36	0	+17	+20	+38	+48	+58		-120
	-107	-71	-35	-17	-15	+3	+13	+23		-174
Св. 120 до 180	-85	-43	0	+20	+22	+43	+55	+67	-145	
	-125	-83	-40	-20	-18	+3	+15	+27	-208	
Св. 180 до 250	-100	-50	0	+23	+25	+50	+63	+77	-170	
	-146	-96	-46	-23	-21	+4	+17	+31	-242	
Св. 250 до 315	-110	-56	0	+26	+26	+56	+72	+86	-190	
	-162	-108	-52	-26	-26	+4	+20	+34	-271	
Св. 315 до 400	-125	-62	0	+28	+29	+61	+78	+94	-210	
	-182	-119	-57	-28	-28	+4	+21	+37	-299	
Св. 400 до 500	-135	-68	0	+31	+31	+68	+86	+103	-230	
	-198	-131	-63	-31	-32	+5	+23	+40	-327	

Продолжение т а б л . П.5

Номинальные размеры, мм	Квалитеты								
	8			9				10	
	Поля допусков								
	e8	f8	h8	d9	e9	f9	h9	d10	h10
От 1 до 3	-14	-6	0	-20	-14	-6	0	-20	0
	-28	-20	-14	-45	-39	-31	-25	-60	-40
Св. 3 до 6	-30	-10	0	-30	-20	-10	o	-30	0
	-38	-28	-18	-60	-50	-40	-30	-78	-48
Св. 6 до 10	-25	-13	0	-40	-25	-13	0	-40	0
	-47	-35	-22	-76	-61	-49	-36	-98	-58
Св. 10 до 18	-32	-16	0	-50	-32	-16	0	-50	0
	-59	-43	-27	-93	-75	-59	-43	-120	-70
Св. 18 до 30	-40	-20	0	-65	-40	-20	0	-65	0
	-73	-53	-33	-117	-92	-72	-52	-149	-84
Св. 30 до 50	-50	-25	0	-80	-50	-25	0	-80	0
	-89	-64	-39	-142	-112	-87	-62	-180	-100
Св. 50 до 80	-60	-30	0	-100	-60	-30	0	-100	0
	-106	-76	-46	-174	-134	-104	-74	-220	-120
Св. 80 до 120	-72	-36	0	-120	-72	-36	0	-120	0
	-126	-90	-54	-207	-159	-123	-37	-260	-140
Св. 120 до 180	-85	-40	0	-145	-85	-43	0	-145	0
	-148	-106	-63	-245	-185	-143	-100	-305	-160
Св. 180 до 250	-100	-50	0	-170	-100	-50	0	-170	0
	-172	-122	-72	-285	-215	-165	-115	-355	-185
Св. 250 до 315	-110	-56	0	-190	-110	-56	0	-190	0
	-191	-137	-81	-320	-240	-186	-130	-400	-210
Св. 315 до 400	-125	-62	0	-210	-125	-62	0	-210	0
	-214	-151	-89	-350	-265	-202	-140	-440	-230
Св. 400 до 500	-135	-68	0	-230	-135	-68	0	-230	0
	-232	-165	-97	-385	-290	-223	-155	-480	-250

Продолжение т а б л . П.5

Номинальные размеры, мм	Квалитеты							
	8	11					12	
	Поля допусков							
	c8	a11	b11	c11	d11	h11	b12	h12
От 1 до 3	-60	-270	-140	-60	-20	0	-140	0
	-74	-330	-200	-120	-80	-60	-240	-100
Св. 3 до 6	-70	-270	-140	-70	-30	0	-140	0
	-88	-345	-215	-145	-105	-75	-260	-120
Св. 6 до 10	-80	-280	-150	-80	-40	0	-150	0
	-102	-370	-240	-170	-130	-90	-300	-150
Св. 10 до 18	-95	-290	-150	-95	-50	0	-150	0
	-122	-400	-260	-205	-160	-110	-330	-180
Св. 18 до 30	-110	-300	-160	-110	-65	0	-160	0
	-143	-430	-290	-240	-195	-130	-370	-210
Св. 30 до 40	-120	-310	-170	-120			-170	
	-159	-470	-330	-280	-80	0	-420	0
Св. 40 до 50	-130	-320	-180	-130	-240	-160	-180	-250
	-169	-480	-340	-290			-430	
Св. 50 до 65	-140	-340	-190	-140			-190	
	-186	-350	-380	-330	-100	0	-490	0
Св. 65 до 80	-150	-360	-200	-150	-290	-190	-200	-300
	-196	-550	-390	-340			-500	
Св. 80 до 100	-170	-380	-220	-170			-220	
	-224	-600	-440	-390	-120	0	-570	0
Св. 100 до 120	-180	-410	-240	-180	-340	-220	-240	-350
	-234	-630	-460	-400			-590	
Св. 120 до 140	-200	-460	-260	-200	-145	0	-260	0
	-263	-710	-510	-450	-395	-250	-660	-400

Номинальные размеры, мм	Квалитеты							
	8	11					12	
	Поля допусков							
	c8	a11	b11	c11	d11	h11	b12	h12
Св. 140 до 160	-210	-520	-200	-210			-280	0
	-273	-770	-530	-460			-145	
Св. 160 до 180	-230	-580	-310	-230			-310	-400
	-293	-830	-560	-480			-395	
Св. 180 до 200	-240	-660	-340	-240			-340	
	-312	-950	-630	-530				
Св. 200 до 225	-260	-740	-380	-260	-170	0	-380	0
	-332	-1030	-670	-550			-460	
Св. 225 до 250	-280	-820	-420	-280			-420	
	-352	-1110	-710	-570				
Св. 250 до 280	-300	-920	-480	-300	-190	0	-480	0
	-381	-1240	-800	-620				
Св. 280 до 315	-330	-1050	-540	-330	-510	-320	-540	-520
	-411	-1370	-860	-650				
Св. 315 до 355	-360	-1200	-600	-360	-210	0	-600	0
	-449	-1500	-960	-720				
Св. 355 до 400	-400	-1350	-680	-400	-570	-360	-680	-570
	-489	-1710	-1040	-760				
Св. 400 до 450	-440	-1500	-760	-440	-230	0	-760	0
	-537	-1900	-1160	-840				
Св. 450 до 500	-480	-1650	-840	-480	-630	-400	-840	-630
	-577	-2050	-1240	-880				

Т а б л и ц а П.6 . **Предельные отклонения валов в посадках с натягом при размерах от 1 до 500 мм, мкм (система отверстия)**

Номинальные размеры, мм	Квалитеты												
	4	5			6			7	8				
	Поля допусков												
	p4	p5	r5	s5	p6	r6	s6	t6	s7	u7	u8	x8	z8
От 1 до 3	+7	+10	+14	+18	+12	+16	+20	-	+24	+28	+32	+34	+40
	+4	+6	+10	+14	+6	+10	+14		+14	+18	+18	+20	+26
Св. 3 до 6	+12	+17	+20	+24	+20	+23	+27	-	+31	+35	+41	+46	+53
	+8	+12	+15	+19	+12	+15	+19		+19	+23	+23	+28	+35
Св. 6 до 10	+14	+21	+25	+29	+24	+28	+32	-	+38	+43	+50	+56	+64
	+10	+15	+19	+23	+15	+19	+23		+23	+28	+28	+34	+42
Св. 10 до 14	+17	+26	+31	+36	+29	+34	+39	-	+46	+51	+60	+67	+77
						+23	+28		+28	+33	+33	+40	+50
Св. 14 до 18	+12	+18	+23	+28	+18	+34	+39	-	+46	+51	+60	+72	+87
						+23	+28		+28	+33	+33	+45	+60
Св. 18 до 24	+21	+31	+37	+44	+35	+41	+48	-	+56	+62	+74	+87	+106
						+28	+35		+36	+41	+41	+54	+73
Св. 24 до 30	+15	+22	+28	+35	+22	+41	+48	+54	+56	+69	+81	+97	+121
						+28	+35	+41	+35	+48	+48	+64	+88
Св. 30 до 40	+24	+37	+45	+54	+42	+50	+59	+64	+68	+85	+99	+119	+151
						+34	+43	+48	+43	+60	+60	+80	+112
Св. 40 до 50	+17	+26	+34	+43	+26	+50	+59	+70	+68	+95	+109	+136	+175
						+34	+43	+54	+43	+70	+70	+97	+136
Св. 50 до 65	+28	+45	+54	+66	+51	+60	+72	+85	+83	+117	+133	+168	+218
			+41	+53		+41	+53	+66	+53	+87	+87	+122	+172
Св. 65 до 80	+20	+32	+56	+72	+32	+62	+78	+94	+89	+132	+48	+192	+256
			+43	+59		+43	+59	+75	+59	+102	+102	+146	+210
Св. 80 до 100	+33	+52	+66	+86	+59	+73	+93	+113	+106	+159	+173	+232	+312
			+51	+71		+51	+71	+91	+71	+124	+124	+178	+258
Св. 100 до 120	+23	+37	+69	+94	+37	+76	+101	+126	+114	+179	+198	+264	+364
			+54	+79		+54	+79	+104	+79	+144	+144	+210	+310

Номинальные размеры, мм	Квалитеты												
	4	5		6			7	8					
	Поля допусков												
	n4	p5	r5	s5	p6	r6	s6	t6	s7	u7	u8	x8	z8
Св. 120 до 140			+81	+110		+88	+117	+147	+132	+210	+233	+311	+428
			+63	+92		+63	+92	+122	+92	+170	+170	+248	+365
Св. 140 до 160	+39	+61	+83	+118	+68	+90	+125	+159	+140	+230	+253	+343	+478
	+27	+43	+65	+100	+43	+65	+100	+134	+100	+190	+190	+280	+415
Св. 160 до 180			+86	+126		+93	+133	+171	+148	+250	+273	+373	+528
			+68	+108		+68	+108	+146	+108	+210	+210	+310	+465
Св. 180 до 200	+45	+70	+97	+142	+79	+106	+151	+195	+168	+282	+308	+422	+592
			+77	+122		+77	+122	+166	+122	+236	+236	+350	+520
Св. 200 до 225	+31	+50	+100	+150	+50	+109	+159	+209	+176	+304	+330	+457	+647
			+80	+130		+80	+130	+180	+130	+258	+258	+385	+575
Св. 225 до 250	+45	+70	+104	+160	+79	+113	+169	+225	+180	+330	+35С	+497	+712
	+31	+50	+84	+140	+50	+84	+140	+190	+140	+284	+284	+425	+640
Св. 250 до 280	+50	+79	+117	+181	+88	+126	+190	+250	+210	+367	+396	+556	+791
			+94	+158		+94	+158	+218	+158	+315	+315	+475	+710
Св. 280 до 315	+34	+56	+121	+193	+56	+130	+202	+272	+222	+402	+431	+606	+871
			+98	+170		+98	+170	+240	+170	+350	+350	+525	+790
Св. 315 до 355	+55	+87	+133	+215	+98	+144	+226	+304	+247	+447	+479	+679	+989
			+108	+190		+108	+190	+268	+190	+390	+390	+590	+900
Св. 355 до 400	+37	+62	+139	+233	+62	+150	+244	+330	+265	+492	+524	+749	+1089
			+114	+208		+114	+208	+294	+208	+435	+435	+660	+1000
Св. 400 до 450	+60	+95	+153	+259	+108	+166	+272	+370	+295	+553	+587	+837	+1197
			+126	+232		+126	+232	+330	+232	+490	+490	+740	+1100
Св. 450 до 500	+40	+68	+159	+279	+68	+172	+292	+400	+315	+603	+637	+917	+1347
			+132	+252		+132	+252	+360	+252	+540	+540	+820	+1250

Т а б л и ц а П.7. Система вала. Рекомендуемые посадки при размерах от 1 до 500 мм

Основной вал	Квали-тет от-верстия	Основные отклонения валов							
		A	B	C	D	E	F	G	H
		Посадки с зазором							
h4	5							G5/h4	H5/h4
h5	6							G6/h5	H6/h5
h6	7						F7/h6	G7/h6	H7/h6
	8				D8/h6	E8/h6	F8/h6		
h7	7						F7/h7		
	8				D8/h7	E8/h7	F8/h7		H8/h7
h8	8				D8/h8	E8/h8	F8/h8		H8/h8
	9				D9/h8	E9/h8	F9/h8		H9/h8
h9	9				D9/h9	E9/h9	F9/h9		H9/h9
	10				D10/h9				H10/h9
h10	10				D10/h10				H10/h10
h11	11	A11/h11	B11/h11	C11/h11	D11/h11				H11/h11
h12	12		B12/h12						H12/h12

Окончание т а б л . П.7

Основной вал	Квали-тет от-вер-стия	Основные отклонения валов								
		J _s	K	M	N	P	R	S	T	U
		Переходные посадки				Посадки с натягом				
h4	5	J _s 5/h4	K5/h4	M5/h4	N5/h4					
h5	6	J _s 6/h5	K6/h5	M6/h5	N6/h5	P6/h5				
h6	7	J _s 7/h6	K7/h6	M7/h6	N7/h6	P7/h6	R7/h6	S7/h6	T7/h6	
	8									
h7	7									
	8	J _s 8/h7	K8/h7	M8/h7	N8/h7					U8/h7
h8	8									
	9									
h9	9									
	10									
h10	10									
h11	11									
h12	12									

Т а б л и ц а П.8. Предельные отклонения основных валов при размерах от 1 до 500 мм, мкм

Номинальные размеры, мм	Поля допусков								
	h4	h5	h6	h7	h8	h9	h10	h11	h12
От 1 до 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-3	-4	-6	-10	-14	-25	-40	-60	-100
Св. 3 до 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-4	-5	-8	-12	-18	-30	-48	-75	-120
Св. 6 до 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-4	-6	-9	-15	-22	-36	-58	-90	-150
Св. 10 до 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-5	-8	-11	-18	-27	-43	-70	-110	-180
Св. 18 до 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-6	-9	-13	-21	-33	-52	-84	-130	-210
Св. 30 до 50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-7	-11	-16	-25	-39	-62	-100	-160	-250
Св. 50 до 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-8	-13	-19	-30	-46	-74	-120	-190	-300
Св. 80 до 120	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-10	-15	-22	-35	-54	-87	-140	-220	-350
Св. 120 до 180	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-12	-18	-25	-40	-63	-100	-160	-250	-400
Св. 180 до 250	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-14	-20	-29	-46	-72	-115	-185	-290	-460
Св. 250 до 315	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-16	-23	-32	-52	-81	-130	-210	-320	-520
Св. 315 до 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-18	-25	-36	-57	-89	-140	-230	-360	-570
Св. 400 до 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-20	-27	-40	-63	-97	-155	-250	-400	-630

Таблица П.9. Предельные отклонения отверстий в посадках с зазором и переходных при размерах от 1 до 500 мм, мкм (система вала)

Номинальные размеры, мм	Квалитеты								
	5					6			
	Поля допусков								
	G5	H5	J _s 5	K5	M5	G6	H6	J6	J _s 6
От 1 до 3	+6	+4	+2,0	0	-2	+8	+6	+2	+3,0
	+2	0	-2,0	-4	-6	+2	0	-4	-3,0
Св. 3 до 6	+9	+5	+2,5	0	-3	+12	+8	+5	+4,0
	+4	0	-2,5	-5	-8	+4	0	-3	-4,0
Св. 6 до 10	+11	+6	+3,0	+1	-4	+14	+9	+5	+4,5
	+5	0	-3,0	-5	-10	+5	0	-4	-4,5
Св. 10 до 18	+14	+8	+4,0	+2	-4	+17	+11	+6	+5,5
	+6	0	-4,0	-6	-12	+6	0	-5	-5,5
Св. 18 до 30	+16	+9	+4,5	+1	-5	+20	+13	+8	+6,5
	+7	0	-4,5	-8	-14	+7	0	-5	-6,5
Св. 30 до 50	+20	+11	+5,5	+2	-5	+25	+16	+10	+8,0
	+9	0	-5,5	-9	-16	+9	0	-6	-8,0
Св. 50 до 80	+23	+13	+6,5	+3	-6	+29	+19	+13	+9,5
	+10	0	-6,5	-10	-19	+10	0	-6	-9,5
Св. 80 до 120	+27	+15	+7,5	+2	-8	+34	+22	+16	+11
	+12	0	-7,5	-13	-23	+12	0	-6	-11
Св. 120 до 180	+32	+18	+9,0	+3	-9	+39	+25	+18	+12,5
	+14	0	-9,0	-15	-27	+14	0	-7	-12,5
Св. 180 до 250	+35	+20	+10	+2	-11	+44	+29	+22	+14,5
	+15	0	-10	-18	-31	+15	0	-7	-14,5
Св. 250 до 315	+40	+23	+11,5	+3	-13	+49	+32	+25	+16
	+17	0	-11,5	-20	-36	+17	0	-7	-16
Св. 315 до 400	+43	+25	+12,5	+3	-14	+54	+36	+29	+18
	+18	0	-12,5	-22	-39	+18	0	-7	-18
Св. 400 до 500	+47	+27	+13,5	+2	-16	+60	+40	+33	+20
	+20	0	-13,5	-25	-43	+20	0	-7	-20

Номинальные размеры, мм	Квалитеты								
	6			7					
	Поля допусков								
	K6	M6	N6	F7	G7	H7	J7	J _s 7	K7
От 1 до 3	0	-2	-4	+16	+12	+10	+4	+5	0
	-6	-8	-10	+6	+2	0	-6	-5	-10
Св. 3 до 6	+2	-1	-5	+22	+16	+12	+6	+6	+3
	-6	-9	-13	+10	+4	0	-6	-6	-9
Св. 6 до 10	+2	-3	-7	+28	+20	+15	+8	+7	+5
	-7	-12	-16	+13	+5	0	-7	-7	-10
Св. 10 до 18	+2	-4	-9	+34	+14	+18	+10	+9	+6
	-9	-15	-20	+16	+6	0	-8	-9	-12
Св. 18 до 30	+2	-4	-11	+41	+28	+21	+12	+10	+6
	-11	-17	-24	+20	+7	0	-9	-10	-15
Св. 30 до 50	+3	-4	-12	+50	+34	+25	+14	+12	+7
	-13	-20	-28	+25	+9	0	-11	-12	-18
Св. 50 до 80	+4	-5	-14	+60	+40	+30	+18	+15	+9
	-15	-24	-33	+30	+10	0	-12	-15	-21
Св. 80 до 120	+4	-6	-16	+71	+47	+35	+22	+17	+10
	-18	-28	-38	+36	+12	0	-13	-17	-25
Св. 120 до 180	+4	-8	-20	+83	+54	+40	+26	+20	+12
	-21	-33	-45	+43	+14	0	-14	-20	-28
Св. 180 до 250	+5	-8	-22	+96	+61	+46	+30	+23	+13
	-24	-37	-51	+50	+15	0	-16	-23	-33
Св. 250 до 315	+5	-9	-25	+108	+69	+52	+36	+26	+16
	-27	-41	-57	+56	+17	0	-16	-26	-36
Св. 315 до 400	+7	-10	-26	+119	+75	+57	+39	+28	+17
	-29	-46	-62	+62	+18	0	-18	-28	-40
Св. 400 до 500	+8	-10	-27	+131	+83	+63	+43	+31	+18
	-32	-50	-67	+68	+20	0	-20	-31	-45

Номинальные размеры, мм	Квалитеты								
	7		8						
	Поля допусков								
	M7	N7	D8	E8	F8	H8	J8	J _s 8	K8
От 1 до 3	-2	4	+34	+28	+20	+14	+6	+7	0
	-12	-14	+20	+14	+6	0	-8	-7	-14
Св. 3 до 6	0	-4	+48	+38	+28	+18	+10	+9	+5
	-12	-16	+30	+20	+10	0	-8	-9	-13
Св. 6 до 10	0	-4	+62	+47	+35	+22	+12	+11	+6
	-15	-19	+40	+25	+13	0	-10	-11	-16
Св. 10 до 18	0	-5	+77	+59	+43	+27	+15	+13	+8
	-18	-23	+50	+32	+16	0	-12	-13	-19
Св. 18 до 30	0	-7	+98	+73	+53	+33	+20	+16	+10
	-21	-28	+65	+40	+20	0	-13	-16	-23
Св. 30 до 50	0	-8	+119	+89	+64	+39	+24	+19	+12
	-25	-33	+80	+50	+25	0	-15	-19	-27
Св. 50 до 80	0	-9	+146	+106	+76	+46	+28	+23	+14
	-30	-39	+100	+60	+30	0	-18	-23	-32
Св. 80 до 120	0	-10	+174	+126	+90	+54	+34	+27	+16
	-35	-45	+120	+72	+36	0	-20	-27	-38
Св. 120 до 180	0	-12	+208	+148	+106	+63	+41	+31	+20
	-40	-52	+145	+85	+43	0	-22	-31	-43
Св. 180 до 250	0	-14	+242	+172	+122	+72	+47	+36	+22
	-46	-60	+170	+100	+50	0	-25	-36	-50
Св. 250 до 315	0	-14	+271	+191	+137	+81	+55	+40	+25
	-52	-66	+190	+110	+56	0	-26	-40	-56
Св. 315 до 400	0	-16	+299	+214	+151	+89	+60	+44	+28
	-57	-73	+210	+125	+62	0	-29	-44	-61
Св. 400 до 500	0	-17	+327	+232	+165	+97	+66	+48	+29
	-63	-80	+230	+135	+68	0	-31	-48	-68

Номинальные размеры, мм	Квалитеты							
	8		9				10	
	Поля допусков							
	M8	N8	D9	E9	F9	H9	D10	H10
От 1 до 3	–	–4	+45	+39	+31	+25	+60	+40
		–18	+20	+14	+6	0	+20	0
Св. 3 до 6	+2	–2	+60	+50	+40	+30	+78	+48
	–16	–20	+30	+20	+10	0	+30	0
Св. 6 до 10	+1	–3	+76	+61	+49	+36	+98	+58
	–21	–25	+40	+25	+13	0	+40	0
Св. 10 до 18	+2	–3	+93	+75	+59	+43	+120	+70
	–25	–30	+50	+32	+16	0	+50	0
Св. 18 до 30	+4	–3	+117	+92	+72	+52	+149	+84
	–29	–36	+65	+40	+20	0	+65	0
Св. 30 до 50	+5	–3	+142	+112	+87	+62	+180	+100
	–34	–42	+80	+50	+25	0	+80	0
Св. 50 до 80	+5	–4	+174	+134	+104	+74	+220	+120
	–41	–50	+100	+60	+30	0	+100	0
Св. 80 до 120	+6	–4	+207	+159	+123	+87	+260	+140
	–48	–58	+120	+72	+36	0	+120	0
Св. 120 до 180	+8	–4	+245	+185	+143	+100	+305	+160
	–55	–67	+145	+85	+43	0	+145	0
Св. 180 до 250	+9	–5	+285	+215	+165	+115	+355	+185
	–63	–77	+170	+100	+50	0	+170	0
Св. 250 до 315	+9	–5	+320	+240	+186	+130	+400	+210
	–72	–86	+190	+110	+56	0	+190	0
Св. 315 до 400	+11	–5	+350	+265	+202	+140	+440	+230
	–78	–94	+210	+125	+62	0	+210	0
Св. 400 до 500	+11	–6	+385	+290	+223	+155	+480	+250
	–86	–103	+230	+135	+68	0	+230	0

Т а б л и ц а П.10. **Предельные отклонения отверстий в посадках с натягом при размерах от 1 до 500 мм, мкм (система вала)**

Номинальные размеры, мм	Квалитеты						
	5	6	7				8
	Поля допусков						
	N5	P6	P7	R7	S7	T7	U8
От 1 до 3	-4	-6	-6	-10	-14	-	-18
	-8	-12	-16	-20	-24	-	-32
Св. 3 до 6	-7	-9	-8	-11	-15	-	-23
	-12	-17	-20	-23	-27	-	-41
Св. 6 до 10	-8	-12	-9	-13	-17	-	-28
	-14	-21	-24	-28	-32	-	-50
Св. 10 до 18	-9	-15	-11	-16	-21	-	-33
	-17	-26	-29	-34	-39	-	-60
Св. 18 до 24	-12	-18	-14	-20	-27	-	-41
	-21	-31	-35	-41	-48	-33	-74
Св. 24 до 24	-21	-31	-35	-41	-48	-54	-48
	-21	-31	-35	-41	-48	-54	-81
Св. 30 до 40	-13	-21	-17	-25	-34	-39	-60
	-24	-37	-42	-50	-59	-64	-99
Св. 40 до 50	-24	-37	-42	-50	-34	-45	-70
	-24	-37	-42	-50	-59	-70	-109
Св. 50 до 65	-15	-26	-21	-30	-42	-55	-87
	-28	-45	-51	-60	-72	-85	-133
Св. 65 до 80	-28	-45	-51	-32	-48	-64	-102
	-28	-45	-51	-62	-78	-94	-148
Св. 80 до 100	-18	-30	-24	-38	-58	-78	-124
	-33	-52	-59	-73	-93	-113	-178
Св. 100 до 120	-33	-52	-59	-41	-66	-91	-144
	-33	-52	-59	-76	-101	-126	-198

Номинальные размеры, мм	Квалитеты						
	5	6	7				8
	Поля допусков						
	N5	P6	P7	R7	S7	T7	U8
Св. 120 до 140				-48	-77	-107	-170
				-88	-117	-147	-233
Св. 140 до 160	-21	-36	-28	-50	-85	-119	-190
	-39	-61	-68	-90	-125	-159	-253
Св. 160 до 180				-53	-93	-131	-210
				-93	-133	-171	-273
Св. 180 до 200				-60	-105	-149	-236
				-106	-151	-195	-308
Св. 200 до 225	-25	-41	-33	-63	-113	-163	-258
	-45	-70	-79	-109	-159	-209	-330
Св. 225 до 250				-67	-123	-179	-284
				-113	-169	-225	-356
Св. 250 до 280				-74	-138	-198	-315
	-27	-47	-36	-126	-190	-250	-396
Св. 280 до 315	-50	-79	-88	-78	-150	-220	-350
				-130	-202	-272	-431
Св. 315 до 355				-87	-169	-247	-390
	-30	-51	-41	-144	-226	-304	-479
Св. 355 до 400	-55	-81	-98	-93	-187	-273	-435
				-150	-244	-330	-524
Св. 400 до 450				-103	-209	-307	-490
	-33	-55	-45	-166	-272	-370	-587
Св. 450 до 500	-60	-95	-108	-109	-229	-337	-540
				-172	-292	-400	-637

Таблица П.11. Предельные зазоры в посадках с зазором при размерах от 1 до 500 мм

Номинальные размеры, мм	Посадки в системе отверстия							
	H5/g4	H5/h4	H6/f6	–	H6/g5	H6/h5	–	H7/d8
	Посадки в системе вала							
	G5/h4	H5/h4	–	F7/h5	G6/h5	H6/h5	D8/h6	D8/h7
	Предельные зазоры $\frac{S_{MAX}}{S_{MIN}}$, мкм							
От 1 до 3	9	7	18	20	12	10	40	44
	2	0	6	6	2	0	20	20
Св. 3 до 6	13	9	26	27	17	13	56	60
	4	0	10	10	4	0	30	30
Св. 6 до 10	15	10	31	34	20	15	71	77
	5	0	13	13	5	0	40	40
Св. 10 до 18	19	13	38	42	25	19	88	95
	6	0	16	16	6	0	50	50
Св. 18 до 30	22	15	46	50	29	22	111	119
	7	0	20	20	7	0	65	65
Св. 30 до 50	27	18	57	61	36	27	135	144
	9	0	25	25	9	0	80	80
Св. 50 до 80	31	21	68	73	42	32	16	176
	10	0	30	30	10	0	100	100
Св. 80 до 120	37	25	80	86	49	37	196	209
	12	0	36	36	12	0	120	120
Св. 120 до 180	44	30	93	101	57	43	233	248
	14	0	43	43	14	0	145	145
Св. 180 до 250	49	34	108	116	64	49	271	288
	15	0	50	50	15	0	170	170
Св. 250 до 315	56	39	120	131	72	55	303	323
	17	0	56	56	17	0	190	190
Св. 315 до 400	61	43	134	144	79	61	335	356
	18	0	62	62	18	0	210	210
Св. 400 до 500	67	47	148	158	87	67	367	390
	20	0	68	68	20	0	230	230

Номинальные размеры, мм	Посадки в системе отверстия							
	H7/e7	–	H7/e8	H7/f7	–	–	H7/g6	H7/h6
	Посадки в системе вала							
	–	E8/h6	E8/h7	F7/h7	F7/h6	F8/h6	G7/h6	H7/h6
Предельные зазоры $\frac{S_{MAX}}{S_{MIN}}$, мкм								
От 1 до 3	34	34	38	26	22	26	18	16
	14	14	14	6	6	6	2	0
Св. 3 до 6	44	46	50	34	30	36	24	20
	20	20	20	10	10	10	4	0
Св. 6 до 10	55	56	62	43	37	44	29	24
	25	25	25	13	13	13	5	0
Св. 10 до 18	68	70	77	52	45	54	35	29
	32	32	32	16	16	16	6	0
Св. 18 до 30	82	86	94	62	54	66	41	34
	40	40	40	20	20	20	7	0
Св. 30 до 50	100	105	114	75	66	80	50	41
	50	50	50	25	5	25	9	0
Св. 50 до 80	120	125	136	90	79	95	59	49
	60	60	60	30	30	30	10	0
Св. 80 до 120	142	148	161	106	93	112	69	57
	72	72	72	36	36	36	12	0
Св. 120 до 180	165	173	188	123	108	131	79	65
	85	85	85	43	43	43	14	0
Св. 180 до 250	192	201	218	142	125	151	90	75
	100	100	100	50	50	50	15	0
Св. 250 до 315	214	223	243	160	140	169	101	84
	110	110	110	56	56	56	17	0
Св. 315 до 400	239	250	271	176	155	187	111	93
	125	125	125	62	62	62	18	0
Св. 400 до 500	261	272	295	194	171	205	123	103
	135	135	135	68	68	68	20	0

Номинальные размеры, мм	Посадки в системе отверстия								
	H8/d8	H8/d9	H8/e8	H8/e9; H9/e8	H8/f7	H8/f8	H8/f9; H9/f8	H8/h7	H8/h8
	Посадки в системе вала								
	D8/h8	D9/h8	E8/h8	E9/h8	F8/h7	F8/h8	F9/h8	H8/h7	H8/h8
	Предельные зазоры $\frac{S_{MAX}}{S_{MIN}}$, мкм								
От 1 до 3	48	59	42	53	30	34	45	24	28
	20	20	14	14	6	6	6	0	0
Св. 3 до 6	66	78	56	68	40	46	58	30	36
	30	30	20	20	10	10	10	0	0
Св. 6 до 10	84	98	69	83	50	57	71	37	44
	40	40	25	25	13	13	13	0	0
Св. 10 до 18	104	120	86	102	61	70	86	45	54
	50	50	32	32	16	16	16	0	0
Св. 18 до 30	131	150	106	125	74	86	105	54	66
	65	65	40	40	20	20	20	0	0
Св. 30 до 50	158	181	128	151	89	103	126	64	78
	80	80	50	50	25	25	25	0	0
Св. 50 до 80	192	220	152	180	106	122	150	76	92
	100	100	60	60	30	30	30	0	0
Св. 80 до 120	228	261	180	213	125	144	177	89	108
	120	120	72	72	36	36	36	0	0
Св. 120 до 180	271	308	211	248	146	169	206	103	126
	145	145	85	85	43	43	43	0	0
Св. 180 до 250	314	357	244	287	168	194	237	118	144
	170	170	100	100	50	50	50	0	0
Св. 250 до 315	352	401	272	321	189	218	267	133	162
	190	190	110	110	56	56	56	0	0
Св. 315 до 400	388	439	303	354	208	240	291	146	178
	210	210	125	125	62	62	62	0	0
Св. 400 до 500	424	482	329	387	228	262	320	160	194
	230	230	135	135	68	68	68	0	0

Номинальные размеры, мм	Посадки в системе отверстия								
	H8/h9; H9/h8	H9/d9	–	H9/e9	H9/f9	H9/h9	H10/d10	H10/h9	H10/h10
	Посадки в системе вала								
	H8/h9; H9/h8	D9/h9	D10/h9	E9/h9	F9/h9	H9/h9	D10/h10	H10/h9	H10/h10
Предельные зазоры $\frac{S_{MAX}}{S_{MIN}}$, мкм									
От 1 до 3	39	70	85	64	56	50	100	65	80
	0	20	20	14	6	0	20	0	0
Св. 3 до 6	48	90	108	80	70	60	126	78	96
	0	30	30	20	10	0	30	0	0
Св. 6 до 10	58	112	134	97	85	72	156	92	116
	0	40	40	25	13	0	40	0	0
Св. 10 до 18	70	136	163	118	102	86	190	113	140
	0	50	50	32	16	0	50	0	0
Св. 18 до 30	85	169	201	144	124	104	233	136	168
	0	65	65	40	20	0	65	0	0
Св. 30 до 50	101	204	242	174	149	124	280	162	200
	0	80	80	50	25	0	80	0	0
Св. 50 до 80	120	248	294	208	178	148	340	194	240
	0	100	100	60	30	0	100	0	0
Св. 80 до 120	141	294	347	246	210	174	400	227	280
	0	120	120	72	36	0	120	0	0
Св. 120 до 180	163	345	405	285	243	200	465	260	320
	0	145	145	85	43	0	145	0	0
Св. 180 до 250	187	400	470	330	280	230	540	300	370
	0	170	170	100	50	0	170	0	0
Св. 250 до 315	211	450	530	370	316	260	610	340	420
	0	190	190	110	56	0	190	0	0
Св. 315 до 400	229	490	580	405	342	280	670	370	460
	0	210	210	125	62	0	210	0	0
Св. 400 до 500	252	540	635	445	378	310	730	405	500
	0	230	230	135	68	0	230	0	0

Номинальные размеры, мм	Посадки в системе отверстия							
	H7/c8	H11/a11	H11/b11	H11/c11	H11/d11	H11/h11	H12/b12	H12/h12
	Посадки в системе вала							
	–	A11/h11	B11/h11	C11/h11	D11/h11	H11/h11	B12/h12	H12/h12
	Предельные зазоры $\frac{S_{MAX}}{S_{MIN}}$, мкм							
От 1 до 3	84	390	260	180	140	120	340	200
	60	270	140	60	20	0	140	0
Св. 3 до 6	100	420	290	220	180	150	380	240
	70	270	140	70	30	0	140	0
Св. 6 до 10	117	460	330	260	220	180	450	300
	80	280	150	80	40	0	150	0
Св. 10 до 18	140	510	370	315	270	220	510	360
	95	290	150	95	50	0	150	0
Св. 18 до 30	164	560	420	370	325	260	580	420
	110	300	160	110	65	0	160	0
Св. 30 до 40	184	630	490	440	400	320	670	500
	120	310	170	120	80	0	170	0
Св. 40 до 50	194	640	500	450	400	320	680	500
	130	320	180	130	80	0	180	0
Св. 50 до 65	216	720	570	520	480	380	790	600
	140	340	190	140	100	0	190	0
Св. 65 до 80	226	740	580	530	480	380	800	600
	150	360	200	150	100	0	200	0
Св. 80 до 100	259	820	660	610	560	440	920	700
	170	380	200	170	120	0	220	0
Св. 100 до 120	269	850	680	620	560	440	940	700
	180	410	240	180	120	0	240	0

Номинальные размеры, мм	Посадки в системе отверстия							
	H7/c8	H11/a11	H11/b11	H11/c11	H11/d11	H11/h11	H12/b12	H12/h12
	Посадки в системе вала							
	–	A11/h11	B11/h11	C11/h11	D11/h11	H11/h11	B12/h12	H12/h12
	Предельные зазоры $\frac{S_{MAX}}{S_{MIN}}$, мкм							
Св. 120 до 140	303	960	760	700	645	500	1060	800
	200	460	260	200	145	0	260	0
Св. 140 до 160	313	1020	780	710	645	500	1080	800
	210	520	280	210	145	0	280	0
Св. 160 до 180	333	1080	810	730	645	500	1110	800
	230	580	310	230	145	0	310	0
Св. 180 до 200	358	1240	920	820	750	580	1260	920
	240	660	340	240	170	0	340	0
Св. 200 до 225	378	1320	960	840	750	580	1300	920
	260	740	380	260	170	0	380	0
Св. 225 до 250	398	1400	1000	860	750	580	1340	920
	280	820	420	280	170	0	420	0
Св. 250 до 280	433	1560	1120	940	830	640	1520	1040
	300	920	480	300	190	0	480	0
Св. 280 до 315	463	1690	1180	970	830	640	1580	1040
	330	1050	540	330	190	0	540	0
Св. 315 до 355	506	1920	1320	1080	930	720	1740	1140
	360	1200	600	360	210	0	600	0
Св. 355 до 400	546	2070	1400	1120	930	720	1820	1140
	400	1350	680	400	210	0	680	0
Св. 400 до 450	600	2300	1560	1240	1030	800	2020	1260
	440	1500	760	440	230	0	760	0
Св. 450 до 500	640	2450	1640	1280	1030	800	2100	1260
	480	1650	840	480	230	0	840	0

Таблица П.12. Предельные натяги в посадках с натягом при размерах св. 6 до 315 мм

Номинальные размеры, мм	Посадки в системе отверстия							
	H5/n4	H5/p5	H6/r5	H6/s5	H7/p6	H7/r6	H7/s6	H7/s7
	Посадки в системе вала							
	N5/h4	P6/h5	–	–	P7/h6	R7/h6	S7/h6	–
Предельные натяги $\frac{N_{MAX}}{N_{MIN}}$, мкм								
Св. 6 до 10	14 4	21 6	25 10	29 14	24 0	28 4	32 8	38 8
Св. 10 до 18	17 4	26 7	31 12	36 17	29 0	34 5	39 10	46 10
Св. 18 до 30	21 6	31 9	37 15	44 22	35 1	41 7	48 14	56 14
Св. 30 до 50	24 6	37 10	45 18	54 27	42 1	50 9	59 18	68 18
Св. 50 до 65	28 7	45 13	54 22	66 34	51 2	60 11	72 23	83 23
Св. 65 до 80	28 7	45 13	56 24	72 40	51 2	62 13	78 29	89 29
Св. 80 до 100	33 8	52 15	66 29	86 49	59 2	73 16	93 36	106 36
Св. 100 до 120	33 8	52 15	69 32	94 57	59 2	76 19	101 44	114 44
Св. 120 до 140	39 9	61 18	81 38	110 67	68 3	88 23	47 52	132 52
Св. 140 до 160	39 9	61 18	83 40	118 75	68 3	90 25	125 60	140 60
Св. 160 до 180	39 9	61 18	86 43	126 83	68 3	93 28	133 68	148 68
Св. 180 до 200	45 11	70 21	97 48	142 93	79 4	106 31	151 76	168 76
Св. 200 до 225	45 11	70 21	100 51	150 101	79 4	109 34	159 84	176 84
Св. 225 до 250	45 11	70 21	104 55	160 111	79 4	113 38	169 94	186 94
Св. 250 до 280	50 11	79 24	117 62	181 126	88 4	126 42	190 106	210 106
Св. 280 до 315	50 11	79 24	121 66	193 138	88 4	130 46	202 118	222 118

Номинальные размеры, мм	Посадки в системе отверстия						
	H7/t6	H7/u7	H8/s7	–	H8/u8	H8/x8	H8/z8
	Посадки в системе вала						
	T7/h6	–	–	U8/h7	–	–	–
	Предельные натяги $\frac{N_{MAX}}{N_{MIN}}$, мкм						
Св. 6 до 10	–	43	38	50	50	56	64
		13	1	13	6	12	20
Св. 10 до 14	–	51	46	60	60	67	77
		15	1	15	6	13	23
Св. 14 до 18	–	51	46	60	60	72	87
		15	1	15	6	18	33
Св. 18 до 24	–	62	56	74	74	87	106
		20	2	20	8	21	40
Св. 24 до 30	54	69	56	81	81	97	121
	20	27	2	27	15	31	55
Св. 30 до 40	64	85	68	99	99	119	151
	23	35	4	35	21	41	73
Св. 40 до 50	70	95	68	109	109	136	175
	29	45	4	45	31	58	97
Св. 50 до 65	85	117	83	133	133	168	218
	36	57	7	57	41	76	126
Св. 65 до 80	94	132	89	148	148	192	256
	45	72	13	72	50	100	164
Св. 80 до 100	113	159	106	178	178	282	312
	56	89	17	69	70	124	204
Св. 100 до 120	126	179	114	198	196	264	364
	69	109	26	109	90	156	256
Св. 120 до 140	147	210	132	233	233	311	428
	82	130	29	130	107	185	302
Св. 140 до 160	159	230	140	253	253	343	478
	94	150	37	150	127	217	352
Св. 160 до 180	171	250	148	273	273	373	528
	106	170	45	170	147	247	402
Св. 180 до 200	195	282	168	308	308	422	592
	120	190	50	190	164	278	448
Св. 200 до 225	209	304	176	330	330	457	647
	134	212	58	212	186	313	503
Св. 225 до 250	225	330	186	356	356	497	712
	150	238	68	238	212	353	568
Св. 250 до 280	250	367	210	396	396	556	791
	166	263	77	263	234	394	629
Св. 280 до 315	272	402	222	431	431	606	871
	188	298	89	298	269	444	709

Т а б л и ц а П.13. Динамический коэффициент вязкости масла при рабочей температуре 50 °С, Н·с/м²

Марка масла	Вязкость динамическая μ
«Индустриальное И-5А»	0,0036...0,0045
«Индустриальное И-8А»	0,0054...0,0072
«Индустриальное И-12А»	0,009...0,0126
«Индустриальное И-20А»	0,0153...0,0207
«Индустриальное И-25А»	0,0216...0,0242
«Индустриальное И-30А»	0,0252...0,0297
«Индустриальное И-40А»	0,0315...0,0405
«Индустриальное И-50А»	0,0423...0,0495
«Индустриальное И-70А»	0,0585...0,0675
«Турбинное Т-22»	0,018...0,0207
«Турбинное Т-30»	0,0252...0,0288
«Турбинное Т-46»	0,0396...0,0432
«Турбинное Т-57»	0,0495...0,0531
«Моторное Т»	0,056...0,061

Т а б л и ц а П.14. Значение единицы допуска в ЕСДП

Интервалы размеров, мм	1-3	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 260	Св. 260 до 360	Св. 360 до 500
Единица допуска i	0,63	0,83	1,00	1,21	1,44	1,71	2,01	2,32	2,66	3,02	3,38	3,78

Т а б л и ц а П.15. Числа(о) единиц допуска по ЕСДП

Квалитет	5	6	7	8/9	10	11	12/13	14	15	16
Число единиц допуска a_k	7	10	16	25/40	64	100	160/250	400	640	1000

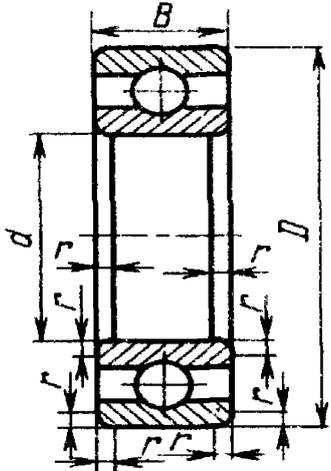
Т а б л и ц а П.16. Рекомендуемая шероховатость поверхности в различных квалитетах

Квалитеты		УТ6			УТ7			УТ8			УТ9		
Относительная геометрическая точность обработки		Гр	Н	П	Гр	Н	П	Гр	Н	П	Гр Н	П	В
	Интервалы номинальных размеров	Значения параметров шероховатости, мкм											
До 18 вкл.	Кл.	8	9	10	7	8	9	7	8	9	6	7	8
	Ra	0,40	0,20	0,10	0,80	0,40	0,20	0,80	0,40	0,20	1,60	0,80	0,40
	Rz	2,00	1,00	0,50	4,00	2,00	1,00	4,00	2,00	1,00	6,30	4,00	2,00
Св. 18 до 50 вкл.	Кл.	7	8	9	6	7	8	6	7	8	6	6	7
	Ra	0,80	0,40	0,20	1,60	0,80	0,40	1,60	0,80	0,40	1,60	1,60	0,80
	Rz	4,00	2,00	1,00	6,30	4,00	2,00	6,30	4,00	2,00	6,30	6,30	4,00
Св. 50 до 120 вкл.	Кл.	7	8	9	6	7	8	6	6	7	5	6	7
	Ra	0,80	0,40	0,20	1,60	0,80	0,40	1,60	1,60	0,80	3,20	1,60	0,80
	Rz	4,00	2,00	1,00	6,30	4,00	2,00	6,30	6,30	4,00	12,5	6,30	4,00
Св. 120 до 500 вкл.	Кл.	6	7	8	6	6	7	6	6	7	5	5	6
	Ra	1,60	0,80	0,40	1,60	1,60	0,80	1,60	1,60	0,80	3,20	3,20	1,60
	Rz	6,30	4,00	2,00	6,30	6,30	4,00	6,30	6,30	4,00	12,5	12,5	6,30

Т а б л и ц а П.17. Посадки шариковых и роликовых радиальных и радиально-упорных подшипников классов точности 0 и 6

Вид кольца	Вид нагружения	Используемые посадки
Внутреннее кольцо, посадка на вал	Циркуляционное	<i>L0/n6, L0/m6, L0/k6, L0/js6, L6/n6, L6/m6, L6/k6, L6/js6</i>
	Местное	<i>L0/js6, L0/h6, L0/g6, L0/f6, L6/js6, L6/h6, L6/g6, L6/f6</i>
	Колебательное	<i>L0/k6, L0/js6, L0/h6, L6/k6, L6/js6, L6/h6</i>
Наружное кольцо, посадка в корпус	Циркуляционное	<i>P7/l0, N7/l0, M7/l0, K7/l0, P7/l6, N7/l6, M7/l6, K7/l6</i>
	Местное	<i>G7/l0, H7/l0, Js7/l0, K7/l0, M7/l0, G7/l6, H7/l6, Js7/l6, K7/l6</i>
	Колебательное	<i>K7/l0, Js7/l0, K7/l6, Js7/l6</i>

Таблица П.18. Размеры шариковых радиальных однорядных подшипников (по ГОСТ 8338-75), мм

					Обозначения подшипников	d	D	B	r
Обозначения подшипников					7000108	40	68	9	0,5
					7000109	45	75	10	1,0
					7000110	50	80	10	1,0
					7000111	55	90	11	1,0
					7000112	60	95	11	1,0
					7000113	65	100	11	1,0
					7000114	70	110	13	1,0
					Предусмотрены $d=75-280$ мм				
					Серия диаметров 1, серия ширин 0				
					16	6	17	6	0,5
					17	7	19	6	0,5
					18	8	22	7	0,5
					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
					Предусмотрены $d=105-360$ мм				
					Серия диаметров 2, серия ширин 0				
					23	3	10	4	0,3
					24	4	13	5	0,4
					25	5	16	5	0,5
					26	6	29	6	0,5
					27	7	22	7	0,5
					29	9	26	8	1,0
					200	10	30	9	1,0
					201	12	32	10	1,0
					202	15	35	11	1,0
					203	17	40	12	1,0
					204	20	47	14	1,5
					Серия диаметров 9, серия ширин 1				
					1000093	3	8	3	0,3
					1000094	4	11	4	0,3
					1000095	5	13	4	0,4
					1000096	6	15	5	0,4
					1000097	7	17	5	0,5
					1000098	8	19	6	0,5
					1000099	9	20	6	0,5
					1000900	10	22	6	0,5
					1000901	12	24	6	0,5
					1000902	15	28	7	0,5
					1000903	17	30	7	0,5
					1000904	20	37	9	0,5
					1000905	25	42	9	0,5
					1000906	30	47	9	0,5
					1000907	35	55	10	1,0
					1000908	40	62	12	1,0
					1000909	45	68	12	1,0
					1000911	65	80	13	1,5
					1000912	60	85	13	1,5
					1000915	75	105	16	1,5
					Предусмотрены $d=1, 2, 80-340$ мм				
					Серия диаметров 1, серия ширин 7				
					7000101	12	28	7	0,5
					7000102	15	32	8	0,5
					7000103	17	35	8	0,5
					7000104	20	42	8	0,5
					7000105	25	47	8	0,5
					7000106	30	55	9	0,5
					7000107	35	62	9	0,5

Обозначения подшипников	d	D	B	r	Обозначения подшипников	d	D	B	r
205	25	52	15	1,5	315	75	160	37	3,5
206	30	62	16	1,5	316	80	170	39	3,5
207	35	72	17	2,0	317	85	180	41	4,0
208	40	80	18	2,0	318	90	190	43	4,0
209	45	85	19	2,0	320	100	215	47	4,0
210	50	90	20	2,0	Предусмотрены $d=110-150$ мм				
211	55	100	21	2,5	Серия диаметров 4, серия ширин 0				
212	60	110	22	2,5	403	17	62	17	2,0
213	65	120	23	2,5	405	25	80	21	2,5
214	70	125	24	2,5	406	30	90	23	2,5
215	75	130	25	2,5	407	35	100	25	2,5
216	80	140	26	3,0	408	40	110	27	3,0
217	85	150	28	3,0	409	45	120	29	3,0
218	90	160	30	3,0	410	50	130	31	3,5
220	100	180	34	3,5	411	55	140	33	3,5
221	105	190	36	3,5	412	60	150	35	3,5
222	110	200	38	3,5	413	65	160	37	3,5
224	120	215	40	3,5	414	70	180	42	4,0
226	130	230	40	4,0	416	80	200	48	4,0
228	140	250	42	4,0	417	85	210	52	5,0
230	150	270	45	4,0	418	90	225	54	5,0
232	160	290	48	4,0					
234	170	310	52	5,0					
236	180	320	52	5,0					
238	190	340	55	5,0					
244	220	400	65	5,0					
Предусмотрены $d=240-280$ мм									
Серия диаметров 3, серия ширин 0									
34	4	16	5	0,5					
35	5	19	6	0,5					
300	10	35	11	1,0					
301	12	37	12	1,5					
302	15	42	13	1,5					
303	17	47	14	1,5					
304	20	52	15	2,0					
305	25	62	17	2,0					
306	30	72	19	2,0					
307	35	80	21	2,5					
308	40	90	23	2,5					
309	45	100	25	2,5					
310	50	110	27	3,0					
311	55	120	29	3,0					
312	60	130	31	3,5					
313	65	140	33	3,5					
314	70	150	35	3,5					

Т а б л и ц а П.19. Допускаемые интенсивности нагрузок на посадочных поверхностях валов и корпусов (для циркуляционно-нагруженных колец)

Диаметр d отверстия внутреннего кольца подшипника, мм	Допускаемые значения P_R , кН/м			
	Поля допусков для валов			
	js6, js5	k6, k5	m6, m5	n6, n5
Св. 18 до 80	До 300	300-1400	1400-1600	1600-3000
» 80 » 180	» 600	600-2000	2000-2500	2500-4000
» 180 » 360	» 700	700-3000	3000-3500	3500-6000
» 360 » 630	» 900	900-3500	3500-5400	5400-8000
Диаметр D наружного кольца, мм	Поля допусков для корпусов			
	K7, K6	M7, M6	N7, N6	P7
Св. 50 до 180	До 800	800-1000	1000-1300	1300-2500
» 180 » 360	» 1000	1000-1500	1500-2000	2000-3300
» 360 » 630	» 1200	1200-2000	2000-2600	2600-4000
» 630 » 1600	» 1600	1600-2500	2500-3600	3500-6500

Т а б л и ц а П.20. Рекомендуемые посадки для местно-нагруженных колец

Типы подшипников	Номинальный диаметр, мм	Поля допусков		
		валов (осей)	отверстий в корпусе	
			неразъемном	разъемном
Нагрузка спокойная или с умеренными толчками и вибрацией, перегрузка до 150%				
Все типы, кроме штампованных игольчатых	До 80	h5, h6	H6, H7	H6, H7, H8
	Св. 80 до 260	g5, g6, f6, js6	G6, G7	
	Св. 260 до 500	f6, js6		
Нагрузка с ударами и вибрацией, перегрузка до 300%				
Все типы, кроме штампованных игольчатых и роликовых конических двухрядных	До 80	h5, h6	Js6, Js7	Js6, Js7
	Св. 80 до 260		H6, H7	
	Св. 260	g5, g6		
Роликовые конические двухрядные	До 120	h5, h6	H6, H7	Js6, Js7
	Св. 120	g5, g6		

Т а б л и ц а П.21. Рекомендуемые посадки для колебательно-нагруженных колец

Номинальный диаметр, мм	Поля допусков	
	валов (осей)	отверстий в корпусе
До 80	k6, k7	K6, K7
Св. 80 до 260	js6, js7	Js6, Js7
Св. 260	h6, h7	

Т а б л и ц а П.22. Предельные отклонения шариковых радиальных подшипников класса точности P0, мкм

Номинальный диаметр, мм	Внутренний диаметр подшипника		Наружный диаметр подшипника	
	<i>ES</i>	<i>EI</i>	<i>es</i>	<i>ei</i>
До 6	0	-8	-	-
Св. 6 до 10	0	-10	-	-
Св. 10 до 18	0	-10	0	-8
Св. 18 до 30	0	-10	0	-9
Св. 30 до 50	0	-12	0	-11
Св. 50 до 80	0	-15	0	-13
Св. 80 до 120	0	-20	0	-15
Св. 120 до 180	0	-25	0	-18
Св. 180 до 250	0	-30	0	-30
Св. 250 до 315	0	-35	0	-35
Св. 315 до 400	0	-40	0	-40
Св. 400 до 500	0	-50	0	-45

Т а б л и ц а П.23. Радиальные зазоры S_R , мкм, подшипников радиальных шариковых однорядных

Внутренний диаметр подшипника, мм	Радиальный зазор для рядов							
	Дополнит. 6		Основной		Дополнит. 7		Дополнит. 8	
	S_{min}	S_{max}	S_{min}	S_{max}	S_{min}	S_{max}	S_{min}	S_{max}
До 2,5	3	10	5	16	11	25	-	-
Св. 2,5 до 10	3	10	5	16	11	25	-	-
Св. 10 до 18	5	14	8	22	16	30	23	38
Св. 18 до 24	5	15	10	24	18	33	25	41
Св. 24 до 30	5	16	10	24	18	33	28	46
Св. 30 до 40	5	16	12	26	21	39	33	51
Св. 40 до 50	5	16	12	29	24	42	35	56
Св. 50 до 65	8	20	13	33	28	48	43	66
Св. 65 до 80	8	20	14	34	29	55	51	76
Св. 80 до 100	8	23	16	40	34	62	58	89
Св. 100 до 120	8	25	20	46	41	71	66	102
Св. 120 до 140	8	28	23	53	46	86	76	119
Св. 140 до 160	8	28	23	58	51	96	86	135
Св. 160 до 180	8	30	24	65	57	106	96	152
Св. 180 до 200	8	35	29	75	67	121	112	168
Св. 200 до 225	8	35	33	83	75	130	120	180
Св. 225 до 250	8	40	35	90	85	145	135	200
Св. 250 до 280	8	40	40	100	95	160	150	220
Св. 280 до 315	10	45	45	105	100	165	160	230
Св. 315 до 355	10	50	50	115	105	170	170	245
Св. 355 до 400	10	55	55	125	110	185	180	260

Т а б л и ц а П.24. Шероховатость посадочных поверхностей валов и отверстий корпусов под подшипники качения

Посадочные поверхности	Класс точности подшипников	Номинальный диаметр, мм	
		до 80	св. 80 до 500
		Шероховатость поверхности Ra по ГОСТ 2789–73, мкм, не более	
Валов	0	1,25	2,5
	6 и 5	0,63	1,25
	4	0,32	0,63
Отверстий корпусов	0	1,25	2,5
	6; 5 и 4	0,63	1,25
Торцов заплечиков валов и отверстий корпусов	0	2,5	2,5
	6; 5 и 4	1,25	2,5

Примечание. Шероховатость посадочных поверхностей валов для подшипников на закрепительных или закрепительно-стяжных (буксовых) втулках не должна превышать $Ra \leq 2,5$ мкм.