

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»**
Высшая школа технологии и энергетики
Кафедра материаловедения и технологии машиностроения

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ РАСЧЕТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Выполнение практических работ

Методические указания для студентов очной формы обучения
по направлению подготовки
15.03.02 — Технологические машины и оборудование

Составитель
М. Н. Нечкина

Санкт-Петербург
2026

Утверждено
на заседании кафедры МиТМ
17.03.2026 г., протокол № 4

Рецензент А. А. Таразанов

Методические указания соответствуют программе и учебному плану дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование». Методические указания содержат краткие сведения о типах размерных цепей, характерные черты каждого типа и методики решения задач. Методические указания способствуют формированию практических навыков расчета размерных цепей.

Методические указания предназначены для бакалавров очной формы обучения.

Утверждены Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД в качестве
методических указаний

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016, по паролю.
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 16.04.2026 г. Рег. № 5204/24

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Основные понятия и определения	5
Принятые обозначения	10
Основные расчетные формулы	11
Примеры решения задач	14
Варианты заданий.....	24
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	27
ПРИЛОЖЕНИЕ	28

ВВЕДЕНИЕ

При определенной последовательности обработки детали действительные размеры ее взаимосвязаны. Изменение каких-либо двух координирующих размеров (рис. 1а, б, в) вызывает изменение третьего, не указанного на каждом чертеже, размера. Аналогичная взаимосвязь размеров деталей существует в сборочной единице (узле) изделия. Например, изменение размеров отверстия D или вала d (рис. 1г) вызывает изменение величины зазора S .

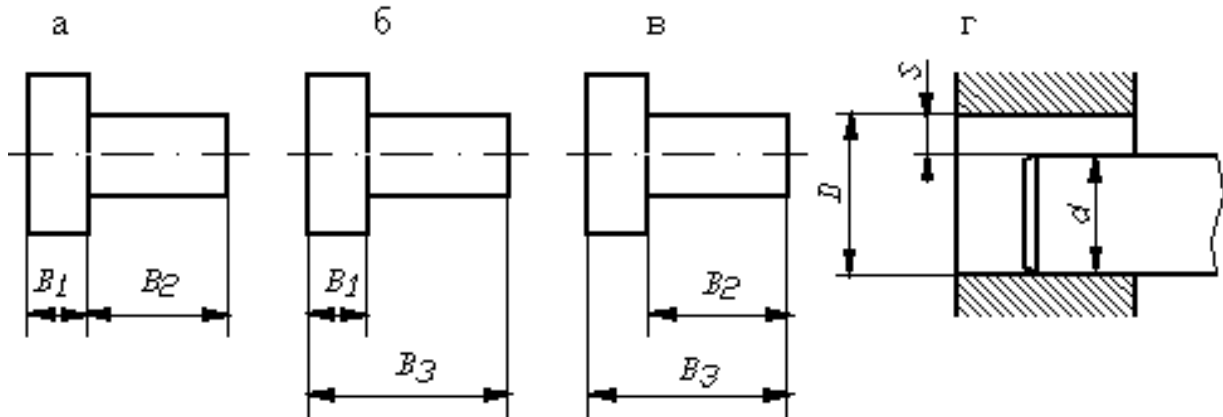


Рисунок 1. Взаимосвязь размеров:
а, б, в – одной детали; г – соединения

Эта взаимосвязь размеров устанавливается расчетом размерных цепей и является необходимым этапом конструирования и производства различных изделий. Расчет размерных цепей является одним из методов повышения качества изделий, обеспечения надежности и долговечности их работы, а также собираемости взаимозаменяемых деталей и узлов с наименьшими затратами.

С помощью размерных цепей можно:

- 1) установить связь между размерами деталей и рассчитать номинальные значения, допуски и отклонения этих размеров;
- 2) правильно нанести размеры и отклонения на рабочих чертежах деталей и сборочных единиц;
- 3) улучшить конструкцию изделия с целью облегчения достижения требуемой точности сборки и сохранения точности изделия в процессе эксплуатации;
- 4) произвести пересчет конструктивных размеров на технологические (при несовпадении конструкторских и технологических баз) и определить операционные припуски и допуски на эти размеры;
- 5) установить наиболее рентабельный вид взаимозаменяемости;
- 6) правильно выбрать средства и методы измерений, рассчитать достижимую точность измерений и т. п.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Размерной цепью называется совокупность размеров, непосредственно участвующих в решении поставленной задачи и образующих замкнутый контур.

Различают конструкторские, технологические и измерительные размерные цепи, решающие задачи обеспечения точности при проектировании, изготовлении и измерении изделий.

Размерная цепь, размеры которой определяют взаимное положение поверхностей или осей одной детали, называется поддетальной (рис. 2а), а нескольких деталей узла или механизма – сборочной или узловой (рис. 2б). Простейшей элементарной сборочной размерной цепью является посадка, состоящая из двух, охватывающих одна другую, деталей (рис. 1г).

В зависимости от вида размеров различают линейные (рис. 2а, б) и угловые (рис. 2в) размерные цепи, звеньями которых являются соответственно линейные и угловые размеры. Линейная цепь обозначается прописной буквой русского алфавита (кроме букв К, М, О, Р и Т), а угловая – строчной буквой греческого алфавита (кроме букв α , δ , ζ , λ и ω) без индекса.

По взаимному расположению звеньев размерные цепи делятся на плоские и пространственные. В плоских цепях звенья расположены в одной или нескольких параллельных плоскостях.

Между собой звенья могут быть непараллельны (рис. 2г), в частном случае звенья линейной размерной цепи параллельны друг другу (рис. 2а, б). В пространственных цепях звенья расположены в непараллельных плоскостях.

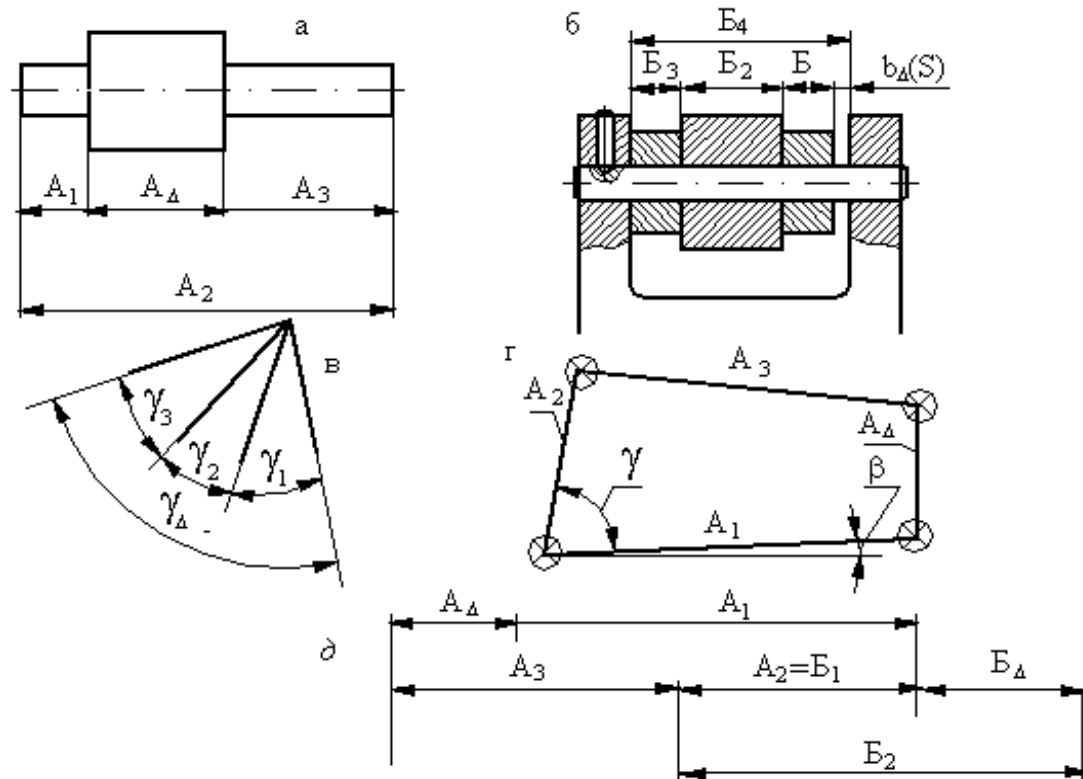


Рисунок 2. Примеры и схемы размерных цепей:

а – поддетальная; б – сборочная (узловая); в – угловая; г – плоская;
д – с общим звеном

В процессе сборки узла из деталей с определенными размерами (рис. 2б) последним автоматически получается зазор S , который является замыкающим звеном и определяет правильность работы (функционирование) данного узла или механизма. В подетальной размерной цепи в зависимости от принятой последовательности обработки детали замыкающим звеном может быть любой размер детали, входящий в размерную цепь (рис. 1а, б, в).

Звено размерной цепи – один из размеров, образующих размерную цепь (это может быть линейный или угловой размер).

Звенья обозначают одной прописной буквой русского алфавита с соответствующим индексом. Звенья размерной цепи разделяют на составляющие и замыкающее.

Замыкающее звено может быть только одно. Это звено, которое получается последним в результате решения поставленной задачи при изготовлении детали или сборки сборочной единицы, а также при измерении. **Составляющих звеньев** может быть различное количество, определяемое назначением изделия и решением поставленной задачи.

Составляющие звенья различно влияют на замыкающее звено. В зависимости от этого влияния их разделяют на увеличивающие и уменьшающие.

На рис. 3 показаны примеры простейших трехзвенных размерных цепей, где A_1 и A_2 – составляющие звенья; A_Δ – замыкающее звено.

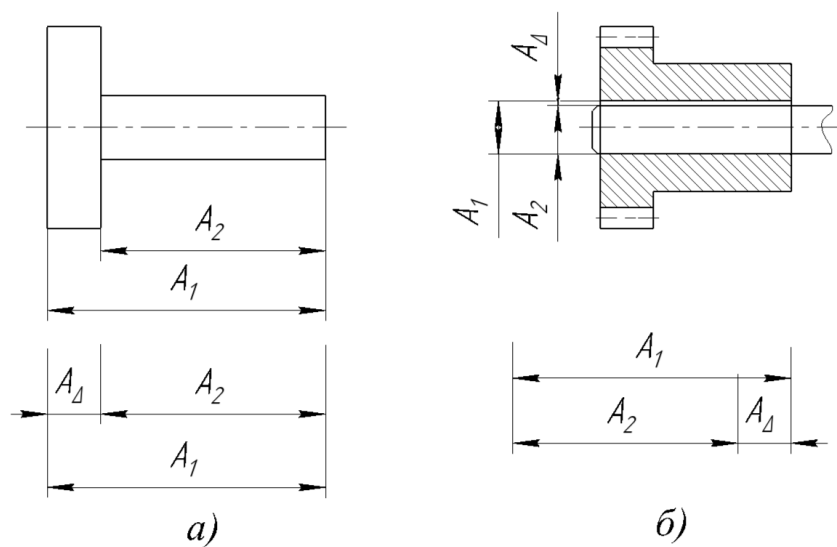


Рисунок 3. Примеры простейших трехзвенных размерных цепей:
а) деталь и схема размерной цепи; б) сборочная единица и схема размерной цепи

Увеличивающими называют такие звенья, с увеличением размеров которых замыкающее звено увеличивается, а **уменьшающими** такие, с увеличением которых замыкающее звено уменьшается. Выявление увеличивающих и уменьшающих звеньев в простейших размерных цепях обычно не вызывает затруднений. Так на рис. 3 звено A_1 – увеличивающее, A_2 –

уменьшающее. В более сложных размерных цепях удобно использовать правило обхода по замкнутому контуру. С этой целью замыкающему звену дают произвольное направление стрелкой, поставленной над обозначением звена (рис. 4), и обходят все звенья, начиная с замыкающего так, чтобы образовался замкнутый поток направлений. Тогда все звенья, имеющие направление стрелок на схеме размерной цепи одинаковое с замыкающим, будут уменьшающими, а все остальные – увеличивающими. Если замыкающему звену задавать всегда направление только налево, то тогда при обходе по замкнутому контуру все составляющие звенья, имеющие направление стрелок, налево будут уменьшающими, а с направлением стрелок-направо – увеличивающими. Этот частный случай общего правила обхода по замкнутому контуру часто используется.

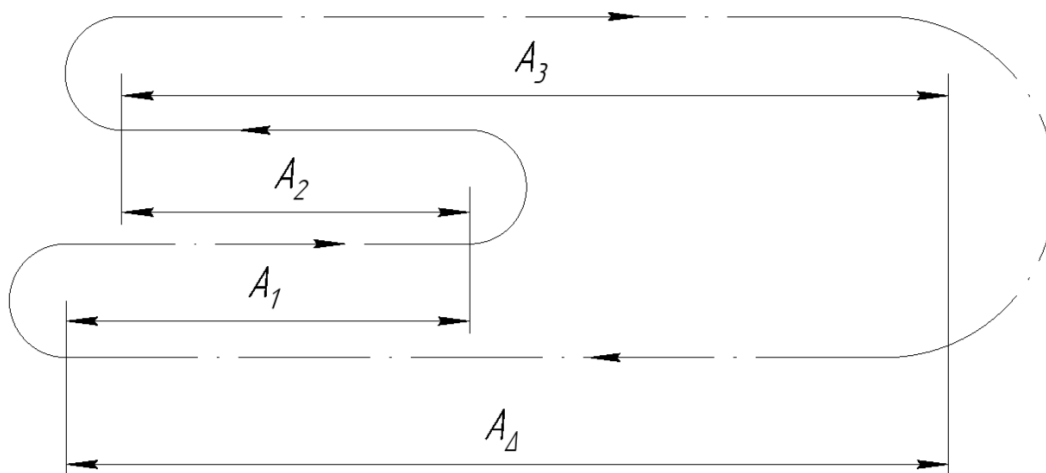


Рисунок 4. Правило обхода по замкнутому контуру:

A_2 – уменьшающее звено; $\vec{A}_1$; $\vec{A}_3$ – увеличивающие звенья

В зависимости от взаимного расположения звеньев размерные цепи разделяют на линейные (с параллельными звеньями), плоские и пространственные. Все размерные цепи рассчитывают по формулам для линейных цепей. Пространственные размерные цепи приводят к плоским, а плоские к линейным путем проектирования размеров цепи на одно направление, в качестве которого обычно используют направление замыкающего звена.

Любая размерная цепь состоит из замыкающего, или исходного, и составляющих звеньев.

Замыкающим называется звено, получаемое в размерной цепи последним в результате решения поставленной задачи при сборке, обработке или измерении.

Замыкающее звено выявляется в конце изготовления детали или сборки узла. По замыкающему размеру деталь не обрабатывается; величина, и точность замыкающего звена зависят от величины и точности выполнения всех остальных звеньев размерной цепи.

Исходным называется звено, возникающее в результате постановки конструкторской, технологической или метрологической задачи, для решения

которой используется размерная цепь. Исходное звено (конструктивный зазор или натяг, величина перемещения детали, несовпадение поверхностей или осей и т. п.), которое прямо или косвенно влияет на правильную работу узла или механизма, определяется первым в процессе постановки задачи.

Величина и точность исходного звена задаются техническими требованиями исходя из функционального назначения, или на основе эксплуатационных показателей работы узла или изделия, или требований собираемости его деталей и узлов. По установленным предельным значениям исходного звена определяются величина и точность всех остальных звеньев размерной цепи. Замыкающее и исходное звенья обозначаются с индексом. В сборочной размерной цепи исходное звено, установленное первым в процессе проектирования, часто является и замыкающим звеном, так как получается последним при сборке узла.

Составляющим называется звено, изменение размера которого вызывает изменение размера замыкающего или исходного звена. Выполнение составляющего звена в процессе производства не зависит от выполнения других звеньев. Составляющее звено обозначается с индексом, соответствующим порядковому номеру звена (1, 2, 3 и т. д.), начиная от звена соседнего с замыкающим или исходным.

Все составляющие звенья подразделяются на **увеличивающие** и **уменьшающие**, которые можно обозначать с индексом соответственно “ув” и “ум”.

Увеличивающим называется звено, с увеличением размера которого увеличивается размер замыкающего или исходного звена. Таким звеньям приписывается знак плюс, и обозначаются они со стрелкой над буквой соответствующего звена, направленной вправо.

Уменьшающим называется звено, с увеличением размера которого уменьшается размер замыкающего или исходного звена. Таким звеньям приписывается знак минус, и обозначаются они со стрелкой над буквой соответствующего звена, направленной влево.

Различают еще компенсирующее и общее звенья. **Компенсирующим** называется звено, изменением размера которого достигается требуемая точность замыкающего звена. Обозначается компенсирующее звено либо с индексом «к», либо с буквой, обозначающей звено, заключенной в прямоугольник.

Общим называется звено, одновременно принадлежащее нескольким размерным цепям. Обозначается общее звено одновременно буквами всех размерных цепей, в которые оно входит, со знаком равенства между ними, например, $A_2 = B_1$ на рис. 2д.

Передачным отношением ζ называется коэффициент, характеризующий влияние погрешности составляющего звена на погрешность замыкающего. Определяется оно как отношение погрешности замыкающего звена, вызванной погрешностью составляющего, к величине погрешности этого составляющего звена. В общем случае передачное отношение есть частная производная от функции A_Δ по аргументу A_i при средних значениях всех аргументов функции т. д., приводят к колебанию (разбросу или рассеянию) действительных размеров деталей:

$$\zeta_i = \frac{\partial A_{\Delta}}{\partial A_i},$$

где t – порядковый номер звена.

Изменение размеров составляющих звеньев различно влияет на размер замыкающего звена. Для размерных цепей с параллельными звеньями передаточные отношения равны: +1 для увеличивающих и -1 для уменьшающих звеньев.

В плоских линейных размерных цепях с непараллельными звеньями передаточные отношения либо рассчитываются аналитически как отношение приращения замыкающего звена к определенному приращению составляющего при постоянстве всех других составляющих звеньев, либо определяются графически как косинус угла между направлениями составляющего и замыкающего звеньев. Знак перед передаточным отношением ставится плюс для увеличивающих звеньев и минус – для уменьшающих звеньев.

Плоскую размерную цепь с непараллельными звеньями (рис. 3а) можно привести к размерной цепи с параллельными звеньями, проектируя все составляющие звенья на направление замыкающего звена (рис. 3б). При этом ряд звеньев будет иметь другие значения размеров: звенья $A_1' = A_1 \cos 60^\circ = 0,5A_1$, $A_2' = A_2 \cos 30^\circ = 0,866 A_2$. Погрешности углов, если ими нельзя пренебречь, приводятся в размерной цепи в виде дополнительных звеньев.

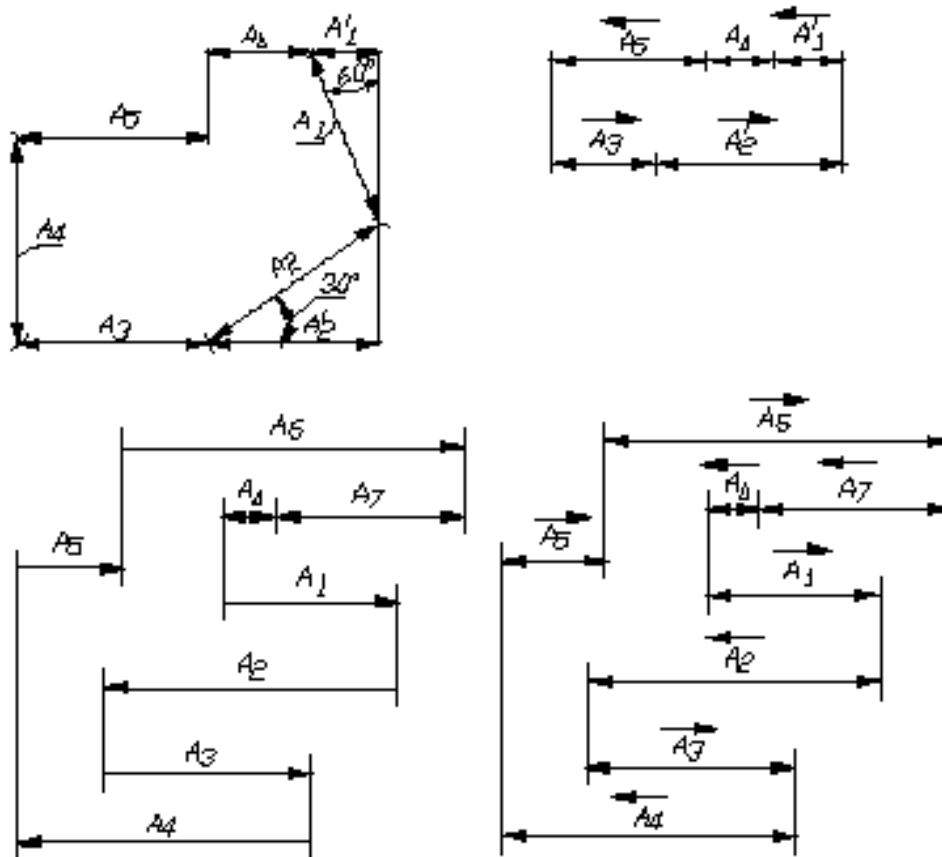


Рисунок 4. Схемы размерных цепей:

a – размерная цепь с параллельными звеньями; b – размерная цепь с замыкающим звеном

ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

$A_1; A_2; \dots A_j$ – обозначение и номинальный размер звеньев размерной цепи A ;
 A_Δ – обозначение и номинальный размер замыкающего звена размерной цепи A ;
 $\overrightarrow{A_j}$ – увеличивающее j -е составляющее звено размерной цепи A ;
 $\overleftarrow{A_j}$ – уменьшающее j -е составляющее звено размерной цепи A ;
 A_j – компенсирующее j -е составляющее звено размерной цепи A ;
 n – количество увеличивающих звеньев;
 p – количество уменьшающих звеньев;
 $m - l$ – общее количество составляющих звеньев: $n + p = m - l$;
 m – количество звеньев размерной цепи;
 EsA_Δ – верхнее предельное отклонение замыкающего звена размерной цепи A ;
 EiA_Δ – нижнее предельное отклонение замыкающего звена размерной цепи A ;
 EsA_j – верхнее предельное отклонение составляющего звена размерной цепи A ;
 EiA_j – нижнее предельное отклонение составляющего звена размерной цепи A ;
 TA_Δ – допуск замыкающего звена размерной цепи A ;
 TA_j – допуск j -го звена размерной цепи A ;
 E_cA_Δ – координата середины поля допуска замыкающего звена размерной цепи A ;
 E_cA_j – координата середины поля допуска j -го составляющего звена размерной цепи A ;
 $E_{cv}A_\Delta$ – координата середины поля рассеяния замыкающего звена размерной цепи A ;
 $E_{cv}A_j$ – координата середины поля рассеяния j -го составляющего звена размерной цепи A ;
 E_mA_Δ – координата центра группирования замыкающего звена размерной цепи A ;
 E_mA_j – координата центра группирования j -го составляющего звена размерной цепи A ;
 V_K – величина компенсации;
 λ – относительное среднее квадратическое отклонение;
 t_Δ – коэффициент риска;
 α – коэффициент относительной асимметрии;
 ξ_{A_j} – передаточное отношение j -го звена размерной цепи A ;
 N – число ступеней размеров неподвижного конденсатора;
 p – процент риска.

ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ

Номинальный размер замыкающего звена размерной цепи A определяют по формуле:

$$A_{\Delta} = \sum_{j=1}^{m-1} \xi_{A_j} A_j, \quad (1)$$

где $j = 1, 2, \dots, m$ – порядковый номер звена размерной цепи;

ξ_{A_j} – передаточное отношение j -го звена размерной цепи A .

В зависимости от вида размерной цепи передаточное отношение может иметь различное содержание и значение. Так, например, для линейных размерных цепей (цепей с параллельными звеньями) передаточные отношения равны: $\xi_j = 1$ для увеличивающих составляющих звеньев; $\xi_j = -1$ и для уменьшающих составляющих звеньев.

Поэтому для линейных размерных цепей зависимость (1) записывают в виде:

$$A_{\Delta} = \sum_{j=1}^n \overrightarrow{A_j} - \sum_{j=1}^p \overleftarrow{A_j}, \quad (2)$$

где n – количество увеличивающих звеньев;

p – количество уменьшающих звеньев.

Допуск замыкающего звена TA_{Δ} при расчете на максимум-минимум находят по формуле:

$$TA_{\Delta} = \sum_{j=1}^{m-1} |\xi_{A_j}| TA_j. \quad (3)$$

Координату середины поля допуска $E_c A_{\Delta}$ замыкающего звена размерной цепи A вычисляют по зависимости:

$$E_c A_{\Delta} = \sum_{j=1}^{m-1} \xi_{A_j} E_c A_j. \quad (4)$$

Предельные отклонения замыкающего звена A_{Δ} определяют:

$$E_s A_{\Delta} = E_c A_{\Delta} + \frac{TA_{\Delta}}{2}; \quad (5)$$

$$E_i A_{\Delta} = E_c A_{\Delta} - \frac{TA_{\Delta}}{2}. \quad (6)$$

Возможно определение предельных отклонений замыкающего звена по зависимостям:

$$E_s A_{\Delta} = \sum_{j=1}^n E_s \overrightarrow{A_j} - \sum_{j=1}^p \overleftarrow{E_i A_j}, \quad (7)$$

$$E_i A_{\Delta} = \sum_{j=1}^n E_i \overrightarrow{A_j} - \sum_{j=1}^p E_s \overleftarrow{A_j}. \quad (8)$$

Предельные размеры замыкающего звена

$$A_{\Delta max} = A_{\Delta} + E_s A_{\Delta}; \quad (9)$$

$$A_{\Delta min} = A_{\Delta} + E_i A_{\Delta}. \quad (10)$$

При расчете вероятностным методом допуск замыкающего звена находят по формуле:

$$TA_{\Delta} = t_{\Delta} \sqrt{\sum_{j=1}^{m-1} \xi_i^2 \lambda_j^2 TA_j^2}, \quad (11)$$

где t_{Δ} – коэффициент риска, принимаемый из табл. 1.

Таблица 1

Риск, %	32	16	4,6	0,94	0,27	0,1
Коэффициент t_{Δ}	1	1,4	2	2,6	3	3,3

Для размерных цепей с параллельными звеньями (линейные размерные цепи) $\xi_i^2 = 1$.

Коэффициент $\lambda_j^2 = 1/9$ при нормальном законе распределения отклонений (закон Гаусса).

При распределении отклонений по закону треугольника (закон Симпсона) $\lambda_j^2 = 1/6$.

При распределении отклонений по закону равной вероятности $\lambda_j^2 = 1/3$.

Иногда в расчетах размерных цепей используют коэффициент относительного рассеяния $K_j = t_\Delta \cdot \lambda_j$.

При наиболее часто используемом проценте риска 0,27 имеем по табл. 1: $t_\Delta = 3$ и с учетом значений коэффициента λ_j^2 ; коэффициент относительного рассеяния K_j составляет:

$K_j = 1$ при законе распределения Гаусса;

$K_j = 1,22$ при законе распределения Симпсона;

$K_j = 1,73$ при законе распределения равной вероятности.

При использовании коэффициента относительного расстояния формула (11) принимает более простой вид для линейных размерных цепей при проценте риска 0,27:

$$TA_\Delta = \sqrt{\sum_{j=1}^{m-1} K_j^2 TA_j^2}. \quad (12)$$

Среднее значение допуска составляющих звеньев вычисляют по формулам:

при расчете по способу максимума – минимума

$$TA_{\text{ср}} = \frac{TA_\Delta}{\sum_{j=1}^{m-1} |\xi_{A_j}|}; \quad (13)$$

при расчете вероятностным способом

$$TA_{\text{ср}} = \frac{TA_\Delta}{t_\Delta \sqrt{\sum_{j=1}^{m-1} \xi_i^2 \lambda_j^2}}. \quad (14)$$

Для линейных размерных цепей формулы (13) и (14) приобретают более простой вид при решении способом равных допусков:

при расчете на максимум-минимум

$$TA_{\text{ср}} = \frac{TA_\Delta}{m-1}; \quad (15)$$

при расчете вероятностным методом

$$TA_{\text{ср}} = \frac{TA_\Delta}{K_j \sqrt{m-1}}. \quad (16)$$

Решая размерную цепь способом одного качества, определяют число единиц допуска в допуске размера (коэффициент точности):

при полной взаимозаменяемости (на максимум-минимум)

$$k_{\text{ср}} = \frac{TA_\Delta}{\sum_{j=1}^{m-1} (0,45 \sqrt[3]{A_j} + 0,001 \cdot A_j)}; \quad (17)$$

при неполной взаимозаменяемости (вероятностный расчет)

$$K_{\text{ср}} = \frac{TA_\Delta}{\sum_{j=1}^{m-1} (0,45 \sqrt[3]{A_j} + 0,001 \cdot A_j)^2 \cdot K_j^2}. \quad (18)$$

При решении размерной цепи методом компенсации вычисляют наибольшую возможную компенсацию V_K по формуле:

$$V_K = T'A_\Delta - TA_\Delta, \quad (19)$$

где $T'A_\Delta = \sum TA_j$ – производственный допуск замыкающего звена, равный сумме расширенных допусков звеньев размерной цепи.

Число ступеней неподвижных компенсаторов N рассчитывают по формуле:

$$N = \frac{T'A_\Delta}{TA_\Delta - T_{\text{комп}}}, \quad (20)$$

где $T_{\text{комп}}$ – допуск на изготовление неподвижного компенсатора.

Рассмотрим решение задач, начиная с самых простых.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача № 1

На рабочем чертеже детали (рис. 5) среди прочих заданы продольные размеры A_1 , A_2 , A_3 с известными номинальными значениями размеров и обозначениями их полей допусков.

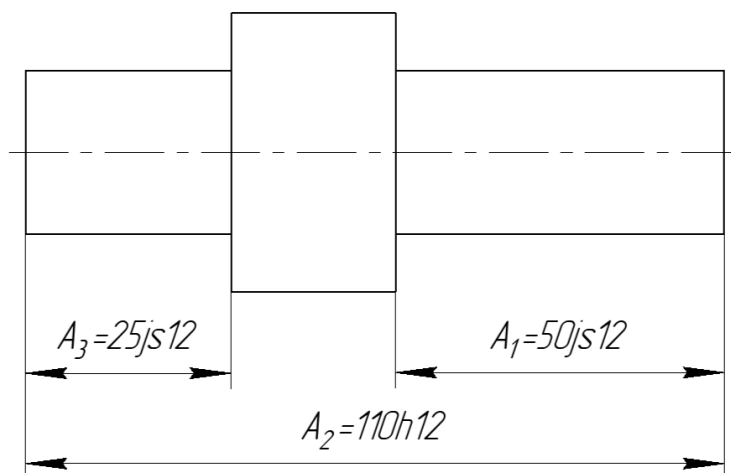


Рисунок 5. Рабочий чертеж вала

Составить размерную цепь и определить:

- номинальное значение замыкающего звена;
- верхнее и нижнее отклонение замыкающего звена;
- допуск и предельные размеры замыкающего звена;

Расчет произвести двумя способами:

а) на $\max$ - $\min$; б) вероятностным методом при риске 0,27 %, распределении размеров по нормальному закону при $K_j = 1$; $a_j = 0$.

Исходные данные: $A_1 = 50js12$; $A_2 = 110h12$, $A_3 = 25js12$.

Решение.

Задача относится к числу обратных и имеет однозначное решение. Составляем схему размерной цепи. Замыкающим звеном этой размерной цепи является осевой размер, получающийся последним в результате изготовления. Таким размером является осевой размер утолщения валика. Схема размерной цепи приведена на рис. 6.

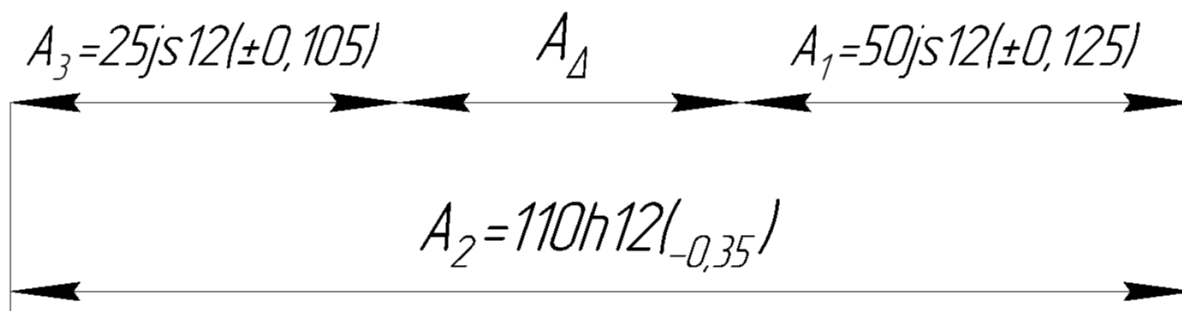


Рисунок 6. Схема размерной цепи

По ГОСТ 25346-89 находим величины допусков и отклонений звеньев и наносим их на схему: $A_1 = 50js12(\pm 0,125)$; $A_2 = 110h12(-0,35)$; $A_3 = 25js12(\pm 0,105)$.

Выявляем увеличивающее и уменьшающее звенья размерной цепи. Зададим замыкающему звену направление стрелкой налево (рис. 7). Используя правило обхода по замкнутому контуру, устанавливаем, что звенья A_1 и A_3 уменьшающие (направление стрелок обхода по контуру совпадает с направлением стрелки замыкающего звена), а звено A_2 – увеличивающее (рис. 7).

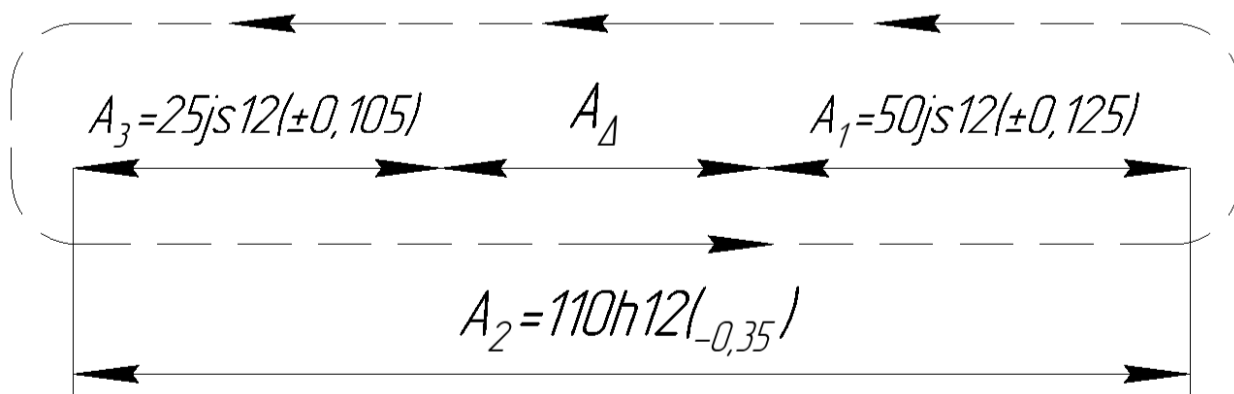


Рисунок 7

1 способ: расчет на max-min:

Номинальное значение замыкающего звена находим по формуле (2):

$$A_{\Delta} = \sum_{j=1}^n \vec{A}_j - \sum_{j=1}^p \overleftarrow{A}_j = 110 - (50 + 25) = 35 \text{ мм.}$$

Допуск замыкающего звена по формуле (3) с учетом того, что для линейных размерных цепей $|\xi_j| = 1$:

$$TA_{\Delta} = \sum_{j=1}^{m-1} TA_j = 210 + 350 + 250 = 810 \text{ мкм} = 0,81 \text{ мм.}$$

Верхнее отклонение замыкающего звена по формуле (7):

$$E_s A_{\Delta} = \sum_{j=1}^n E_s \vec{A}_j - \sum_{j=1}^p E_i \overleftarrow{A}_j = 0 - (-125 - 105) = +230 \text{ мкм} = +0,23 \text{ мм.}$$

Нижнее отклонение замыкающего звена по формуле (8):

$$\begin{aligned} E_i A_{\Delta} &= \sum_{j=1}^n E_i \vec{A}_j - \sum_{j=1}^p E_s \overleftarrow{A}_j = (-350) - (-125 + 105) = -580 \text{ мкм} \\ &= -0,58 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Проверка:

$$TA_{\Delta} = E_s A_{\Delta} - E_i A_{\Delta} = +230 - (-580) = 810 \text{ мкм} = 0,81 \text{ мм.}$$

Отклонения определены правильно.

Предельные размеры замыкающего звена находим по формулам (9 и 10):

$$A_{\Delta max} = A_{\Delta} + E_s A_{\Delta} = 35 + 0,23 = 35,23 \text{ мм};$$

$$A_{\Delta min} = A_{\Delta} + E_i A_{\Delta} = 35 + (-0,58) = 34,42 \text{ мм}.$$

Размер замыкающего звена $A_{\Delta} = 35^{+0,23}_{-0,58}$ мм.

2 способ: вероятностный расчет

Номинальное значение замыкающего звена A_{Δ} вычисляется по формуле (2) было определено выше $A_{\Delta} = 35$ мм.

Допуск замыкающего звена найдем по формуле (12) с учетом того, что $K_j = 1$ для нормального закона распределения:

$$TA_{\Delta} = \sqrt{\sum_{j=1}^{m-1} K_i^2 TA_j^2} = \sqrt{1^2 \cdot 0,25^2 + 1^2 \cdot 0,21^2 + 1^2 \cdot 0,35^2} = 0,479 \text{ мм}.$$

Координату середины поля допуска замыкающего звена найдем по формуле (4), предварительно определив координаты середин полей допусков составляющих звеньев. Построим схемы полей допусков составляющих размеров (рис. 8).

$$E_c A_{\Delta} = \sum_{j=1}^{m-1} \xi_{A_j} E_c A_j = \sum_{j=1}^n E_c \vec{A}_j - \sum_{j=1}^p E_c \vec{A}_j = -175 - 0 - 0 = -175 \text{ мкм}$$

$$= -0,175 \text{ мм}.$$

Верхнее отклонение замыкающего звена по формуле (5):

$$E_s A_{\Delta} = E_c A_{\Delta} + \frac{TA_{\Delta}}{2} = -0,175 + \frac{0,479}{2} = 0,0645 \text{ мм}.$$

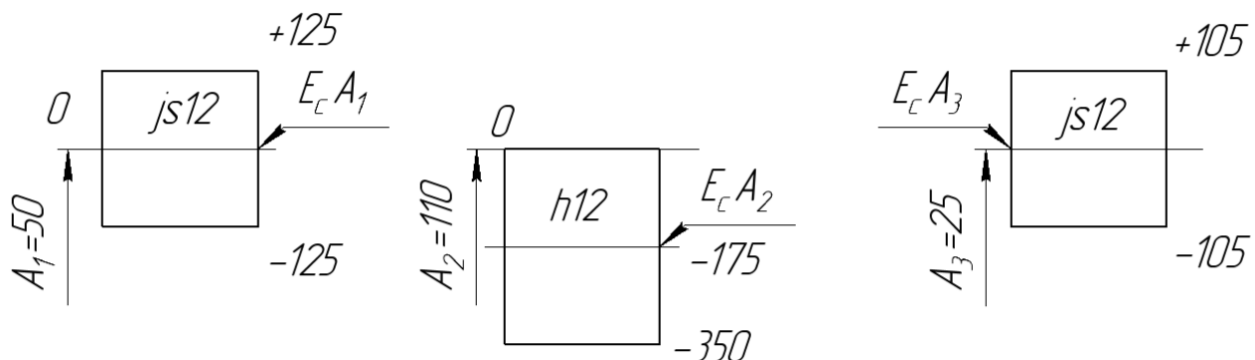


Рисунок 8. Схема полей допусков составляющих размеров

Нижнее отклонение замыкающего по (6):

$$E_i A_{\Delta} = E_c A_{\Delta} - \frac{TA_{\Delta}}{2} = -0,175 - \frac{0,479}{2} = -0,4145 \text{ мм}.$$

Предельные размеры замыкающего звена по (9), (10):

$$A_{\Delta max} = A_{\Delta} + E_s A_{\Delta} = 35 + 0,0645 = 35,0645 \text{ мм};$$

$$A_{\Delta min} = A_{\Delta} + E_i A_{\Delta} = 35 + (-0,4145) = 34,5855 \text{ мм}.$$

Размер замыкающего звена $A_{\Delta} = 35^{+0,0645}_{-0,4145}$ мм.

Задача № 2

На закаленном участке вала диаметром $d = 50$ мм должен быть шпоночный паз под призматическую шпонку согласно ГОСТ 23360-78. Паз фрезеруют до термообработки, когда вал проточен с припуском под шлифование (рис. 9).

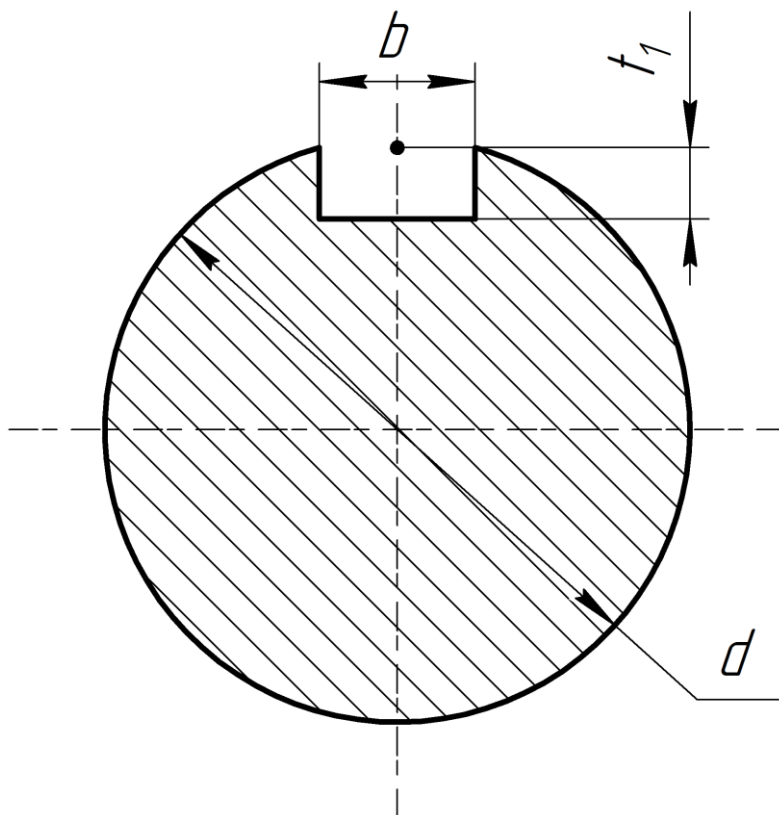


Рисунок 9. Чертеж

Составить размерную цепь и определить:

- размер, по которому необходимо фрезеровать паз до термообработки и шлифования, чтобы он получился в заданных чертежом пределах после шлифования;
- предельные отклонения, допуск и предельные размеры глубины шпоночного паза.

Исходные данные: $d = 50$ p6; $b = 14$ мм; $t_1 = 5,5^{+0,2}$ мм; $d' = 50,4$ h11 (размер вала до термообработки с припуском под шлифование). Измерение: t_1 .

Решение.

Последовательность обработки: получение диаметра вала с припуском под шлифование, фрезерование паза, термообработка и шлифование наружной поверхности вала. Измерение: t_1 .

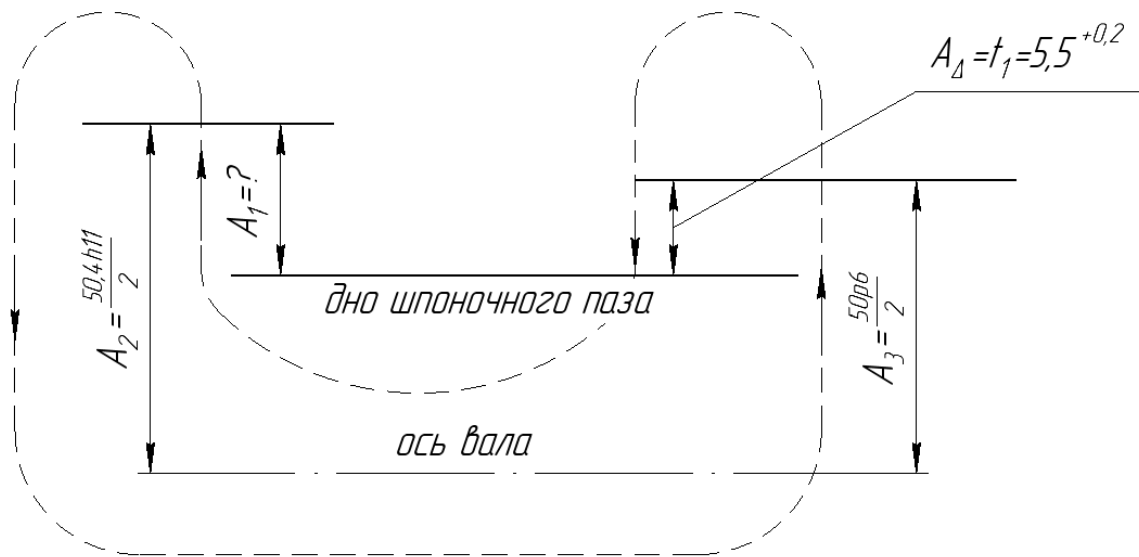


Рисунок 10. Схема размерной цепи. Обход по контуру.

Увеличивающие и уменьшающие звенья размерной цепи выявляются методом обхода по замкнутому контуру. Имеем:

увеличивающие звенья $\vec{A}_1$; $\vec{A}_3$;

уменьшающее звено $\overleftarrow{A}_2$.

Размеры A_2 и A_3 являются радиусами соответствующих диаметров:

$$A_2 = \frac{50,4h11}{2} = \frac{50,4_{-0,19}}{2} = 25,2_{-0,095} \text{ мм};$$

$$A_3 = \frac{50p6}{2} = \frac{50^{+0,042}_{+0,026}}{2} = 25^{+0,021}_{+0,013} \text{ мм}.$$

Номинальное значение звена A_1 :

$$A_\Delta = \sum_{j=1}^n \vec{A}_j - \sum_{j=1}^p \overleftarrow{A}_j = A_1 + A_3 - A_2 = A_1 + 25 - 25,2 = 5,5 \text{ мм}.$$

$$A_1 = 25,2 - 25 + 5,5 = 5,7 \text{ мм}.$$

Допуск звена A_1 :

$$TA_\Delta = \sum_{j=1}^{m-1} TA_j; \quad TA_\Delta = TA_1 + TA_3 + TA_2$$

$$0,2 = TA_1 + 0,095 + 0,008;$$

$$TA_1 = 0,2 - 0,095 - 0,008 = 0,097 \text{ мм}.$$

Верхнее отклонение звена A_1 :

$$E_s A_\Delta = \sum_{j=1}^n E_s \vec{A}_j - \sum_{j=1}^p E_i \overleftarrow{A}_j$$

$$+0,2 = E_s A_1 + 0,021 - (-0,095); \quad E_s A_1 = 0,084 \text{ мм}.$$

Нижнее отклонение звена A1:

$$E_i A_{\Delta} = \sum_{j=1}^n E_i \overrightarrow{A_j} - \sum_{j=1}^p E_s \overleftarrow{A_j}$$

$$0 = E_i A_1 + 0,013 - 0; \quad E_i A_1 = -0,013 \text{ мм.}$$

Размер звена A1: $A_1 = 5,7^{+0,084}_{-0,013}$ мм.

Предельные размеры звена A1:

$$A_{1 \max} = A_1 + E_s A_1 = 5,7 + 0,084 = 5,784 \text{ мм;}$$

$$A_{1 \min} = A_1 + E_i A_1 = 5,7 + (-0,013) = 5,687 \text{ мм.}$$

Задача № 3

Для нормальной работы механизма (рис. 11) необходимо обеспечить зазор в осевом направлении A_{Δ} (замыкающее звено) между проставочным кольцом и корпусом. Известны номинальные размеры всех составляющих звеньев.

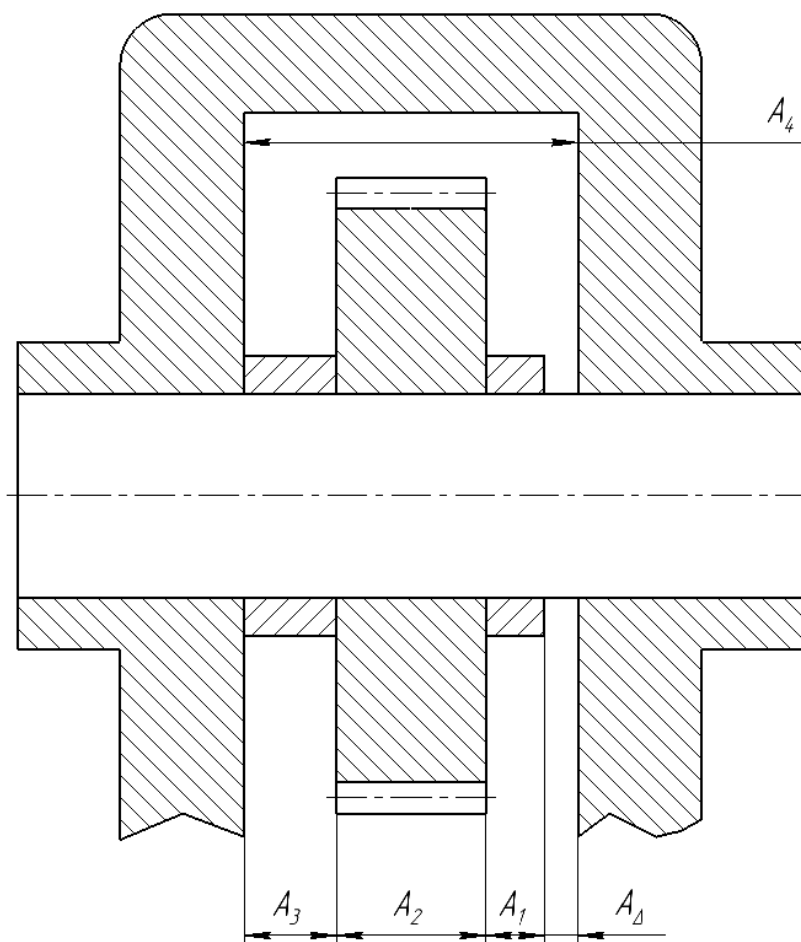


Рисунок 11

Составить размерную цепь и определить:

- предельные отклонения на все составляющие звенья;
- расчет провести для двух вариантов:

а) на max-min;

б) вероятностным методом при риске 0,27 %, распределении размеров по нормальному закону при $K_j = 1$; $a_j = 0$.

Исходные данные: $A_1 = 10$ мм; $A_2 = 80$ мм; $A_3 = 10$ мм; $A_4 = 100$ мм; $A_\Delta = 0^{+0,6}_{+0,1}$ мм.

Решение.

Задача относится к категории прямых. Необходимость решения подобных задач возникает при проектном расчете. Такие задачи имеют несколько методов решений, дающих различные результаты.

1 способ: расчет на max-min

По рис. 11 составляем схему размерной цепи (рис. 12).

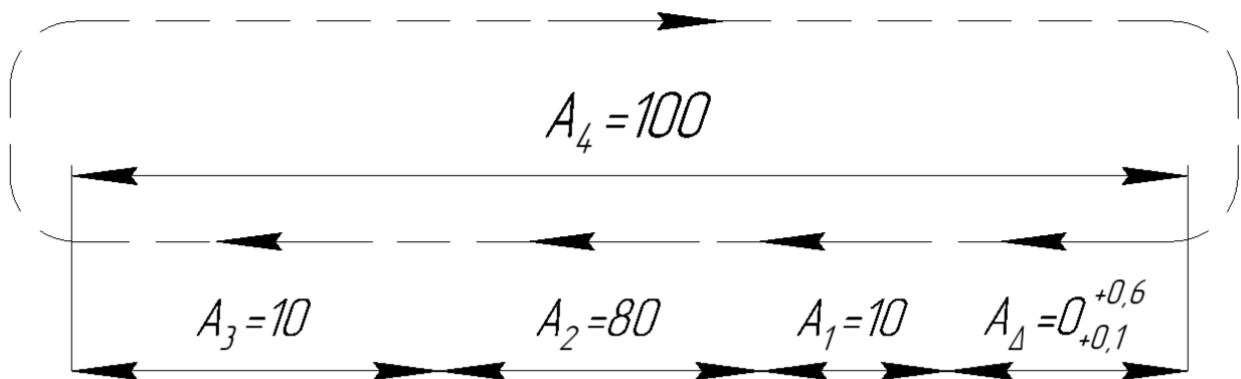


Рисунок 12. Схема размерной цепи

Из назначения механизма следует, что замыкающим звеном является зазор между корпусом и проставочным кольцом, который должен быть от 0,1 мм до 0,6 мм. Следовательно допуск замыкающего звена $TA_\Delta = E_s A_\Delta - E_i A_\Delta = +0,6 - 0,1 = 0,5$ мм.

Установим увеличивающие и уменьшающие звенья размерной цепи. Для этого зададим замыкающему звену направление стрелкой налево и обойдем все звенья по замкнутому контуру (рис. 12).

Согласно этой схеме размерной цепи устанавливаем, что A_1 ; A_2 ; A_3 – уменьшающие звенья, а A_4 – увеличивающее звено.

Выявим к какой категории размеров (валы или отверстия) относятся звенья размерной цепи по рис. 11. Звенья A_1 ; A_2 ; A_3 , имеющие охватываемые поверхности, относятся к категории валов, а звено A_4 имеет охватываемые поверхности и относится к категории отверстий. Эти сведения будут необходимы при назначении предельных отклонений размеров.

Ввиду того, что размеры звеньев по своей величине значительно отличаются между собой, применим способ решения одинаковой точности (одного квалитета). Определим среднее число единиц допуска в допуске размеров по формуле (17):

$$k_{\text{ср.}} = \frac{TA_{\Delta}}{\sum_{j=1}^{m-1} (0,45 \cdot \sqrt[3]{A_j} + 0,001 \cdot A_j)} = \frac{TA_{\Delta}}{\sum_{j=1}^{m-1} i_j}.$$

В знаменателе этой формулы под знаком суммы находятся значения единиц допуска i по ЕСДП (ГОСТ 25346-89), которые могут быть вычислены непосредственно по формуле или взяты из табл. 2.

Таблица 2. Значения $i = 0,45 \sqrt[3]{A_j} + 0,001 \cdot A_j$ в мкм для интервалов размеров

Интервал размеров, мм	Свыше	-	3	6	10	18	30	50	80	120	180	250	315	400
	До	3	6	10	18	30	50	80	120	180	250	315	400	500
Значение i , мкм		0,55	0,73	0,90	1,08	1,31	1,56	1,86	2,17	2,52	2,9	3,23	3,54	3,89

Воспользуемся табл. 11 и найдем i для $A_1 = 10$ мм $\rightarrow i = 09$ мкм; $A_2 = 80$ мм $\rightarrow i = 1,86$ мкм; $A_3 = 10$ мм $\rightarrow i = 09$ мкм; $A_4 = 100$ мм $\rightarrow i = 2,17$ мкм.

Среднее число единиц допуска в допуске размеров:

$$k_{\text{ср.}} = \frac{TA_{\Delta}}{\sum_{j=1}^{m-1} i_j} = \frac{500}{0,9 + 1,86 + 0,9 + 2,17} = 85,76.$$

Полученное значение $k_{\text{ср.}} = 85,76$ находится между десятым ($k_{10} = 64$) и одиннадцатым ($k_{11} = 100$) квалитетами (табл. 3).

Таблица 3

Квалитеты ЕСДП по ГОСТ 25346-89	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Число единиц допуска k в допуске размера	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400

В такой ситуации можно для части звеньев назначить допуски по ближайшему более точному квалитету, а для части по ближайшему более грубому квалитету. При этом следует придерживаться правила назначать поля допусков для размеров «в тело», т. е. для размеров типа «вал» назначать отклонения, как для основного вала соответствующего квалитета, а для размеров типа «отверстие» назначать отклонения, как для основного отверстия соответствующего квалитета. Если размер не относится к таким категориям (уступы, межосевые расстояния), то предельные отклонения задают симметричными.

Назначаем допуски и предельные отклонения:

$$A_{1(\text{вал})} = 10 \text{ мм по } IT10 \rightarrow 10_{-0,058} \text{ мм};$$

$$A_{2(\text{вал})} = 80 \text{ мм по } IT10 \rightarrow 80_{-0,120} \text{ мм};$$

$$A_{3(\text{вал})} = 10 \text{ мм по } IT10 \rightarrow 10_{-0,058} \text{ мм};$$

$$A_{4(\text{отверстие})} = 100 \text{ мм по } IT11 \rightarrow 100^{+0,220} \text{ мм}.$$

Выполняем проверку по формуле (3) при $|\xi_{A_j}|$ для линейных размерных цепей:

$$TA_{\Delta} = \sum_{j=1}^{m-1} TA_j = 58 + 120 + 58 + 220 = 456 \text{ мкм.}$$

Заданное значение допуска замыкающего звена $TA_{\Delta} = 500 \text{ мкм.}$

Условие равенства заданного и расчетного значения допусков не выполняется. Для одного из звеньев можно увеличить допуск на 44 мкм. Это целесообразно сделать для наиболее трудно изготавливаемого звена. Увеличим допуск для звена A_4 (отверстие).

Поскольку допуск для этого звена будет нестандартным, определим предельные отклонения для $A_4 = 100 \text{ мм}$, решая уравнения (7) и (8) относительно неизвестных отклонений составляющего звена A_4 .

$$\text{Имеем: } E_s A_{\Delta} = \sum_{j=1}^n E_s \overrightarrow{A_j} - \sum_{j=1}^p E_i \overleftarrow{A_j} \text{ или}$$

$$E_s A_{\Delta} = E_s \overrightarrow{A_4} - (E_i \overleftarrow{A_1} + E_i \overleftarrow{A_2} + E_i \overleftarrow{A_3}).$$

Окончательно получим верхнее предельное отклонение $E_s \overrightarrow{A_4}$:

$$E_s \overrightarrow{A_4} = E_s A_{\Delta} + (E_i \overleftarrow{A_1} + E_i \overleftarrow{A_2} + E_i \overleftarrow{A_3}) = +0,6 + (-0,058 - 0,12 - 0,058) = +0,364 \text{ мм.}$$

Для нижнего предельного отклонения A_4 имеем:

$$E_i A_{\Delta} = \sum_{j=1}^n E_i \overrightarrow{A_j} - \sum_{j=1}^p E_s \overleftarrow{A_j} \text{ или}$$

$$E_i A_{\Delta} = E_i \overrightarrow{A_4} - (E_s \overleftarrow{A_1} + E_s \overleftarrow{A_2} + E_s \overleftarrow{A_3});$$

$$E_i \overrightarrow{A_4} = E_i A_{\Delta} + (E_s \overleftarrow{A_1} + E_s \overleftarrow{A_2} + E_s \overleftarrow{A_3}) = +0,1 + 0 + 0 + 0 = +0,1 \text{ мм.}$$

$$\text{Размер звена } A_4: A_4 = 100_{+0,100}^{+0,364} \text{ мм.}$$

2 способ: вероятностный расчет

Применяя те же рассуждения, что и в варианте «а», определим число единиц допуска для нахождения нужного качества по формуле (18):

$$k_{\text{ср.}} = \frac{TA_{\Delta}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{m-1} (0,45 \cdot \sqrt[3]{A_j} + 0,001 \cdot A_j)^2 \cdot K_j^2}} = \frac{TA_{\Delta}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{m-1} i_j^2 \cdot K_j^2}} = \frac{500}{\sqrt{0,9^2 \cdot 1^2 + 1,86^2 \cdot 1^2 + 0,9^2 \cdot 1^2 + 2,17^2 \cdot 1^2}} = 159,8$$

Это значение $k_{\text{ср.}}$ находится между одиннадцатым ($k_{11} = 100$) и двенадцатым ($k_{12} = 160$), но очень близко к двенадцатому. Поэтому практически все звенья изготавливать по IT12.

Назначаем допуски и предельные отклонения:

$$A_{1(\text{вал})} = 10 \text{ мм по IT12} \rightarrow 10_{-0,150} \text{ мм;}$$

$$A_{2(\text{вал})} = 80 \text{ мм по IT12} \rightarrow 80_{-0,300} \text{ мм;}$$

$$A_{3(\text{вал})} = 10 \text{ мм по IT12} \rightarrow 10_{-0,150} \text{ мм;}$$

$$A_{4(\text{отверстие})} = 100 \text{ мм по IT12} \rightarrow 100_{+0,350} \text{ мм.}$$

Выполняем проверку назначенных допусков по формуле (12):

$$TA_{\Delta} = \sqrt{\sum K_j^2 \cdot TA_j^2} = \sqrt{1^2 \cdot 0,15^2 + 1^2 \cdot 0,3^2 + 1^2 \cdot 0,15^2 + 1^2 \cdot 0,35^2} = 0,507 \text{ мм} = 507 \text{ мкм.}$$

Это немного превышает заданное значение допуска замыкающего звена $TA_{\Delta} = 500 \text{ мкм.}$ Необходимо скорректировать допуск одного из звеньев в сторону

уменьшения и определить предельные отклонения этого звена. Выберем в качестве корректировочного одно из наиболее просто изготавливаемых звеньев, например A_1 . Примем для него допуск по IT11 $\rightarrow IT11_{10} = 0,09$ мм.

Для нахождения предельных отклонений звена A_1 воспользуемся формулой (4):

$$E_c A_\Delta = \sum_{j=1}^{m-1} \xi_j E_c A_j = \sum_{j=1}^n E_c \vec{A}_j - \sum_{j=1}^p E_c \overleftarrow{A}_j;$$

$$E_c A_1 = -0,35 + 0,175 + 0,15 + 0,075.$$

В результате получим:

$$E_s A_1 = E_c A_1 + \frac{TA_1}{2} = 0,05 + \frac{0,09}{2} = +0,095 \text{ мм};$$

$$E_i A_1 = E_c A_1 - \frac{TA_1}{2} = 0,05 - \frac{0,09}{2} = +0,005 \text{ мм}.$$

Размеры звена $A_4 = 10^{+0,095}_{+0,005}$ мм.

Сравнивая результаты решения одной и той же задачи разными методами можно увидеть, что вероятностный расчет позволяет значительно расширить допуски составляющих звеньев, не уменьшая точности замыкающего звена.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Задача № 1

На рабочем чертеже детали (рис. 1) среди прочих заданы продольные размеры: A_1 , A_2 , A_3 . Номинальные значения размеров и обозначение их полей допусков даны в табл. 1.

Составить размерную цепь и определить:

- номинальное значение замыкающего звена;
- верхнее и нижнее отклонения замыкающего звена;
- допуск и предельные размеры замыкающего звена.

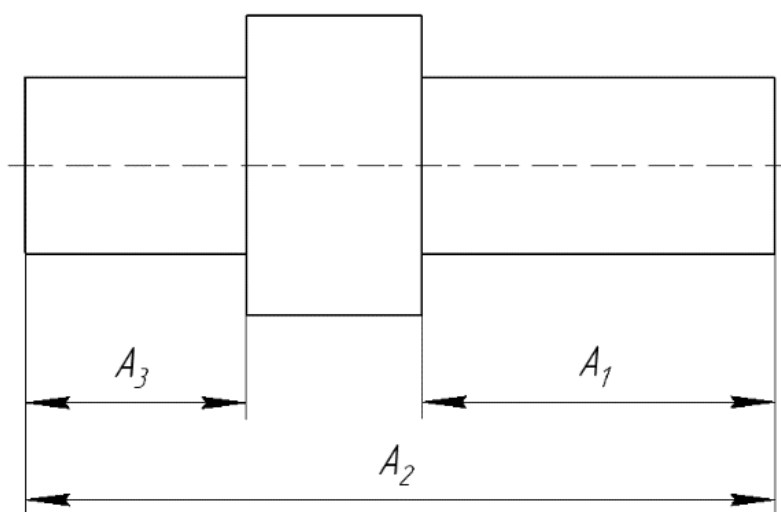


Рисунок 1

Расчет произвести двумя способами:

- а) на $\max \min$;
- б) вероятностным методом при риске 0,27 % распределении размеров по нормальному закону при $K_j = 1$; $\alpha_j = 0$.

Таблица 1

Предпоследняя цифра номера варианта		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номинальные размеры звеньев, мм	A_1	125	80	50	140	90	71	110	60	63	100
	A_2	320	200	110	360	220	180	280	140	160	250
	A_3	63	40	25	71	45	36	55	30	32	50
Обозначение полей допусков звеньев	A_1	js12		js14		js11		js12		js10	
	A_2	h12		h14		h11		h12		h10	
	A_3	js12		js14		js11		js12		js10	

Задача № 2

На рабочем чертеже детали (рис. 2) среди прочих заданы продольные размеры: A_1 , A_2 , A_3 . Номинальные значения размеров и обозначение их полей допусков даны в табл. 2.

Составить размерную цепь и определить:

- номинальное значение замыкающего звена;
- верхнее и нижнее отклонения замыкающего звена;
- допуск и предельные размеры замыкающего звена.

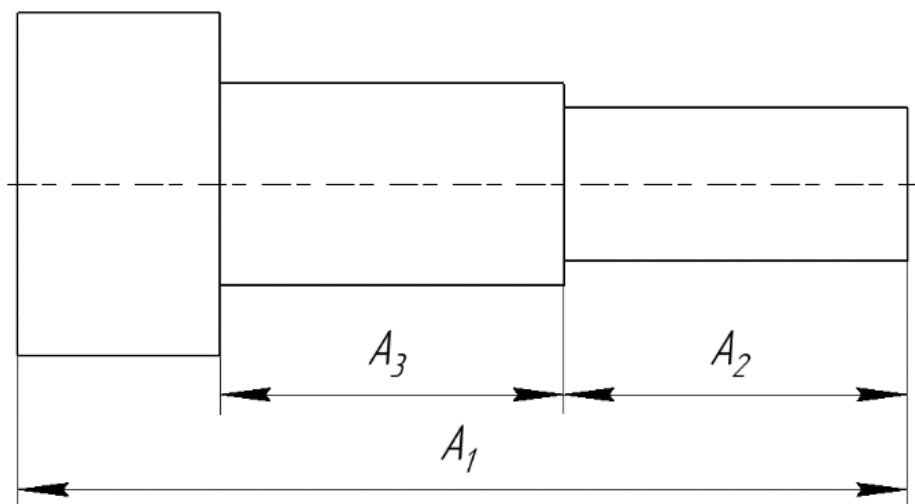


Рисунок 2

Расчет произвести двумя способами:

- на max-min;
- вероятностным методом при риске 0,27 %; распределении размеров по нормальному закону при $K_j = 1$; $a_j = 0$.

Таблица 2

Предпоследняя цифра номера варианта		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номинальные размеры звеньев, мм	A_1	180	220	280	360	140	110	160	200	250	320
	A_2	71	90	110	140	60	50	63	80	100	125
	A_3	63	80	100	125	50	40	56	71	90	110
Обозначение полей допусков звеньев	A_1	h12		h14		h11		h10		h12	
	A_2	js12		js14		js11		js10		js12	
	A_3	js12		js14		js11		js10		js12	

Задача № 3

Для заданного механизма (рис. 3) известны номинальные осевые размеры, входящих в него деталей и соответствующие им поля допусков, представленные в табл. 3.

Таблица 3

Предпоследняя цифра номера варианта		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номинальные размеры звеньев, мм	A ₁	180	220	280	360	140	110	160	200	250	320
	A ₂	71	90	110	140	60	50	63	80	100	125
	A ₃	63	80	100	125	50	40	56	71	90	110
Обозначение полей допусков звеньев	A ₁	h12		h14		h11		h10		h12	
	A ₂	js12		js14		js11		js10		js12	
	A ₃	js12		js14		js11		js10		js12	

Расчет произвести двумя способами:

а) на max-min;

б) вероятностным методом при риске 0,27 %; распределении размеров по нормальному закону при $K_j = 1$; $a_j = 0$.

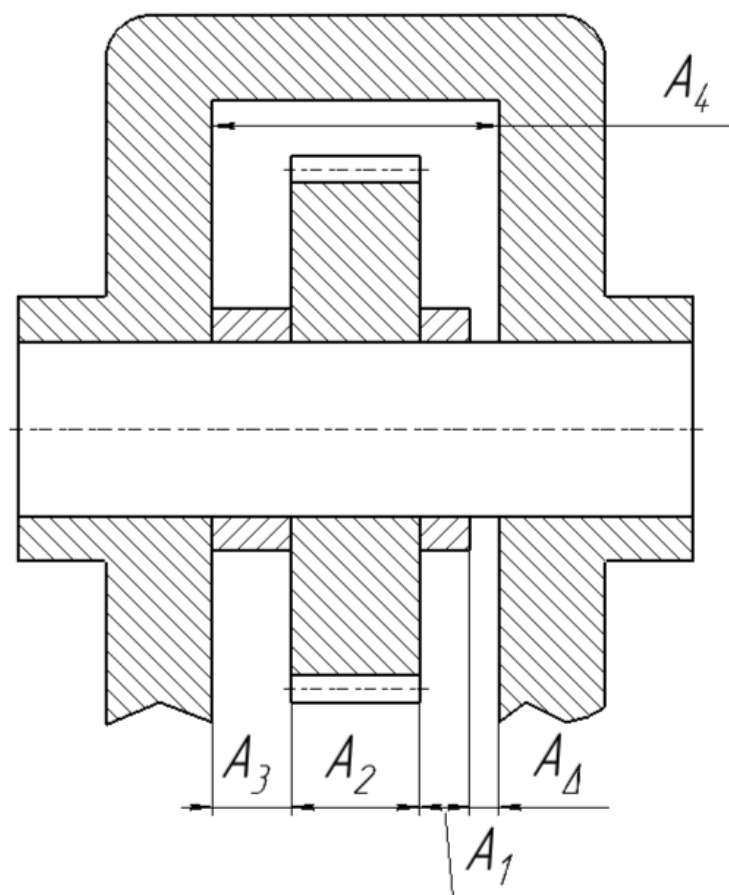


Рисунок 3

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анухин, В. И. Допуски и посадки / В. И. Анухин [и др.]. – Изд. 6-е, перераб. и доп. – СПб.: Питер, 2021. – 304 с.
2. Аверченков, В. И. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / В. И. Аверченков [и др.]. – Изд. 6-е, перераб. и доп. – М.: Инновационное машиностроение, 2018. – 756 с.
3. Звездаков, В. П. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения деталей машин в примерах и задачах / В. П. Звездаков [и др.]. – Барнаул: АлтГТУ, 2000. – 28 с.
4. Базров, Б. М. Основы технологии машиностроения: учебник / Б. М. Базров. – М.: Инфра-М, 2019. – 492 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1. Поля допусков валов

Интервал размеров, мм	Поля допусков валов 5-го качества								
	g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5	r5	s5
	Верхние (es) и нижние (ei) отклонения, мкм								
Св. 3 до 6	-4	0	+2,5	+6	+9	+13	+17	+20	+24
	-9	-5	-2,5	+1	+4	+8	+12	+15	+19
Св. 6 до 10	-5	0	+3	+7	+12	+16	+21	+25	+29
	-11	-6	-3	+1	+6	+10	+15	+19	+23
Св. 10 до 18	-6	0	+4	+9	+15	+20	+26	+31	+36
	-14	-8	-4	+1	+7	+12	+18	+23	+28
Св. 18 до 30	-7	0	+4,5	+11	+17	+24	+31	+37	+44
	-16	-9	-4,5	+2	+8	+15	+22	+28	+35
Св. 30 до 50	-9	0	+5,5	+13	+20	+28	+37	+45	+54
	-20	-11	-5,5	+2	+9	+17	+26	+34	+43
Св. 50 до 65	-10	0	+6,5	+15	+24	+33	+45	+54	+66
								+41	+53
Св. 65 до 80	-23	-13	-6,5	+2	+11	+20	+32	+56	+72
								+43	+59
Св. 80 до 100	-12	0	+7,5	+18	+28	+38	+52	+66	+86
								+51	+71
Св. 100 до 120	-27	-15	-7,5	+3	+13	+23	+37	+69	+94
								+54	+79
Св. 120 до 140	-14	0	+9	+21	+33	+45	+61	+81	+110
								+63	+92
Св. 140 до 160	-32	-18	-9	+3	+15	+27	+43	+83	+118
								+65	+100
Св. 160 до 180								+86	+126
								+68	+108
Св. 180 до 200								+97	+142
								+77	+122
Св. 200 до 225	-15	0	+10	+24	+37	+51	+70	+100	+150
								+80	+130
Св. 225 до 250	-3,5	-20	-10	+4	+17	+31	+50	+104	+160
								+84	+140
Св. 250 до 280	-17	0	+11,5	+27	+43	+57	+79	+117	+181
								+94	+158
Св. 280 до 315	-40	-23	-11,5	+4	+20	+34	+56	+121	+193
								+98	+170
Св. 315 до 355	-18	0	+12,5	+29	+46	+62	+87	+133	+215
								+108	+190
Св. 355 до 400	-43	-25	-12,5	+4	+21	+37	+62	+139	+233
								+114	+208
Св. 400 до 450	-20	0	+13,5	+32	+50	+67	+95	+153	+258
								+126	+232
Св. 450 до 500	-47	-27	-13,5	+5	+23	+40	+68	+159	+279
								+132	+252

Интервал размеров, мм	Поля допусков валов 6-го качества										
	f6	g6	h6	is6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6
	Верхние (es) и нижние (ei) отклонения, мкм										
Св. 3 до 6	-10 -18	-4 -12	0 -8	+4 -4	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	-
Св. 6 до 10	-13 -22	-5 -14	0 -9	+4,5 -4,5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	-
Св. 10 до 18	-16 -27	-6 -17	0 -11	+5,5 -5,5	+12 +1	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	-
Св. 18 до 24	-20	-7	0	+6,5	+15	+21	+28	+35	+41	+48	-
Св. 24 до 30	-33	-20	-13	-6,5	+2	+8	+15	+22	+28	+35	+54 +41
Св. 30 до 40	-25	-9	0	+8	+18	+25	+33	+42	+50	+59	+64 +48
Св. 40 до 50	-41	-25	-16	-8	+2	+9	+17	+26	+34	+43	+70 +54
Св. 50 до 65	-30	-10	0	+9,5	+21	+30	+39	+51	+60 +41	+72 +53	+85 +66
Св. 65 до 80	-49	-29	-19	-9,5	+2	+11	+20	+32	+62 +43	+78 +59	+94 +75
Св. 80 до 100	-36	-12	0	+11	+25	+35	+45	+59	+73 +51	+93 +71	+113 +91
Св. 100 до 120	-58	-34	-22	-11	+3	+13	+23	+37	+76 +54	+101 +79	+126 +104
Св. 120 до 140									+88 +63	+117 +92	+147 +122
Св. 140 до 160	-43 -68	-14 -39	0 -25	+12,5 -12,5	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+90 +65	+125 +100	+159 +134
Св. 160 до 180									+93 +68	+133 +108	+171 +146
Св. 180 до 200									+106 +77	+151 +122	+195 +166
Св. 200 до 225	-50 -79	-15 -44	0 -29	+14,5 -14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+109 +80	+159 +130	+209 +1080
Св. 225 до 250									+113 +84	+169 +140	+225 +196
Св. 250 до 280	-56	-17	0	+16	+36	+52	+66	+88	+126 +94	+190 +158	+250 +218
Св. 280 до 315	-88	-49	-32	-16	+4	+20	+34	+56	+130 +98	+202 +170	+272 +240
Св. 315 до 355	-62	-18	0	+18	+40	+57	+73	+98	+144 +108	+226 +190	+304 +268
Св. 355 до 400	-98	-54	-36	-18	+4	+21	+37	+62	+150 +114	+244 +208	+330 +294
Св. 400 до 450	-68 -108	-20 -60	0 -40	+20 -20	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+166 +126	+272 +232	+370 +330
Св. 450 до 500	-68 -108	-20 -60	0 -40	+20 -20	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+172 +132	+292 +252	+400 +360

Интервал размеров, мм	Поля допусков валов 7-го качества								
	e7	f7	h7	js7	k7	m7	n7	s7	u7
	Верхние (es) и нижние (ei) отклонения, мкм								
Св. 3 до 6	-20	-10	0	+6	+13	+16	+20	+31	+35
	-32	-22	-12	-6	+1	+4	+8	+19	+23
Св. 6 до 10	-25	-13	0	+7	+16	+21	+25	+38	+43
	-40	-28	-15	-7	+1	+6	+10	+23	+28
Св. 10 до 18	-32	-16	0	+9	+19	+25	+30	+46	+51
	-50	-34	-18	-9	+1	+7	+12	+28	+33
Св. 18 до 24	-40	-20	0	+10	+23	+29	+36	+56	+62
Св. 24 до 30									+41
Св. 30 до 40	-61	-41	-21	-10	+2	+8	+15	+35	+69
									+48
Св. 40 до 50	-50	-25	0	+12	+27	+34	+42	+68	+85
	-75	-50	-25	-12	+2	+9	+17	+43	+60
Св. 50 до 65	-60	-30	0	+15	+32	+41	+50	+83	+117
Св. 65 до 80								+53	+87
Св. 80 до 100	-90	-60	-30	-15	+2	+11	+20	+89	+132
								+59	+102
Св. 100 до 120	-72	-36	0	+17	+38	+48	+58	+106	+159
	-107	-71	-35	-17	+3	+13	+23	+71	+124
Св. 120 до 140								+114	+179
								+79	+144
Св. 140 до 160								+132	+210
								+92	+170
Св. 160 до 180	-85	-43	0	+20	+43	+55	+67	+140	+230
	-125	-83	-40	-20	+3	+15	+27	+100	+190
Св. 180 до 200								+148	+250
								+108	+210
Св. 200 до 225								+168	+282
								+122	+236
Св. 225 до 250	-100	-50	0	+23	+50	+63	+77	+176	+304
	-146	-96	-46	-23	+4	+17	+31	+130	+258
Св. 250 до 280								+186	+330
								+140	+284
Св. 280 до 315								+210	+367
	-110	-56	0	+26	+56	+72	+86	+158	+315
Св. 315 до 355	-162	-108	-52	-26	+4	+20	+34	+222	+402
								+170	+350
Св. 355 до 400								+247	+447
	-125	-62	0	+28	+61	+78	+94	+190	+390
Св. 400 до 450	-182	-119	-57	-28	+4	+21	+37	+265	+492
								+208	+435
Св. 450 до 500								+295	+553
	-135	-68	0	+31	+68	+86	+103	+232	+490
Св. 500 до 550	-198	-131	-63	-31	+5	+23	+40	+315	+603
								+252	+540

Интервал размеров, мм	Поля допусков валов 8-го качества							
	c8	d8	e8	f8	h8	u8	x8	z8
	Верхние (es) и нижние (ei) отклонения, мкм							
Св. 3 до 6	-70	-30	-20	-10	0	+41	+46	+53
	-88	-48	-38	-28	-18	+23	+28	+35
Св. 6 до 10	-80	-40	-25	-13	0	+50	+56	+64
	-102	-62	-47	-35	-22	+28	+34	+42
Св. 10 до 14	-95	-50	-32	-16	0	+60	+67	+77
Св. 14 до 18	-122	-77	-59	-43	-27	+33	+40	+50
							+72	+87
Св. 18 до 24	-110	-65	-40	-20	0	+74	+87	+106
Св. 24 до 30	-143	-98	-73	-53	-33	+41	+54	+73
						+81	+97	+121
Св. 30 до 40	-120					+48	+64	+88
Св. 40 до 50	-159	-80	-50	-25	0	+99	+119	+151
	-130	-119	-89	-64	-39	+60	+80	+112
Св. 50 до 65	-169					+109	+136	+175
	-140					+70	+97	+136
Св. 65 до 80	-186	-100	-60	-30	0	+133	+168	+218
	-150	-146	-106	-76	-46	+87	+122	+172
Св. 80 до 100	-196					+148	+192	+256
	-170					+102	+146	+210
Св. 100 до 120	-224	-120	-72	-36	0	+178	+232	+312
	-180	-174	-126	-90	-54	+124	+178	+258
Св. 120 до 140	-234					+198	+264	+364
	-200					+144	+210	+310
Св. 140 до 160	-263					+233	+311	+428
	-210	-145	-85	-43	0	+170	+248	+365
Св. 160 до 180	-273	-208	-148	-106	-63	+253	+343	+478
	-230					+190	+280	+415
Св. 180 до 200	-293					+273	+373	+528
	-240					+210	+310	+465
Св. 200 до 225	-312					+308	+422	+592
	-260	-170	-100	-50	0	+236	+350	+520
Св. 225 до 250	-332	-242	-172	-122	-72	+330	+457	+647
	-280					+258	+385	+575
Св. 250 до 280	-352					+356	+497	+712
	-300	-190	-110	-56	0	+284	+425	+640
Св. 280 до 315	-381	-271	-191	-137	-81	+396	+556	+791
	-330					+315	+475	+710
Св. 315 до 355	-411					+431	+606	+871
	-360	-210	-125	-62	0	+350	+525	+790
Св. 355 до 400	-449	-299	-214	-151	-89	+479	+679	+989
	-400					+390	+590	+900
Св. 400 до 450	-489					+524	+749	+1089
	-440	-230	-135	-68	0	+435	+660	+1000
Св. 450 до 500	-537	-327	-232	-165	-97	+587	+837	+1197
	-480					+490	+740	+1100
Св. 500	-577					+637	+917	+1347
						+540	+820	+1250

Интервал размеров, мм	Поля допусков валов 9-11-го квалитетов										
	d9	e9	f9	h9	d10	h10	a11	b11	c11	d11	h11
	Верхние (es) и нижние (ei) отклонения, мкм										
Св. 3 до 6	-30	-20	-10	0	-30	0	-270	-140	-70	-30	0
	-60	-50	-40	-30	-78	-48	-345	-215	-145	-105	-75
Св. 6 до 10	-40	-25	-13	0	-40	0	-280	-150	-80	-40	0
	-76	-61	-49	-36	-98	-58	-370	-240	-170	-130	-90
Св. 10 до 18	-50	-32	-16	0	-50	0	-290	-150	-95	-50	0
	-93	-75	-59	-43	-120	-70	-400	-260	-205	-160	-110
Св. 18 до 30	-65	-40	-20	0	-65	0	-300	-160	-110	-65	0
	-117	-92	-72	-52	-149	-84	-430	-290	-240	-195	-130
Св. 30 до 40	-80	-50	-25	0	-80	0	-310	-170	-120	-80	0
Св. 40 до 50	-142	-112	-87	-62	-180	-100	-470	-330	-280	-240	-160
							-320	-180	-130		
Св. 50 до 65	-100	-60	-30	0	-100	0	-530	-380	-330	-100	0
Св. 65 до 80	-174	-134	-104	-74	-220	-120	-360	-200	-150	-290	-190
							-550	-390	-340		
Св. 80 до 100	-120	-72	-36	0	-120	0	-380	-220	-170	-120	0
Св. 100 до 120	-207	-159	-123	-87	-260	-140	-600	-440	-390	-340	-220
							-410	-240	-180		
Св. 120 до 140						0	-460	-260	-200		
Св. 140 до 160	-145	-85	-43	0	-145	-160	-710	-510	-450	-145	0
	-245	-185	-143	-100	-305		-520	-280	-210	-395	-250
Св. 160 до 180							-770	-530	-460		
							-580	-310	-230		
							-830	-560	-480		
Св. 180 до 200						0	-660	-340	-240		
Св. 200 до 225	-170	-100	-50	0	-170	-185	-950	-630	-530	-170	0
	-285	-215	-165	-115	-355		-740	-380	-260	-460	-290
Св. 225 до 250							-1030	-670	-550		
							-820	-420	-280		
							-1110	-710	-570		
Св. 250 до 280	-190	-110	-56	0	-190	0	-920	-480	-300	-190	0
Св. 280 до 315	-320	-240	-186	-130	-400	-210	-1240	-800	-620	-510	-320
							-1050	-540	-330		
Св. 315 до 355	-210	-125	-62	0	-210	0	-1370	-860	-650		
Св. 355 до 400	-350	-265	-202	-140	-440	-230	-1200	-600	-360	-210	0
							-1560	-960	-720	-570	-360
Св. 400 до 450	-230	-135	-68	0	-230	0	-1350	-680	-400		
Св. 450 до 500	-385	-290	-223	-155	-480	-250	-1710	-1040	-760	-230	0
							-1500	-760	-440	-630	-400
							-1900	-1160	-840		
							-1650	-840	-480		
							-2050	-1240	-880		

Интервал размеров, мм	Поля допусков валов 10-17-го квалитетов							
	b12	h12	js12*	h13*	h14*	h15*	h16*	h17*
	Верхние (es) и нижние (ei) отклонения, мкм							
От 1 до 3	-140	0	+50	0	0	0	0	0
	-240	-100	-50	-140	-250	-400	-600	-1000
Св. 3 до 6	-140	0	+60	0	0	0	0	0
	-260	-120	-60	-180	-300	-480	-750	-1200
Св. 6 до 10	-150	0	+75	0	0	0	0	0
	-300	-150	-75	-220	-360	-580	-900	-1500
Св. 10 до 18	-150	0	+90	0	0	0	0	0
	-330	-180	-90	-270	-430	-700	-1100	-1800
Св. 18 до 30	-160	0	+105	0	0	0	0	0
	-370	-210	-105	-330	-520	-840	-1300	-2100
Св. 30 до 40	-170	0	+125	0	0	0	0	0
	-420							
Св. 40 до 50	-180	-250	-125	-390	-620	-1000	-1600	-2500
	-430							
Св. 50 до 65	-190	0	+150	0	0	0	0	0
	-490							
Св. 65 до 80	-200	-300	-150	-460	-740	-1200	-1900	-3000
	-500							
Св. 80 до 100	-200	0	+175	0	0	0	0	0
	-570							
Св. 100 до 120	-240	-350	-175	-540	-870	-1400	-2200	-3500
	-590							
Св. 120 до 140	-260	0	+200	0	0	0	0	0
	-660							
Св. 140 до 160	-280	-400	-200	-630	-1000	-1600	-2500	-4000
	-680							
Св. 160 до 180	-310							
	-710							
Св. 180 до 200	-340	0	+230	0	0	0	0	0
	-800							
Св. 200 до 225	-380	-460	-230	-720	-1150	-1850	-2900	-4600
	-840							
Св. 225 до 250	-420							
	-880							
Св. 250 до 280	-480	0	+260	0	0	0	0	0
	-1000							
Св. 280 до 315	-540	-520	-260	-810	-1300	-2100	-3200	-5200
	-1060							
Св. 315 до 355	-600	0	+285	0	0	0	0	0
	-1170							
Св. 355 до 400	-680	-570	-285	-890	-1400	-2300	-3600	-5700
	-1250							
Св. 400 до 450	-760	0	+315	0	0	0	0	0
	-1390							
Св. 450 до 500	-840	-630	-315	-970	-1550	-2500	-4000	-6300
	-1470							

Таблица 2. Поля допусков отверстий

Интервал размеров, мм	Поля допусков отверстий 5-6-го квалитетов							
	G5	H5	JS5	K5	M5	N5	G6	H6
	Верхние (ES) и нижние (EI) отклонения							
Св. 3 до 6	+9	+5	+2,5	0	-3	-7	+12	+8
	+4	0	-2,5	-5	-8	-12	+4	0
Св. 6 до 10	+11	+6	+3	+1	-4	-8	+14	+9
	+5	0	-3	-5	-10	-14	+5	0
Св. 10 до 18	+14	+8	+4	+2	-4	-9	+17	+11
	+6	0	-4	-6	-12	-17	+6	0
Св. 18 до 30	+16	+9	+4,5	+1	-5	-12	+20	+13
	+7	0	-4,5	-8	-14	-21	+7	0
Св. 30 до 50	+20	+11	+5,5	+2	-5	-13	+25	+16
	+9	0	-5,5	-9	-16	-24	+9	0
Св. 50 до 80	+23	+13	+6,5	+3	-6	-15	+29	+19
	+10	0	-6,5	-10	-19	-28	+10	0
Св. 80 до 120	+27	+15	+7,5	+2	-8	-18	+34	+22
	+12	0	-7,5	-13	-23	-33	+12	0
Св. 120 до 180	+32	+18	+9	+3	-9	-21	+39	+25
	+14	0	-9	-15	-27	-39	+14	0
Св. 180 до 250	+35	+20	+10	+2	-11	-25	+44	+29
	+15	0	-10	-18	-31	-45	+15	0
Св. 250 до 315	+40	+23	+11,5	+3	-13	-27	+49	+32
	+17	0	-11,5	-20	-36	-50	+17	0
Св. 315 до 400	+43	+25	+12,5	+3	-14	-30	+54	+36
	+18	0	-12,5	-22	-39	-55	+18	0
Св. 400 до 500	+47	+27	+13,5	+2	-16	-33	+60	+40
	+20	0	-13,5	-25	-43	-60	+20	0

Интервал размеров, мм	Поля допусков отверстий 6-7-го квалитетов							
	JS6	K6	M6	N6	P6	F7	G7	H7
	Верхние (ES) и нижние (EI) отклонения							
Св. 3 до 6	+4	+2	-1	-5	-9	+22	+16	+12
	-4	-6	-9	-13	-17	+10	+4	0
Св. 6 до 10	+4.5	+2	-3	-7	-12	+28	+20	+15
	-4.5	-7	-12	-16	-21	+13	+5	0
Св. 10 до 18	+5.5	+2	-4	-9	-15	+34	+24	+18
	-5.5	-9	-15	-20	-26	+16	+6	0
Св. 18 до 30	+6.5	+2	-4	-11	-18	+41	+28	+21
	-6.5	-11	-17	-24	-31	+20	+7	0
Св. 30 до 50	+8	+3	-4	-12	-21	+50	+34	+25
	-8	-13	-20	-28	-37	+25	+9	0
Св. 50 до 80	+9.5	+4	-5	-14	-26	+60	+40	+30
	-9.5	-15	-24	-33	-45	+30	+10	0
Св. 80 до 120	+11	+4	-6	-16	-30	+71	+47	+35
	-11	-18	-28	-38	-52	+36	+12	0
Св. 120 до 180	+12.5	+4	-8	-20	-36	+83	+54	+40
	-12.5	-21	-33	-45	-61	+43	+14	0
Св. 180 до 250	+14.5	+5	-8	-22	-41	+96	+61	+46
	-14.5	-24	-37	-51	-70	+50	+15	0
Св. 250 до 315	+16	+5	-9	-25	-47	+108	+69	+52
	-16	-27	-41	-57	-79	+56	+17	0
Св. 315 до 400	+18	+7	-10	-26	-51	+119	+75	+57
	-18	-29	-46	-62	-87	+62	+18	0
Св. 400 до 500	+20	+8	-10	-27	-55	+131	+83	+63
	-20	-32	-50	-67	-95	+68	+20	0

Интервал размеров, мм	Поля допусков отверстий 7-го квалитетов							
	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7
	Верхние (ES) и нижние (EI) отклонения							
Св. 3 до 6	+6 -6	+3 -9	0 -12	-4 -16	-8 -20	-11 -23	-15 -27	-
Св. 6 до 10	+7 -7	+5 -10	0 -15	-4 -19	-9 -24	-13 -28	-17 -32	-
Св. 10 до 18	+9 -9	+6 -12	0 -18	-5 -23	-11 -29	-16 -34	-21 -39	-
Св. 18 до 24	+10 -10	+6 -15	0 -21	-7 -28	-14 -35	-20 -41	-27 -48	-
Св. 24 до 30								-33 -54
Св. 30 до 40	+12 -12	+7 -18	0 -25	-8 -33	-17 -42	-25 -50	-34 -59	-39 -64
Св. 40 до 50								-45 -70
Св. 50 до 65	+15 -15	+9 -21	0 -30	-9 39	-21 -51	-30 -60	-42 -72	-55 -85
Св. 65 до 80						-32 -62	-48 -78	-64 -94
Св. 80 до 100	+17 -17	+10 -25	0 -35	-10 -45	-24 -59	-38 -73	-58 -93	-78 -113
Св. 100 до 120						-41 -76	-66 -101	-91 -126
Св. 120 до 140	+20 -20	+12 -28	0 -40	-12 -52	-28 -68	-48 -88	-77 -117	-107 -147
Св. 140 до 160						-50 -90	-85 -125	-119 -159
Св. 160 до 180						-53 -93	-93 -133	-131 -171
Св. 180 до 200						-60 -106	-105 -151	-149 -195
Св. 200 до 225	+23 -23	+13 -33	0 -46	-14 -60	-33 -79	-63 -109	-113 -159	-163 -209
Св. 225 до 250						-67 -113	-123 -169	-179 -225
Св. 250 до 280	+26 -26	+16 -36	0 -52	-14 -66	-36 -88	-74 -126	-138 -190	-198 -250
Св. 280 до 315						-78 -130	-150 -202	-220 -272
Св. 315 до 355	+28 -28	+17 -40	0 -57	-16 -73	-41 -98	-87 -144	-169 -226	-247 -304
Св. 355 до 400						-93 -150	-187 244	-273 -330
Св. 400 до 450	+31 -31	+18 -45	0 -63	-17 -80	-45 -108	-103 -166	-209 -272	-307 -370
Св. 450 до 500						-109 -172	-229 -292	-337 -400

Интервал размеров, мм	Поля допусков отверстий 8-го качества								
	D8	E8	F8	H8	JS8	K8	M8	N8	U8
	Верхние (ES) и нижние (EI) отклонения, мкм								
Св. 3 до 6	+48	+38	+28	+18	+9	+5	+2	-2	-23
	+30	+20	+10	0	-9	-13	-16	-20	-41
Св. 6 до 10	+62	+47	+35	+22	+11	+6	+1	-3	-28
	+40	+25	+13	0	-11	-16	-21	-25	-50
Св. 10 до 18	+77	+59	+43	+27	+13	+8	+2	-3	-33
	+50	+32	+16	0	-13	-19	-25	-30	-60
Св. 18 до 24	+98	+73	+53	+33	+16	+10	+4	-3	-41
Св. 24 до 30	+65	+40	+20	0	-16	-23	-29	-36	-74
									-48
Св. 30 до 40	+119	+89	+64	+39	+19	+12	+5	-3	-60
Св. 40 до 50	+80	+50	+25	0	-19	-27	-34	-42	-99
									-70
Св. 50 до 65	+146	+106	+76	+46	+23	+14	+5	-4	-109
Св. 65 до 80	+100	+60	+30	0	-23	-32	-41	-50	-87
									-133
Св. 80 до 100	+174	+126	+90	+54	+27	+16	+6	-4	-102
Св. 100 до 120	+120	+72	+36	0	-27	-38	-48	-58	-148
									-124
Св. 120 до 140	+208	+148	+106	+63	+31	+20	+8	-4	-178
Св. 140 до 160	+145	+85	+43	0	-31	-43	-55	-67	-144
									-190
Св. 160 до 180									-253
Св. 180 до 200									-210
Св. 200 до 225	+242	+172	+122	+72	+36	+22	+9	-5	-273
	+170	+100	+50	0	-36	-50	-63	-77	-236
Св. 225 до 250									-308
Св. 250 до 280	+271	+191	+137	+81	+40	+25	+9	-5	-258
Св. 280 до 315	+190	+110	+56	0	-40	-56	-72	-86	-330
									-284
Св. 315 до 355	+299	+214	+151	+89	+44	+28	+11	-5	-315
Св. 355 до 400	+210	+125	+62	0	-44	-61	-78	-94	-396
									-350
Св. 400 до 450	+327	+232	+165	+97	+48	+29	+11	-6	-431
Св. 450 до 500	+230	+135	+68	0	-48	-68	-86	-103	-390
									-479
									-435
									-524
									-490
									-587
									-540
									-637

Интервал размеров, мм	Поля допусков отверстий 9-11-го качества										
	D9	E9	F9	H9	D10	H10	A11	B11	C11	D11	H11
	Верхние (ES) и нижние (EI) отклонения, мкм										
Св. 3 до 6	+60 +30	+50 +20	+40 +10	+30 0	+78 +30	+48 0	+345 +270	+215 +140	+145 +70	+105 +30	+75 0
Св. 6 до 10	+76 +40	+61 +25	+49 +13	+36 0	+98 +40	+58 0	+370 +280	+240 +150	+170 +80	+130 +40	+90 0
Св. 10 до 18	+93 +50	+75 +32	+59 +16	+43 0	+120 +50	+70 0	+400 +290	+260 +150	+205 +95	+160 +50	+110 0
Св. 18 до 30	+117 +65	+92 +40	+72 +20	+52 0	+149 +65	+84 0	+430 +300	+290 +160	+240 +110	+195 +65	+130 0
Св. 30 до 40	+142 +80	+112 +50	+87 +25	+62 0	+180 +80	+100 0	+470 +310	+330 +170	+280 +120	+240 +80	+160 0
Св. 40 до 50							+480 +320	+340 +180	+290 +130		
Св. 50 до 65	+174 +100	+134 +60	+104 +30	+74 0	+220 +100	+120 0	+530 +340	+380 +190	+330 +140	+290 +100	+190 0
Св. 65 до 80							+550 +360	+390 +200	+340 +150		
Св. 80 до 100	+207 +120	+159 +72	+123 +36	+87 0	+260 +120	+140 0	+600 +380	+440 +220	+390 +170	+340 +120	+220 0
Св. 100 до 120							+630 +410	+460 +240	+400 +180		
Св. 120 до 140	+245 +145	+185 +85	+143 +43	+100 0	+305 +145	+160 0	+710 +460	+510 +260	+450 +200	+395 +145	+250 0
Св. 140 до 160							+770 +520	+530 +280	+460 +210		
Св. 160 до 180							+830 +580	+560 +310	+480 +230		
Св. 180 до 200	+285 +170	+215 +100	+165 +50	+115 0	+355 +170	+185 0	+950 +660	+630 +340	+530 +240	+460 +170	+290 0
Св. 200 до 225							+1030 +740	+670 +380	+550 +260		
Св. 225 до 250							+1110 +820	+710 +420	+570 +280		
Св. 250 до 280	+320 +190	+240 +110	+186 +56	+130 0	+400 +190	+210 0	+1240 +920	+800 +480	+620 +300	+510 +190	+320 0
Св. 280 до 315							+1370 +1050	+860 +540	+650 +330		
Св. 315 до 355	+350 +210	+265 +125	+202 +62	+140 0	+440 +210	+230 0	+1560 +1200	+960 +600	+720 +360	+570 +210	+360 0
Св. 355 до 400							+1710 +1350	+1040 +680	+760 +400		
Св. 400 до 450	+385 +230	+290 +135	+223 +68	+155 0	+480 +230	+250 0	+1900 +1500	+1160 +760	+840 +440	+630 +230	+400 0
Св. 450 до 500							+2050 +1650	+1240 +840	+880 +480		

Интервал размеров, мм	Поля допусков отверстий 12-17-го квалитета							
	B12	H12	JS12*	H13*	H14*	H15*	H16*	H17*
	Верхние (ES) и нижние (EI) отклонения, мкм							
Св. 3 до 6	+260 +140	+120 0	+60 -60	+180 0	+300 0	+480 0	+750 0	+1200 0
Св. 6 до 10	+300 +150	+150 0	+75 -75	+220 0	+360 0	+580 0	+900 0	+1500 0
Св. 10 до 18	+330 +150	+180 0	+90 -90	+270 0	+430 0	+700 0	+110 0	+1800 0
Св. 18 до 30	+370 +160	+210 0	+105 -105	+330 0	+520 0	+840 0	+1300 0	+2100 0
Св. 30 до 40	+420 +170	+250 0	+125 -125	+390 0	+620 0	+1000 0	+1600 0	+2500 0
Св. 40 до 50	+430 +180							
Св. 50 до 65	+490 +190	+300 0	+150 -150	+460 0	+740 0	+1200 0	+1900 0	+3000 0
Св. 65 до 80	+500 +200							
Св. 80 до 100	+570 +220	+350 0	+175 -175	+540 0	+870 0	+1400 0	+2200 0	+3500 0
Св. 100 до 120	+590 +240							
Св. 120 до 140	+660 +260	+400 0	+200 -200	+630 0	+1000 0	+1600 0	+2500 0	+4000 0
Св. 140 до 160	+680 +280							
Св. 160 до 180	+710 +310							
Св. 180 до 200	+800 +340	+460 0	+230 -230	+720 0	+1150 0	+1850 0	+2900 0	+4600 0
Св. 200 до 225	+840 +380							
Св. 225 до 250	+880 +420							
Св. 250 до 280	+1000 +480	+520 0	+260 -260	+810 0	+1300 0	+2100 0	+3200 0	+5200 0
Св. 280 до 315	+1060 +540							
Св. 315 до 355	+1170 +600	+570 0	+285 -285	+890 0	+1400 0	+2300 0	+3600 0	+5700 0
Св. 355 до 400	+1250 +680							
Св. 400 до 450	+1390 +760	+630 0	+315 -315	+970 0	+1550 0	+2500 0	+4000 0	+6300 0
Св. 450 до 500	+1470 +840							

Примечания:

1. Предпочтительные поля допусков подчеркнуты.
2. Поля допусков, отмеченные знаком *, не предназначены для посадок.