

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

М. И. Чеботарёв, М. Р. Кадыров

НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ
ДЕТАЛЕЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ И СБОРКЕ

Практикум

Краснодар
КубГАУ
2016

УДК 621.71(075.8)

ББК 34.41

Ч-34

Р е ц е н з е н т :

В. Ю. Фролов – доктор технических наук, профессор
(Кубанский государственный аграрный университет)

Чеботарёв М. И.

Ч-34 Нормирование точности деталей при изготовлении и сборке : практикум / М. И. Чеботарёв, М. Р. Кадыров. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 107 с.

В практикуме изложены понятия основных норм взаимозаменяемости гладких соединений, изложена методика решения проверочной задачи теории размерных цепей, даны варианты заданий по выполнению расчетно-графических работ.

Предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия», профиль «Технические системы в агробизнесе» (бакалавриат) и 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» (специалитет).

УДК 621.71(075.8)

ББК 34.41

© М. Р. Кадыров,
М. И. Чеботарёв, 2016
© ФГБОУ ВПО «Кубанский
государственный аграрный
университет», 2016

ВВЕДЕНИЕ

Эксплуатационные показатели механизмов и машин (долговечность, надежность, точность и т. д.) в значительной мере зависят от правильности выбора посадок, допусков формы и расположения, шероховатости поверхности. В собранном изделии детали связаны друг с другом, и отклонения размеров, формы и расположения осей или поверхностей одной какой-либо из деталей вызывают отклонения у других деталей. Эти отклонения, суммируясь, влияют на эксплуатационные показатели машин и механизмов.

Пособие содержит общие указания по выбору посадок, допусков формы и расположения, выбору шероховатости поверхностей элементов типовых деталей машин, построению и расчету конструкторских размерных цепей при ремонте машин.

В работе для освещения этих вопросов объединены разрозненные данные, изложенные в специальной литературе, и выделены наиболее важные положения.

Расчетно-графические работы, развернутые задания и исходные данные которых приведены в пособии, целесообразно выполнить до курсового проектирования по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация».

В пособии приведен ряд справочных таблиц, необходимых при выполнении расчетно-графических работ.

1 СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК ГЛАДКИХ СОЕДИНЕНИЙ

1.1 Основные термины, понятия и обозначения

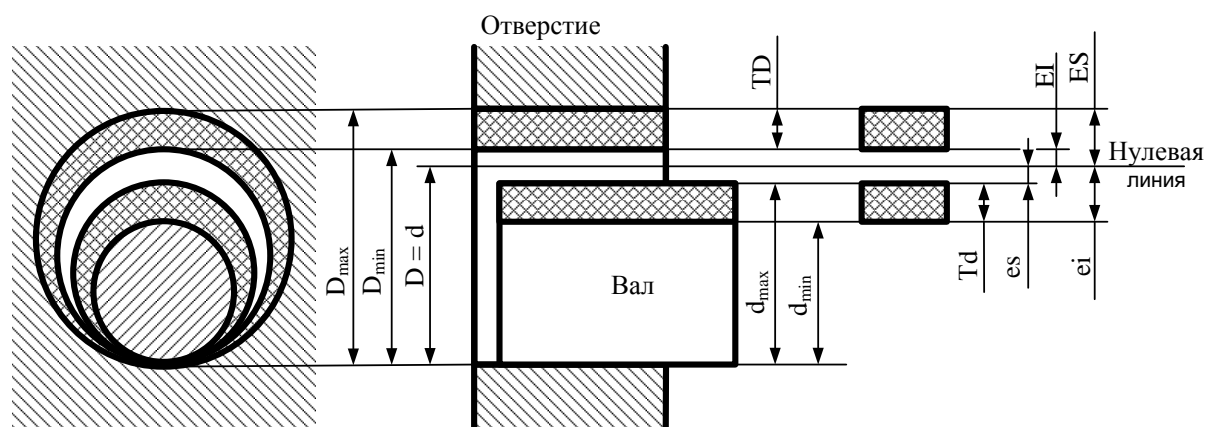
Размер – числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т.п.) в выбранных единицах измерения.

Действительный размер – размер элемента, установленный измерением с допустимой погрешностью.

Нулевая линия – линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладываются отклонения размеров при графическом изображении полей допусков и посадок.

Вал – термин, условно применяемый для обозначения наружных элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы (рисунок 1.1).

Отверстие – термин, условно применяемый для обозначения внутренних элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы (рисунок 1.1).



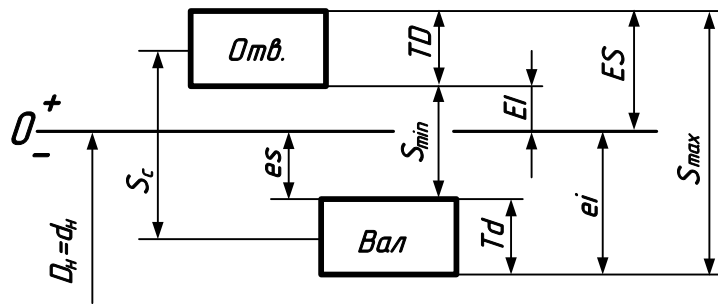
- D – номинальный размер отверстия; D_{max} – максимальный размер отверстия;
 D_{min} – минимальный размер отверстия; d – номинальный размер вала;
 d_{max} – максимальный размер вала; d_{min} – минимальный размер вала;
 EI – нижнее отклонение отверстия; ES – верхнее отклонение отверстия;
 ei – нижнее отклонение вала; es – верхнее отклонение вала;
 Td – допуск размера вала; TD – допуск размера отверстия

Рисунок 1.1 – Параметры вала и отверстия

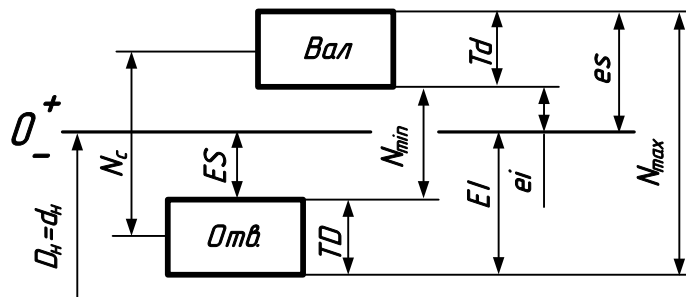
Посадка – характер соединения двух деталей, определяемый разностью их размеров до сборки.

Допуск посадки – сумма допусков отверстия и вала, составляющих соединение.

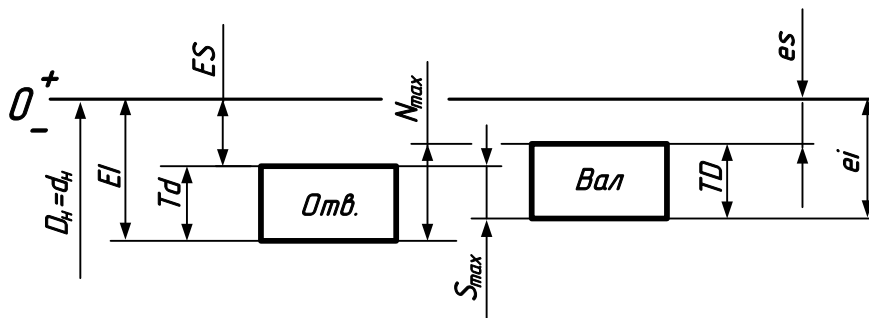
Зазор (S) – разность между размерами отверстия и вала до сборки, если отверстие больше размера вала. *Посадка с зазором* – посадка, при которой всегда образуется зазор в соединении, т.е. наименьший предельный размер отверстия всегда больше наибольшего предельного размера вала или равен ему. При графическом изображении поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала (рисунок 1.2 а).



а) посадка с зазором



б) посадка с натягом



в) переходная посадка

S_{\min} – наименьший зазор; S_{\max} – наибольший зазор; S_c – средний зазор;
 N_{\min} – наименьший натяг; N_{\max} – наибольший натяг; N_c – средний натяг;

Рисунок 1.2 – Параметры соединения «вал–отверстие» при различных посадках

Натяг (N) – разность между размерами вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия. *Посадка с натягом* – посадка, при которой всегда образуется натяг в соединении, т. е. наибольший предельный размер отверстия меньше наименьшего предельного размера вала или равен ему. При графическом изображении поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала (рисунок 1.2 б).

Переходная посадка – посадка, при которой возможно получение как зазора так и натяга в соединении, в зависимости от действительных размеров отверстия и вала. При графическом изображении поля допусков отверстия и вала перекрываются полностью или частично (рисунок 1.2 в).

1.2 Основные расчетные зависимости

$$D_{\max} = D + ES, \quad (1.1)$$

$$D_{\min} = D + EI, \quad (1.2)$$

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI, \quad (1.3)$$

$$d_{\max} = d + es, \quad (1.4)$$

$$d_{\min} = d + ei, \quad (1.5)$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = es - ei, \quad (1.6)$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es, \quad (1.7)$$

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei, \quad (1.8)$$

$$S_c = 0,5(S_{\max} + S_{\min}), \quad (1.9)$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES, \quad (1.10)$$

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI, \quad (1.11)$$

$$N_c = 0,5(N_{\max} + N_{\min}), \quad (1.12)$$

Для достоверного измерения размера необходим ряд условий, одним из которых является температурный режим, то есть температура измеряемой детали и температура средства измерения должны быть равны. В противном случае, возникает погрешность измерения размера детали от температурной деформации.

Погрешность измерения размера детали от температурной деформации:

$$\Delta d = d (\alpha_d \Delta t_d - \alpha_{cu} \Delta t_{cu}), \quad (1.13)$$

где Δd – погрешность измерения;

α_d – коэффициент линейного расширения материала детали;

α_{cu} – коэффициент линейного расширения материала средства измерения;

$\Delta t_d = t_d - 20^\circ \text{C}$ – отклонение температуры детали от нормальной;

$\Delta t_{cu} = t_{cu} - 20^\circ \text{C}$ – отклонение температуры средства измерения от нормальной.

1.3 Допуски и посадки по ЕСДП

Единой системой допусков и посадок (ЕСДП) называется совокупность рядов допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов. Система предназначена для выбора минимально необходимых, но достаточных для практики вариантов допусков и посадок типовых соединений деталей машин, что дает возможность стандартизировать режущие инструменты и калибры, облегчает конструирование, производство и взаимозаменяемость деталей машин, а также обуславливает их качество.

Основное отклонение – одно из двух предельных отклонений (верхнее или нижнее), определяющее положение поля допуска относительно нулевой линии. Основным является отклонение, ближайшее к нулевой линии.

Квалитет – совокупность допусков, рассматриваемых как соответствующие одному уровню точности для всех номинальных размеров.

Установлено 20 квалитетов, 27 основных отклонений валов и 27 основных отклонений отверстий. Основные отклонения отверстий обозначаются прописными буквами латинского алфавита, валов – строчными.

Схема расположения основных отклонений с указанием квалитетов, в которых рекомендуется их применять, для размеров до 500 мм приведена с небольшими сокращениями на рисунке 1.3. Затемненная область относится к отверстиям. Предельные отклонения размеров валов и отверстий приведены в таблицах A1 и A2 приложения А. Все отклонения приведены для температуры 20 °С.

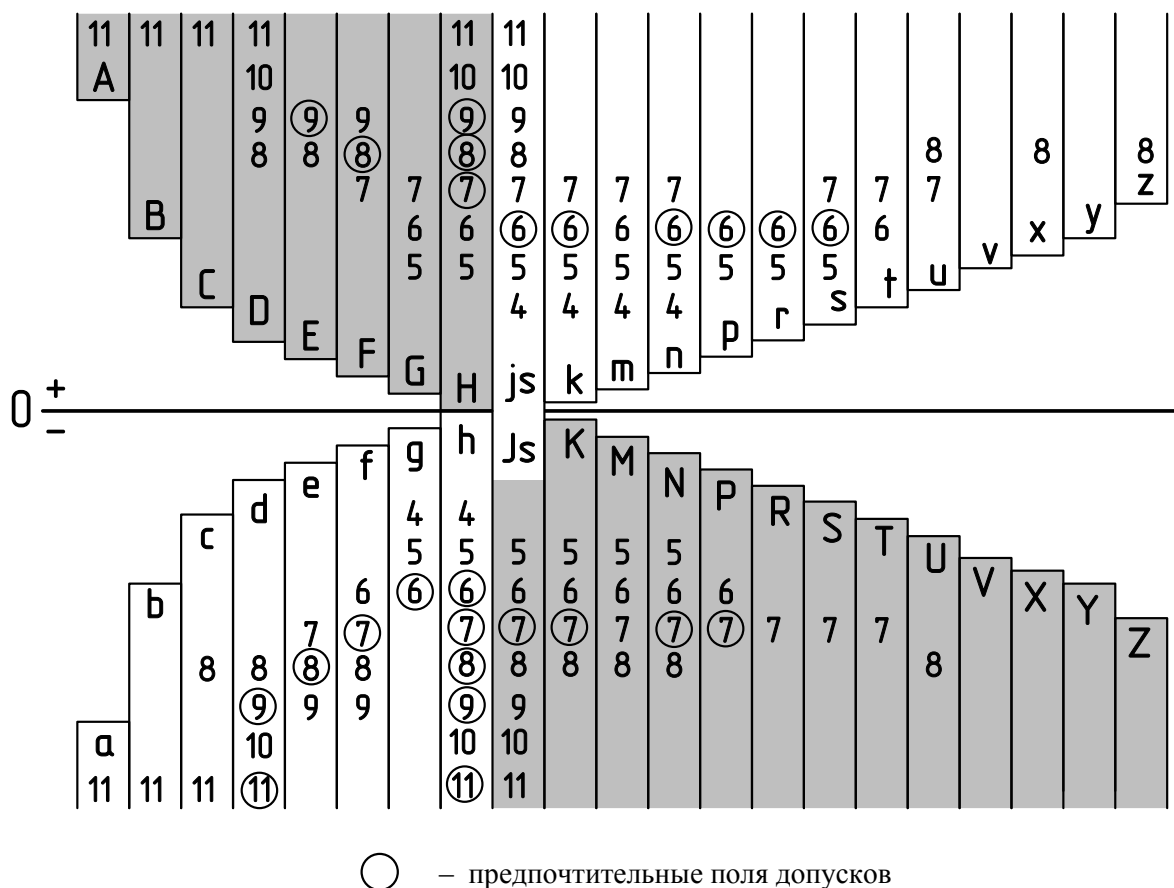


Рисунок 1.3 – Схема расположения основных отклонений

Предельные отклонения размеров на чертежах следует указывать согласно стандарту, при этом следует руководствоваться следующими правилами.

1 Предельные отклонения размеров следует указывать непосредственно после номинальных размеров (46f8, 46f8 $_{-0,064}^{-0,025}$, 46 $_{-0,064}^{-0,025}$).

2 Предельные отклонения линейных и угловых размеров относительно низкой точности допускается не указывать непосредственно после номинальных размеров, а оговаривать общей записью в технических требованиях чертежа. Например, «H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$ », что означает, неуказанные предельные отклонения отверстий должны быть выполнены по H14, валов – по h14, прочие размеры должны иметь симметричные отклонения $\pm \frac{IT14}{2}$. Данная запись

одновременно устанавливает предельные отклонения радиусов закруглений, фасок, углов с неуказанными допусками.

3 При указании предельных отклонений предпочтение следует отдавать условному обозначению полей допусков (46f8, 25H7, 95js10).

4 При указании предельных отклонений условными обозначениями обязательно указывать их числовые значения в следующих случаях:

- при назначении предельных отклонений размеров, не включенных в ряды нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636 ($25,8^{+0,084}$, $46,25_{-0,064}^{-0,025}$);
- при назначении предельных отклонений, условные обозначения которых не предусмотрены в ГОСТ 25347 ($49_{-0,1}$, $25\pm 0,2$);
- при назначении предельных отклонений размеров уступов с несимметричным полем допуска (рисунок 1.4);

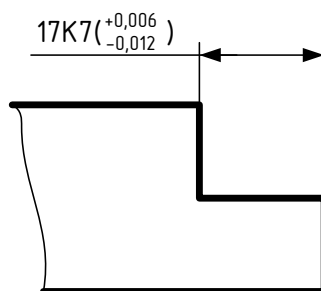


Рисунок 1.4 – Указание предельных отклонений размера уступа с несимметричным полем допуска

- при указании рабочих размеров на ремонтных чертежах (рисунок 1.5).

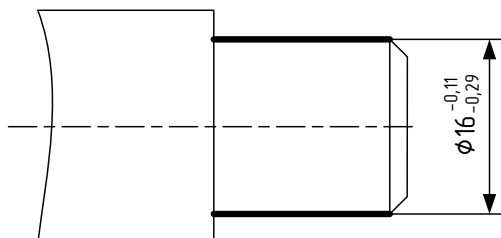


Рисунок 1.5 – Указание рабочего размера на ремонтном чертеже

5 Предельные отклонения угловых размеров указывают только числовыми значениями ($35^\circ\pm 30'$, $28^\circ\pm 1^\circ$).

1.4 Контрольные задания

Цель заданий – научиться находить по справочным таблицам предельные отклонения размеров для отверстия и вала, рассчитывать предельные размеры отверстия и вала, определять погрешность размера от температурной деформации.

Задание № 1

Определить годность трех валов или отверстий по результатам их измерений, установить вид брака – исправимый или неисправимый. Определить d , d_{\max} , d_{\min} , d_c , e_i , e_s или D , D_{\max} , D_{\min} , D_c , E_i , E_s . Построить схему поля допуска.

Пример решения задания № 1.

Исходные данные:

Обозначение на чертеже: 46f8.

Действительные размеры: $d_1 = 45,968$ мм; $d_2 = 45,981$ мм; $d_3 = 45,925$ мм.

Решение.

Пределные отклонения размера определим, пользуясь таблицей А.1 приложения А.

Таблица 1.1 – Размерный анализ размера

| | | |
|---------------------|-------------------------------|---|
| Размер на чертеже | d, мм | 46f8 $\begin{pmatrix} -0,025 \\ -0,064 \end{pmatrix}$ |
| Номинальный размер | d (D), мм | 48 |
| Максимальный размер | d_{\max} (D_{\max}), мм | 45,975 |
| Минимальный размер | d_{\min} (D_{\min}), мм | 45,936 |
| Средний размер | d_c (D_c), мм | 45,9555 |
| Верхнее отклонение | es (ES), мкм | -25 |
| Нижнее отклонение | ei (EI), мкм | -64 |
| Среднее отклонение | e_c (E_c), мкм | -44,5 |
| Допуск размера | Td (TD), мкм | 39 |

Таблица 1.2 – Определение годности деталей

| Действительный размер | Значение, мм | Годен (+, -) | Брак | |
|-----------------------|--------------|--------------|------------|--------------|
| | | | исправимый | неисправимый |
| $d_1(D_1)$ | 45,968 | + | | |
| $d_2(D_2)$ | 45,981 | - | + | |
| $d_3(D_3)$ | 45,925 | - | | + |

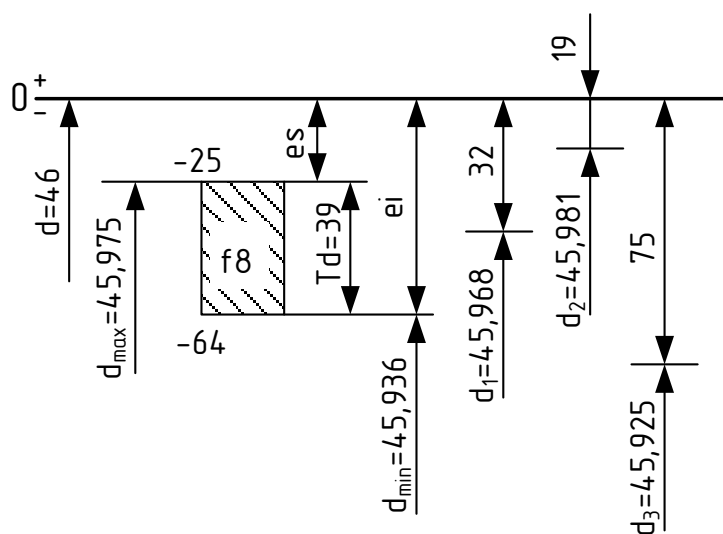


Рисунок 1.6 – Схема поля допуска

Варианты для задания № 1 приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Варианты для задания № 1

| Вариант | Обозначение на чертеже | Действительный размер, мм | | |
|---------|------------------------|---------------------------|------------|------------|
| | | $d_1(D_1)$ | $d_2(D_2)$ | $d_3(D_3)$ |
| 1 | 110f7 | 109,958 | 109,930 | 110,012 |
| 2 | 105h6 | 105,002 | 104,981 | 104,977 |
| 3 | 125k6 | 125,005 | 125,000 | 124,991 |
| 4 | 100js6 | 100,009 | 100,015 | 99,955 |
| 5 | 85u8 | 85,200 | 85,120 | 85,110 |
| 6 | 24h12 | 23,98 | 23,81 | 24,01 |
| 7 | 85H8 | 85,000 | 85,060 | 85,035 |
| 8 | 8P7 | 7,965 | 7,995 | 8,005 |
| 9 | 220R7 | 219,980 | 219,856 | 220,005 |
| 10 | 180H7 | 180,045 | 180,068 | 180,021 |
| 11 | 80u8 | 80,13 | 80,18 | 80,05 |
| 12 | 110E8 | 110,126 | 110,070 | 109,995 |
| 13 | 100F9 | 100,130 | 100,075 | 99,897 |
| 14 | 16n7 | 16,040 | 16,022 | 16,05 |
| 15 | 55M6 | 54,980 | 54,981 | 55,012 |
| 16 | 38r6 | 38,035 | 38,020 | 37,985 |
| 17 | 3D8 | 3,002 | 2,995 | 3,040 |
| 18 | 28K7 | 27,928 | 27,994 | 28,006 |
| 19 | 131h12 | 131,021 | 130,825 | 130,602 |
| 20 | 66D9 | 66,090 | 66,205 | 66,151 |
| 21 | 46a11 | 45,725 | 45,902 | 46,001 |
| 22 | 155M6 | 154,999 | 155,025 | 154,934 |
| 23 | 18c8 | 18,121 | 17,895 | 17,802 |
| 24 | 98H8 | 98,024 | 98,120 | 98,035 |
| 25 | 171f6 | 171,031 | 171,001 | 170,953 |
| 26 | 35u8 | 34,965 | 35,202 | 35,064 |
| 28 | 302E8 | 302,155 | 302,221 | 302,305 |
| 27 | 28k6 | 28,115 | 27,998 | 27,005 |
| 29 | 58P6 | 58,031 | 27,925 | 57,985 |
| 30 | 45H6 | 44,984 | 45,058 | 45,007 |
| 31 | 38H7 | 38,030 | 38,065 | 37,987 |
| 32 | 84k7 | 84,121 | 84,052 | 84,008 |
| 33 | 51n7 | 51,021 | 51,099 | 51,054 |
| 34 | 70s7 | 70,045 | 70,098 | 70,062 |
| 35 | 50U8 | 49,999 | 49,925 | 49,895 |
| 36 | 30F9 | 30,112 | 30,002 | 30,045 |
| 37 | 171js8 | 171,005 | 170,922 | 170,965 |
| 38 | 144N7 | 143,965 | 144,021 | 143,931 |
| 39 | 75e7 | 74,85 | 74,35 | 74,05 |

Продолжение таблицы 1.3

| Вариант | Обозначение на чертеже | Действительный размер, мм | | |
|---------|------------------------|---------------------------|------------|------------|
| | | $d_1(D_1)$ | $d_2(D_2)$ | $d_3(D_3)$ |
| 40 | 36x8 | 36,120 | 36,168 | 36,105 |
| 41 | 2H14 | 1,95 | 2,20 | 2,00 |
| 42 | 40H9 | 40,038 | 40,075 | 39,998 |
| 43 | 71M7 | 71,002 | 70,952 | 70,985 |
| 44 | 4K8 | 3,996 | 3,980 | 4,005 |
| 45 | 105M8 | 104,994 | 104,955 | 105,052 |
| 46 | 160h6 | 159,978 | 159,926 | 160,025 |
| 47 | 10Js8 | 10,009 | 10,003 | 9,990 |
| 48 | 50t6 | 50,060 | 50,022 | 49,995 |
| 49 | 250E8 | 250,150 | 250,180 | 250,005 |
| 50 | 25u7 | 25,047 | 25,060 | 24,987 |
| 51 | 12h6 | 11,980 | 11,995 | 12,005 |
| 52 | 20n7 | 20,020 | 20,06 | 19,998 |
| 53 | 82x8 | 82,121 | 82,184 | 82,352 |
| 54 | 9R7 | 9,023 | 8,922 | 8,991 |
| 55 | 284m6 | 284,086 | 284,110 | 284,051 |
| 56 | 61g5 | 61,001 | 60,996 | 61,022 |
| 57 | 125F8 | 125,115 | 125,101 | 125,093 |
| 58 | 52r6 | 52,002 | 52,110 | 52,056 |
| 59 | 195T7 | 194,986 | 195,012 | 194,852 |
| 60 | 23D10 | 23,052 | 23,090 | 23,130 |
| 61 | 87n7 | 87,012 | 87,124 | 87,065 |
| 62 | 49Js9 | 48,095 | 49,102 | 49,025 |
| 63 | 64d10 | 64,031 | 63,620 | 63,782 |
| 64 | 230s7 | 230,150 | 230,854 | 230,202 |
| 65 | 11H7 | 11,000 | 10,985 | 11,058 |
| 66 | 32s5 | 32,054 | 32,099 | 32,087 |
| 67 | 202e7 | 202,022 | 201,825 | 201,965 |
| 68 | 89H8 | 89,121 | 89,054 | 89,002 |
| 69 | 18m5 | 18,025 | 18,002 | 18,010 |
| 70 | 82Js8 | 82,005 | 82,065 | 82,014 |
| 71 | 105u8 | 105,205 | 105,187 | 105,122 |
| 72 | 35F8 | 35,025 | 35,064 | 35,085 |
| 73 | 28d9 | 28,002 | 27,965 | 27,921 |
| 74 | 62h9 | 62,005 | 61,984 | 61,954 |
| 75 | 43t6 | 43,002 | 43,025 | 43,062 |

Задание № 2

Определить вид допуска на размеры. Обозначить: вал – В, отверстие – О, не вал и не отверстие – Н. (Рисунки для всех вариантов даны в приложении Б).

Пример решения задания № 2.

Исходные данные: рисунок 1.7.

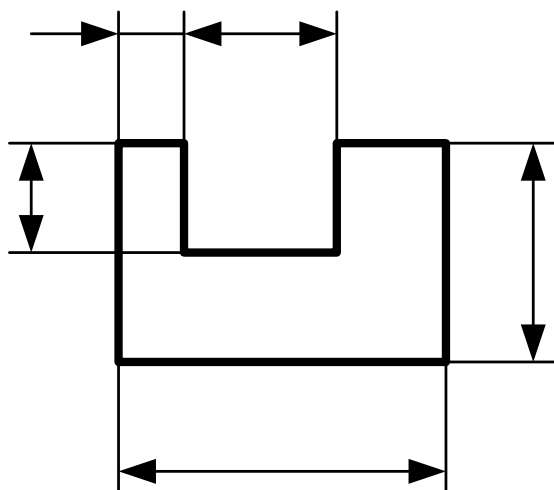


Рисунок 1.7 – Эскиз к примеру задания № 2

Решение.

Решение представлено на рисунке 1.8.

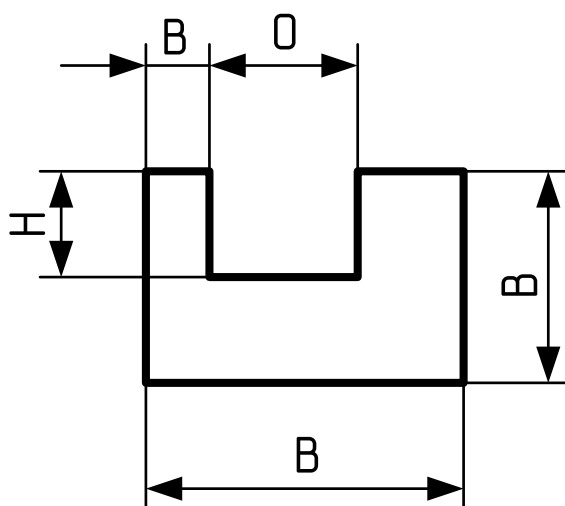


Рисунок 1.8 – Эскиз решения примера задания № 2

Варианты для задания № 2 приведены в приложении Б.

Задание № 3

На чертеже записано: «Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий – H14, валов – h14, остальных $\pm \frac{IT14}{2}$ ». Определить предельные размеры и величины допусков свободных размеров деталей, указанных на рисунке.

Пример решения задания № 3.

Исходные данные: рисунок 1.9.

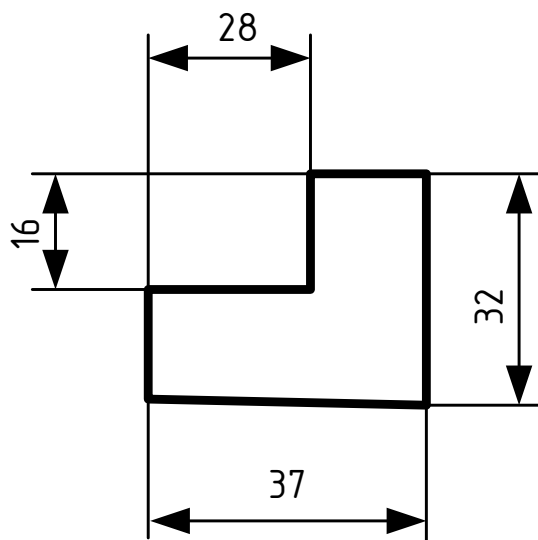


Рисунок 1.8 – Эскиз к примеру задания № 3

Решение.

Решение представлено на рисунке 1.9.

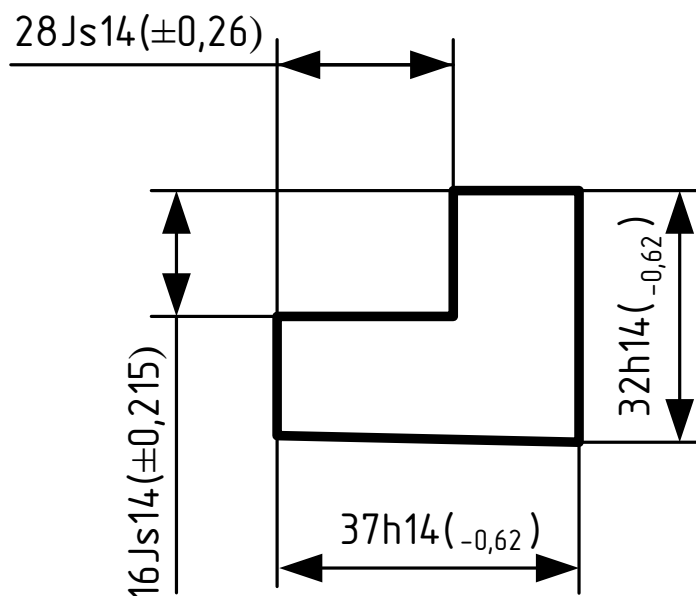


Рисунок 1.9 – Эскиз решения примера задания № 3

Варианты для задания № 3 приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Варианты для задания № 3

| Вариант | Эскиз |
|---------------|-------|
| 1, 20, 39, 58 | |
| 2, 21, 40, 59 | |
| 3, 22, 41, 60 | |

| Вариант | Эскиз |
|---------------|---|
| 4, 23, 42, 61 | <p>Technical drawing of a stepped shaft with a hole. The shaft has a diameter of $\phi 30f7$. A hole with diameter $\phi 10$ is drilled through it. The hole is 18 units deep from the right end. The shaft has a total length of 40 units. A section line A-A is shown at the right end. The cross-section A-A shows a hole with diameter $\phi 10$.</p> |
| 5, 24, 43, 62 | <p>Technical drawing of a shaft with a hole and a groove. The shaft has a diameter of $\phi 30$. A hole with diameter $\phi 16$ is drilled through it. The hole is 10 units deep from the left end. A groove with diameter $\phi 8$ is located 8 units from the right end. The total length is 30 units. A section line A-A is shown at the right end. The cross-section A-A shows a hole with diameter $\phi 10H8$ and a groove with diameter $\phi 8$.</p> |
| 6, 25, 44, 63 | <p>Technical drawing of a shaft with a hole and a groove. The shaft has a diameter of $\phi 30$. A hole with diameter $\phi 12H8$ is drilled through it. The hole is 15 units deep from the left end. A groove with diameter $\phi 6H6$ is located 5 units from the right end. The total length is 20 units.</p> |

| Вариант | Эскиз |
|---------------|---|
| 7, 26, 45, 64 | <p>Technical drawing of a stepped shaft. The shaft has a total length of 58. It features a central hole with a diameter of 10H8 and a length of 9. The shaft has several steps with diameters of 8, 6.5, and 8H7. The total height of the shaft is 25. The drawing also shows a cross-section of a component with a diameter of 20 and a length of 58, with a hole diameter of 6.5 and a length of 7.</p> |
| 8, 27, 46, 65 | <p>Technical drawing of a shaft with a total length of 55. It has a diameter of 10h6 for the first section (length 20), a diameter of 8 for the second section (length 8), a diameter of 16 for the third section (length 18), and a diameter of 8n for the fourth section (length 6).</p> |
| 9, 28, 47, 66 | <p>Technical drawing of a shaft with a total length of 35. It has a diameter of 10H7 for the first section (length 10), a diameter of 8 for the second section (length 15), and a diameter of 10 for the third section (length 10). The drawing also shows a cross-section of a component with a diameter of 20 and a length of 30, with a hole diameter of 10.</p> |

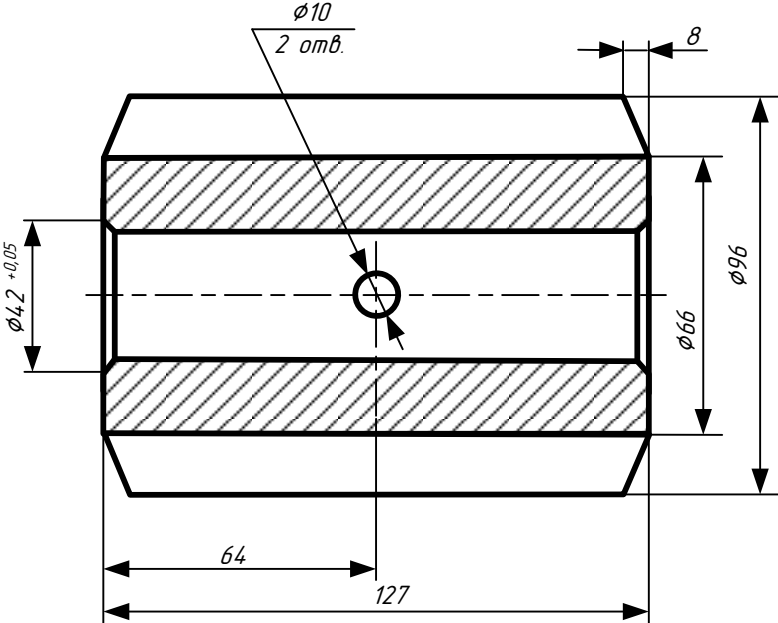
| Вариант | Эскиз |
|-----------------------|--|
| <p>10, 29, 48, 67</p> | <p>Technical drawing of a stepped shaft with two holes. The front view shows a shaft with a total length of 50. The left end has a diameter of 15 and a hole with diameter 6H8. The right end has a diameter of 30 and a hole with diameter 6H8. The distance between the hole centers is 30 ± 0.2. The distance from the left end to the first hole is 10. The distance from the second hole to the right end is 15. The diameter of the section between the holes is 7.5. The drawing also includes a cross-section showing a diameter of 50 and a length of 10.</p> |
| <p>11, 30, 49, 68</p> | <p>Technical drawing of a stepped shaft with a hole. The front view shows a shaft with a total length of 13. The left end has a diameter of 24. The right end has a diameter of 16k6. The distance from the left end to the hole is 10. The drawing also includes a cross-section showing a diameter of 3 and a length of 6. The drawing is labeled "от поверхн. А".</p> |
| <p>12, 31, 50, 69</p> | <p>Technical drawing of a stepped shaft with a hole. The front view shows a shaft with a total length of 410. The left end has a diameter of 30. The right end has a diameter of 30. The distance from the left end to the hole is 370. The distance from the hole to the right end is 32. The diameter of the section between the hole and the right end is 50 ± 0.05.</p> |

Продолжение таблицы 1.4

| Вариант | Эскиз |
|----------------|-------|
| 13, 32, 51, 70 | |
| 14, 33, 52, 71 | |
| 15, 34, 53, 72 | |

| Вариант | Эскиз |
|----------------|--|
| 16, 35, 54, 73 | <p>Technical drawing of a cylindrical part with a chamfered top edge. The drawing shows a cross-section with dimensions: total height 72, outer diameter 55, inner diameter 52+0.03, and a chamfer of 0.5 x 45 degrees. Other dimensions include 1.9, 15+0.1, 3, and 22.</p> |
| 17, 36, 55, 74 | <p>Technical drawing of a cylindrical part with a stepped profile. It includes a side view (A-A) and a top view. Dimensions include diameters 35, 44, 28.5, and 52. Other dimensions include 11, 30, 42, 6, 12, and a 45-degree chamfer.</p> |
| 18, 37, 56, 75 | <p>Technical drawing of a cylindrical part with a complex profile. Dimensions include diameters 32, 20, 26, and 36. Other dimensions include 23, 11, 10, 20+0.6, and 39.</p> |

Продолжение таблицы 1.4

| Вариант | Эскиз |
|------------|--|
| 19, 38, 57 |  |

Задание № 4

Определить квалитет, по которому назначен допуск на изготовление.

Пример решения задания № 4.

Исходные данные:

Номинальный диаметр: 164 мм.

Величина допуска: 630 мкм.

Решение.

Определим по таблице А1 приложения А квалитет для диаметра 164 мм и величины допуска 630 мкм – 13.

Варианты для задания № 4 приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Варианты для задания № 4

| Вариант | Номинальный диаметр, мм | Величина допуска, мкм | Вариант | Номинальный диаметр, мм | Величина допуска, мкм | Вариант | Номинальный диаметр, мм | Величина допуска, мкм |
|---------|-------------------------|-----------------------|---------|-------------------------|-----------------------|---------|-------------------------|-----------------------|
| 1 | 8 | 6 | 26 | 195 | 290 | 51 | 66 | 1900 |
| 2 | 40 | 16 | 27 | 13 | 8 | 52 | 121 | 100 |
| 3 | 320 | 89 | 28 | 49 | 39 | 53 | 19 | 84 |
| 4 | 32 | 160 | 29 | 105 | 35 | 54 | 408 | 2500 |
| 5 | 16 | 27 | 30 | 42 | 620 | 55 | 287 | 23 |
| 6 | 50 | 11 | 31 | 14 | 110 | 56 | 31 | 16 |

Продолжение таблицы 1.5

| Вариант | Номинальный диаметр, мм | Величина допуска, мкм | Вариант | Номинальный диаметр, мм | Величина допуска, мкм | Вариант | Номинальный диаметр, мм | Величина допуска, мкм |
|---------|-------------------------|-----------------------|---------|-------------------------|-----------------------|---------|-------------------------|-----------------------|
| 7 | 250 | 46 | 32 | 165 | 100 | 57 | 68 | 740 |
| 8 | 80 | 190 | 33 | 120 | 140 | 58 | 145 | 630 |
| 9 | 400 | 140 | 34 | 34 | 390 | 59 | 87 | 87 |
| 10 | 2 | 4 | 35 | 8 | 150 | 60 | 38 | 16 |
| 11 | 12 | 43 | 36 | 316 | 140 | 61 | 81 | 22 |
| 12 | 63 | 30 | 37 | 225 | 720 | 62 | 182 | 72 |
| 13 | 280 | 52 | 38 | 102 | 220 | 63 | 420 | 97 |
| 14 | 2,5 | 6 | 39 | 22 | 33 | 64 | 66 | 74 |
| 15 | 360 | 140 | 40 | 158 | 400 | 65 | 2 | 4 |
| 16 | 44 | 62 | 41 | 345 | 360 | 66 | 38 | 39 |
| 17 | 258 | 1300 | 42 | 51 | 46 | 67 | 227 | 290 |
| 18 | 18 | 430 | 43 | 29 | 13 | 68 | 195 | 1850 |
| 19 | 84 | 35 | 44 | 462 | 27 | 69 | 105 | 870 |
| 20 | 20 | 21 | 45 | 210 | 115 | 70 | 11 | 700 |
| 21 | 125 | 250 | 46 | 124 | 40 | 71 | 287 | 320 |
| 22 | 4 | 18 | 47 | 80 | 190 | 72 | 44 | 1000 |
| 23 | 80 | 19 | 48 | 202 | 29 | 73 | 14 | 110 |
| 24 | 340 | 140 | 49 | 8 | 36 | 74 | 33 | 100 |
| 25 | 92 | 140 | 50 | 258 | 81 | 75 | 208 | 1850 |

Задание № 5

Температура воздуха в ремонтном цехе $+20^{\circ}\text{C}$. Средства измерения, изготовленные из стали, имеют ту же температуру. Определить погрешность измерения размера детали и погрешность от температурной деформации (средние значения коэффициентов линейного расширения α приведены в таблице А3). Сравнить погрешность от температурной деформации детали с допуском размера.

Пример решения задания № 5.

Исходные данные:

Номинальный размер: 140 мм.

Обозначение поля допуска: m6.

Температура детали: $+40^{\circ}\text{C}$.

Материал детали: титановый сплав

Решение.

Погрешность измерения размера детали от температурной деформации определим по формуле (1.13), при этом:

– номинальный размер $d = 140$ мм;

– коэффициент линейного расширения материала детали $\alpha_d = 8 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$ (таблица А3);

– коэффициент линейного расширения материала средства измерения $\alpha_{СИ} = 12 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$ (таблица А3);

- температура детали $t_d = +40\text{ }^\circ\text{C}$;
- температура средства измерения $t_{си} = 20\text{ }^\circ\text{C}$.

Отклонение температуры средства измерения от нормальной

$$\Delta t_{си} = +20 - 20 = 0.$$

Отклонение температуры детали от нормальной

$$\Delta t_d = +40 - 20 = 20\text{ }^\circ\text{C}.$$

Погрешность измерения размера детали от температурной деформации

$$\Delta d = 140 (8 \cdot 10^{-6} \cdot 20 - 12 \cdot 10^{-6} \cdot 0) = 0,0224\text{ мм}.$$

Для диаметра 140 мм и поля допуска т6 верхнее отклонение $e_i = +40\text{ мкм}$, нижнее отклонение $e_s = +15\text{ мкм}$, допуск размера $T_d = 25\text{ мкм} = 0,025\text{ мм}$.

Сравниваем погрешность от температурной деформации детали с допуском размера

$$\frac{\Delta d}{T_d} 100\% = \frac{0,0224}{0,025} 100\% = 89,6\%.$$

Варианты задания № 5 приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Варианты для задания № 5

| Вариант | Номинальный размер, мм | Обозначение поля допуска | Температура детали, $^\circ\text{C}$ | Материал детали | Вариант | Номинальный размер, мм | Обозначение поля допуска | Температура детали, $^\circ\text{C}$ | Материал детали |
|---------|------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------------|---------|------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| 1 | 180 | g6 | +36 | Сталь 30 | 39 | 195 | s6 | +40 | Ал.сплав АЛ1 |
| 2 | 360 | h6 | +45 | | 40 | 320 | k6 | +42 | |
| 3 | 200 | t6 | +35 | Бронза БрС30 | 41 | 132 | Js6 | +36 | Чугун СЧ15 |
| 4 | 160 | js6 | +42 | | 42 | 59 | js7 | +45 | |
| 5 | 250 | s6 | +38 | Титановый сплав | 43 | 241 | z6 | +35 | Стекло |
| 6 | 280 | k6 | +40 | | 44 | 87 | Js6 | +42 | |
| 7 | 320 | f7 | +37 | Латунь Л63 | 45 | 303 | K6 | +38 | Латунь Л63 |
| 8 | 220 | N6 | +41 | | 46 | 98 | z6 | +42 | |
| 9 | 400 | H7 | +39 | Титановый сплав | 47 | 312 | js6 | +40 | Чугун СЧ15 |
| 10 | 190 | P6 | +42 | | 48 | 85 | H6 | +42 | |
| 11 | 360 | H7 | +40 | Сталь 45 | 49 | 222 | P7 | +36 | Стекло |
| 12 | 190 | Js6 | +42 | | 50 | 401 | Js6 | +45 | |
| 13 | 220 | K6 | +32 | Ал. сплав АЛ1 | 51 | 154 | Js6 | +49 | Сталь 45 |
| 14 | 280 | Js7 | +41 | | 52 | 480 | p7 | +37 | |
| 15 | 300 | K7 | +39 | Бронза БрС30 | 53 | 266 | N7 | +41 | Ал.сплав АЛ1 |
| 16 | 200 | N7 | +40 | | 54 | 155 | P6 | +39 | |
| 17 | 160 | H6 | +38 | Стекло | 55 | 178 | H7 | +42 | Бронза БрС30 |
| 18 | 400 | P7 | +40 | | 56 | 212 | Js6 | +40 | |

Продолжение таблицы 1.6

| Вариант | Номинальный размер, мм | Обозначение поля допуска | Температура детали, °С | Материал детали | Вариант | Номинальный размер, мм | Обозначение поля допуска | Температура детали, °С | Материал детали |
|---------|------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------|---------|------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------|
| 19 | 320 | Js6 | +37 | Латунь Л63 | 57 | 95 | п6 | +42 | Стекло |
| 20 | 180 | К6 | +39 | | 58 | 310 | Js6 | +45 | |
| 21 | 209 | п7 | +40 | Титановый сплав | 59 | 192 | р7 | +35 | Латунь Л63 |
| 22 | 122 | h6 | +42 | | 60 | 126 | К6 | +42 | |
| 23 | 312 | f7 | +32 | Сталь 45 | 61 | 345 | Js7 | +38 | Чугун СЧ15 |
| 24 | 369 | N6 | +41 | | 62 | 290 | К7 | +40 | |
| 25 | 175 | H7 | +39 | | 63 | 215 | z6 | +40 | |
| 26 | 110 | п7 | +35 | Чугун СЧ15 | 64 | 169 | js6 | +42 | Ал.сплав АЛ1 |
| 27 | 50 | h6 | +28 | | 65 | 100 | s6 | +32 | |
| 28 | 200 | H7 | +32 | Стекло | 66 | 161 | h6 | +39 | Бронза БрС30 |
| 29 | 80 | п6 | +27 | | 67 | 254 | z6 | +42 | |
| 30 | 300 | Js6 | +35 | Бронза БрС30 | 68 | 286 | js6 | +40 | Чугун СЧ15 |
| 31 | 140 | р7 | +40 | | 69 | 308 | к6 | +42 | |
| 32 | 120 | N7 | +30 | Сталь 30 | 70 | 214 | Js6 | +32 | Сталь 45 |
| 33 | 32 | к6 | +18 | | 71 | 144 | Js6 | +42 | |
| 34 | 90 | Js6 | +25 | Стекло | 72 | 292 | К6 | +40 | Латунь Л63 |
| 35 | 100 | js7 | +16 | | 73 | 356 | h6 | +42 | |
| 36 | 128 | z6 | +41 | Сталь 45 | 74 | 103 | z6 | +45 | Бронза БрС30 |
| 37 | 245 | js6 | +39 | | 75 | 191 | js6 | +35 | |
| 38 | 425 | s6 | +42 | | | | | | |

2 ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Любую деталь можно представить как совокупность геометрических, идеально точных объемов, имеющих цилиндрические, плоские, конические, эвольвентные и другие поверхности. Например, вал, в общем случае, образован сочетанием ряда цилиндров. В процессе изготовления деталей и эксплуатации машин возникают погрешности не только размеров, но также формы и расположения номинальных поверхностей. Таким образом, в чертежах форму деталей задают идеально точными номинальными поверхностями, плоскостями, профилями. Изготовленные детали имеют реальные поверхности, плоскости, профили, которые отличаются от номинальных отклонениями формы и расположения.

2.1 Основные понятия и обозначения

Отклонением формы поверхности или профиля называют отклонение формы реальной поверхности (реального профиля) от формы номинальной поверхности (номинального профиля). В общем случае в отклонение формы входит волнистость поверхности (профиля) и не входит шероховатость. Отклонения формы поверхностей (профиля) отсчитывают от точек реальной поверхности (профиля) до прилегающих поверхности, прямой, профиля по нормали к ним.

Прилегающая плоскость – плоскость, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная так, чтобы отклонение от нее до наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение.

Прилегающая прямая – прямая, соприкасающаяся с реальным профилем и расположенная так, чтобы отклонение от нее до наиболее удаленной точки реального профиля в пределах нормируемого участка имело минимальное значение.

Прилегающая окружность – окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля наружной поверхности вращения, или максимального диаметра, вписанная в реальный профиль внутренней поверхности вращения.

Прилагающий цилиндр – цилиндр минимального диаметра, описанный вокруг реальной наружной поверхности, или максимального диаметра, вписанный в реальную внутреннюю поверхность.

Номинальное расположение поверхности, оси или профиля определяется номинальными линейными или угловыми размерами между рассматриваемой поверхностью (прямой, профилем) и базой. **Базой** называют элемент детали (поверхность, ось, точку), по отношению к которому заданы допуски расположения. Если база не задана, то номинальное положение рассматриваемых поверхностей (прямых, профилей) определяется номинальными размерами между ними, а реальное расположение тех же рассматриваемых элементов определяется действительными линейными или угловыми размерами.

Допуски формы и расположения поверхностей установлены стандартом в 16-ти степенях точности (степени точности обозначают в порядке убывания 1, 2, ...).

Для каждого вида допуска формы и расположения установлен определенный знак (таблица 2.1).

Условное обозначение допуска содержит знак и числовое значение (рисунки 2.1, 2.2, 2.3). Эти данные вписывают в рамку, разделенную на две или три части. Рамку соединяют с контурной или выносной линией изделия.

Таблица 2.1 – Допуски формы и расположения поверхностей

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

Примечание – Допуски соосности, симметричности, пересечения осей, позиционные допуски указываются обязательно или в диаметральном или в радиусном выражении

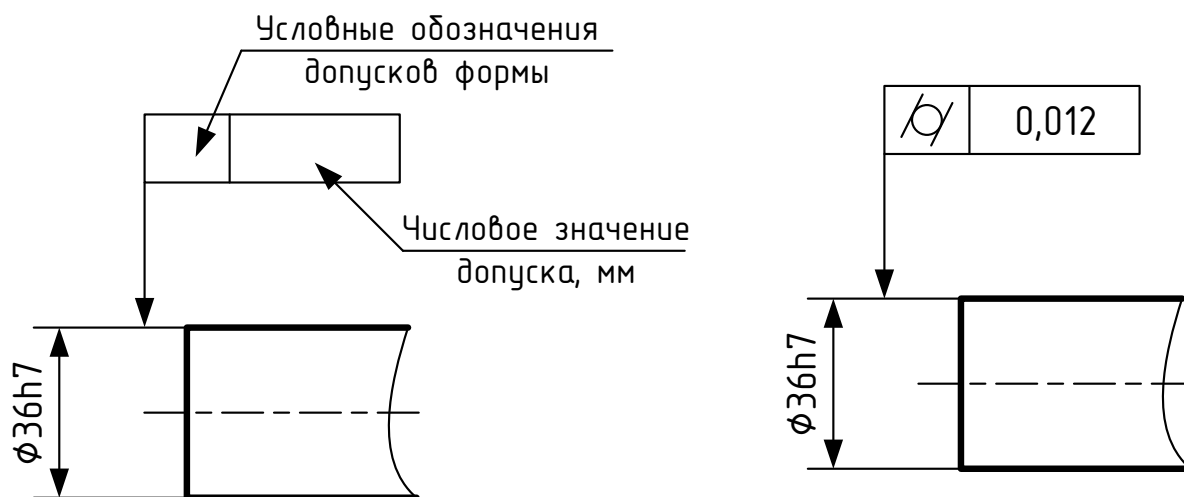


Рисунок 2.1 – Условные обозначения допусков формы

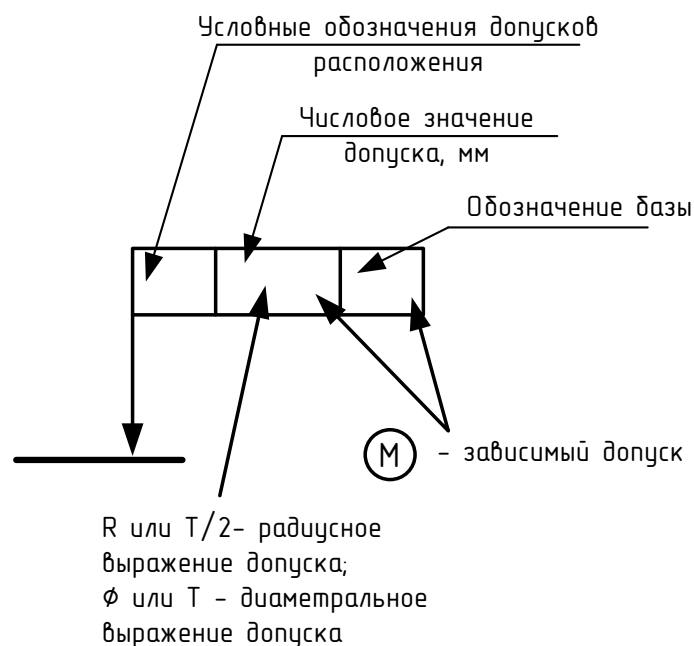


Рисунок 2.2 – Условные обозначения допусков расположения

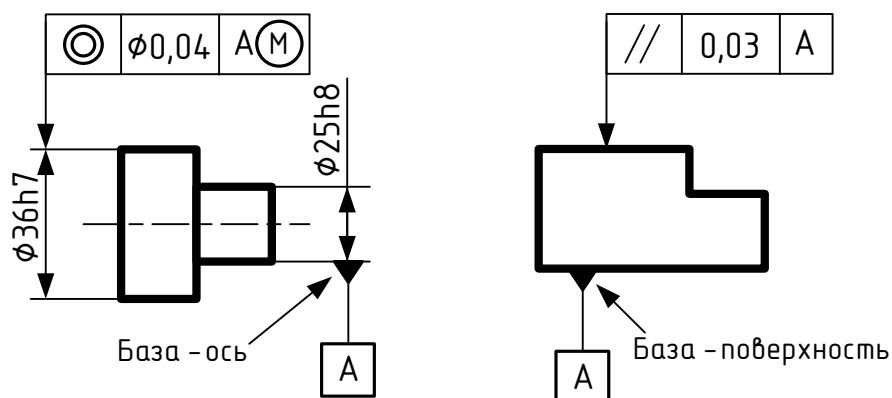


Рисунок 2.3 – Условные обозначения суммарных допусков формы и расположения

Допуски могут быть заданы на ограниченной длине или одновременно на всей длине и на ограниченном участке. Базы обычно обозначают затемненным треугольником, и соединяют с рамкой, в которой дано буквенное обозначение базы или условное обозначение допуска. Обозначение допусков формы и расположения и определение их параметров показано на рисунках 2.4, 2.5, 2.6 и 2.7.

Частными видами **отклонений от плоскостности** являются **выпуклость** и **вогнутость**. Отклонение формы цилиндрических поверхностей характеризуется **отклонением от цилиндричности**, которая включает **отклонения от круглости** поперечных сечений и **профиля продольного сечения**. К частным видам отклонения от круглости относятся **овальность** и **огранка**. При огранке реальный профиль представляет собой многогранную фигуру. Отклонение профиля в продольном сечении цилиндрических поверхностей характеризуется **непрямолинейностью образующих** и делится на **конусообразность**, **бочкообразность** и **седлообразность**.

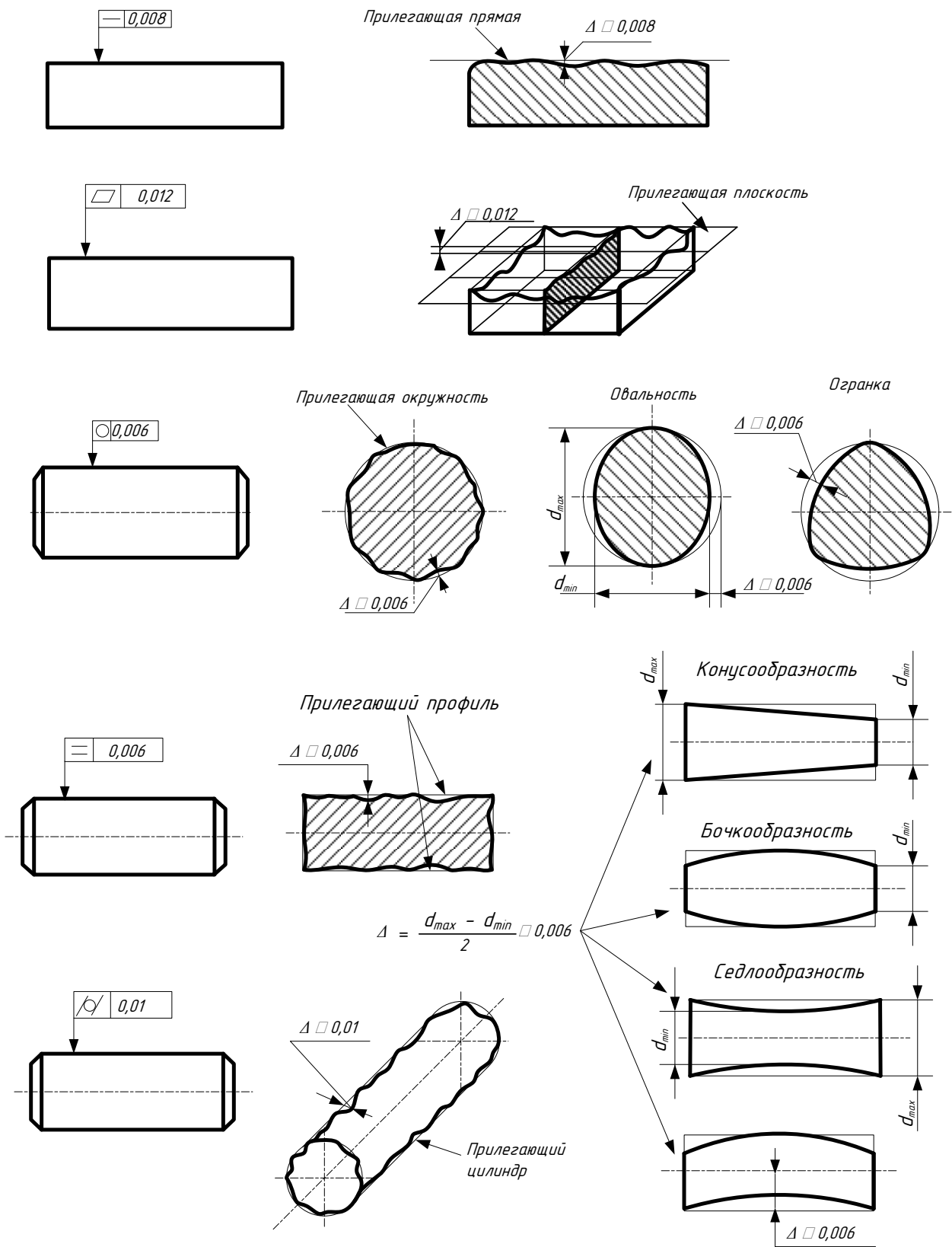


Рисунок 2.4 – Обозначения и определение параметров допусков формы

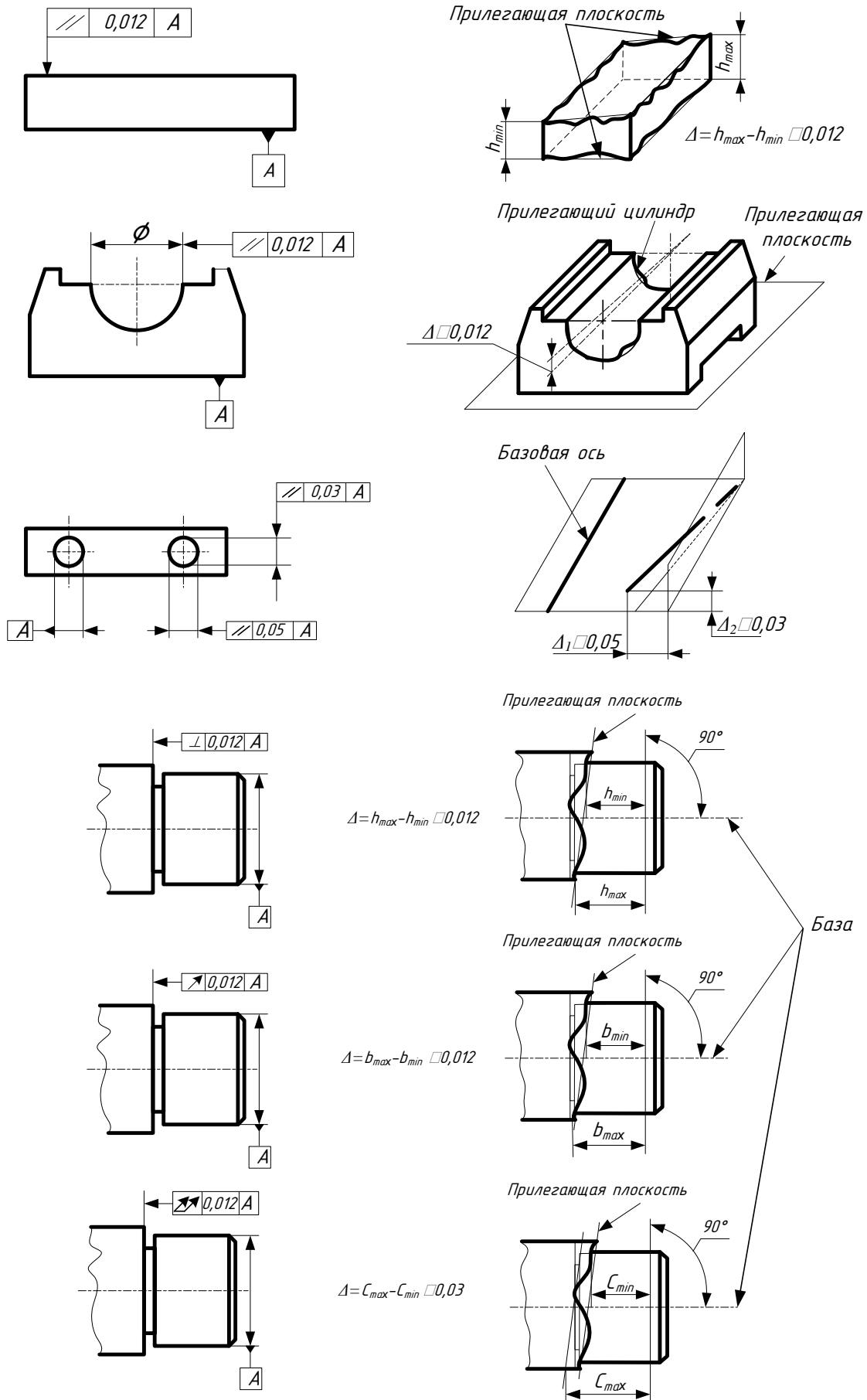


Рисунок 2.5 – Обозначения и определение параметров допусков расположения и суммарных допусков

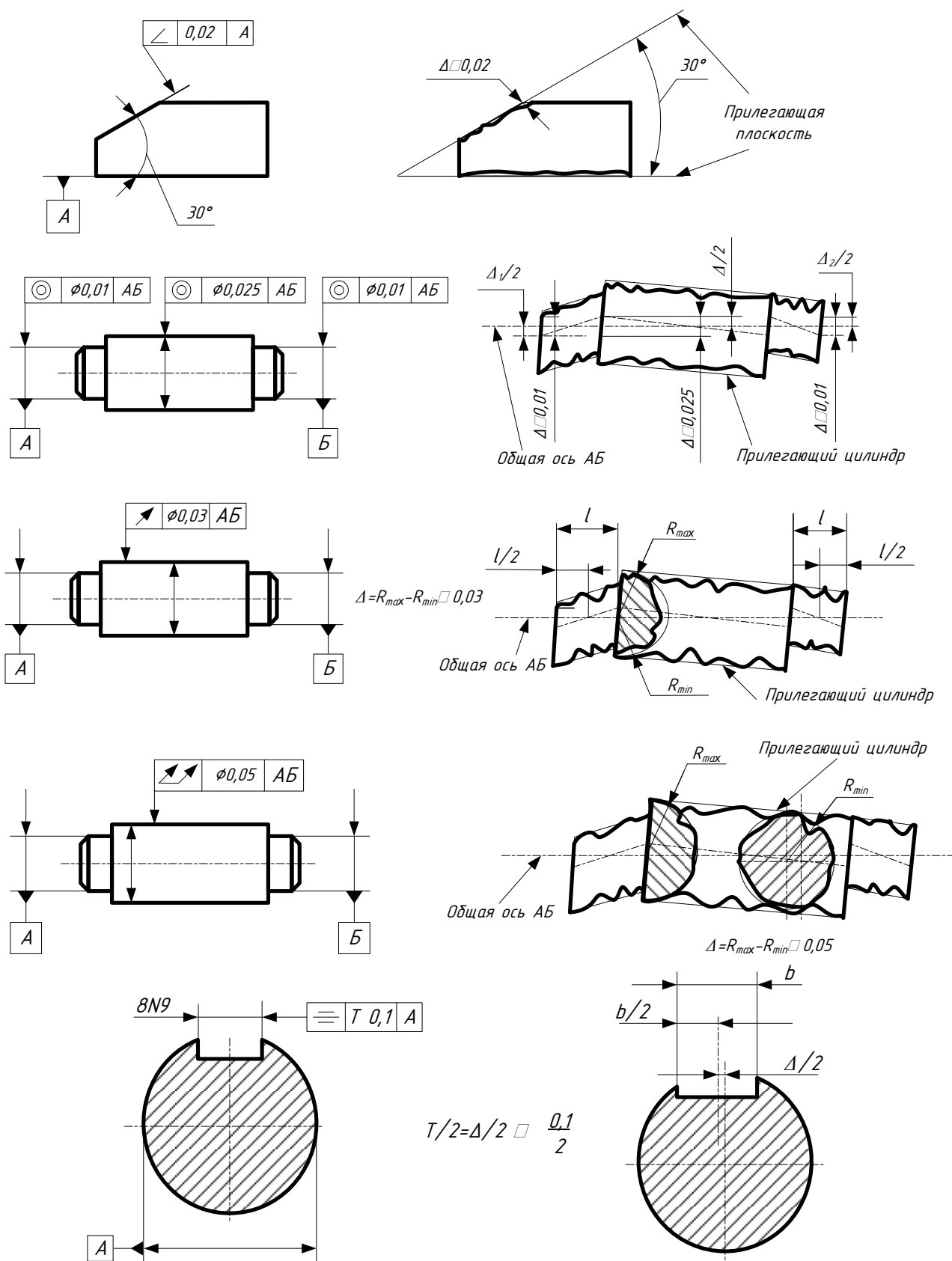


Рисунок 2.6 – Обозначения и определение параметров допусков расположения и некоторых суммарных допусков

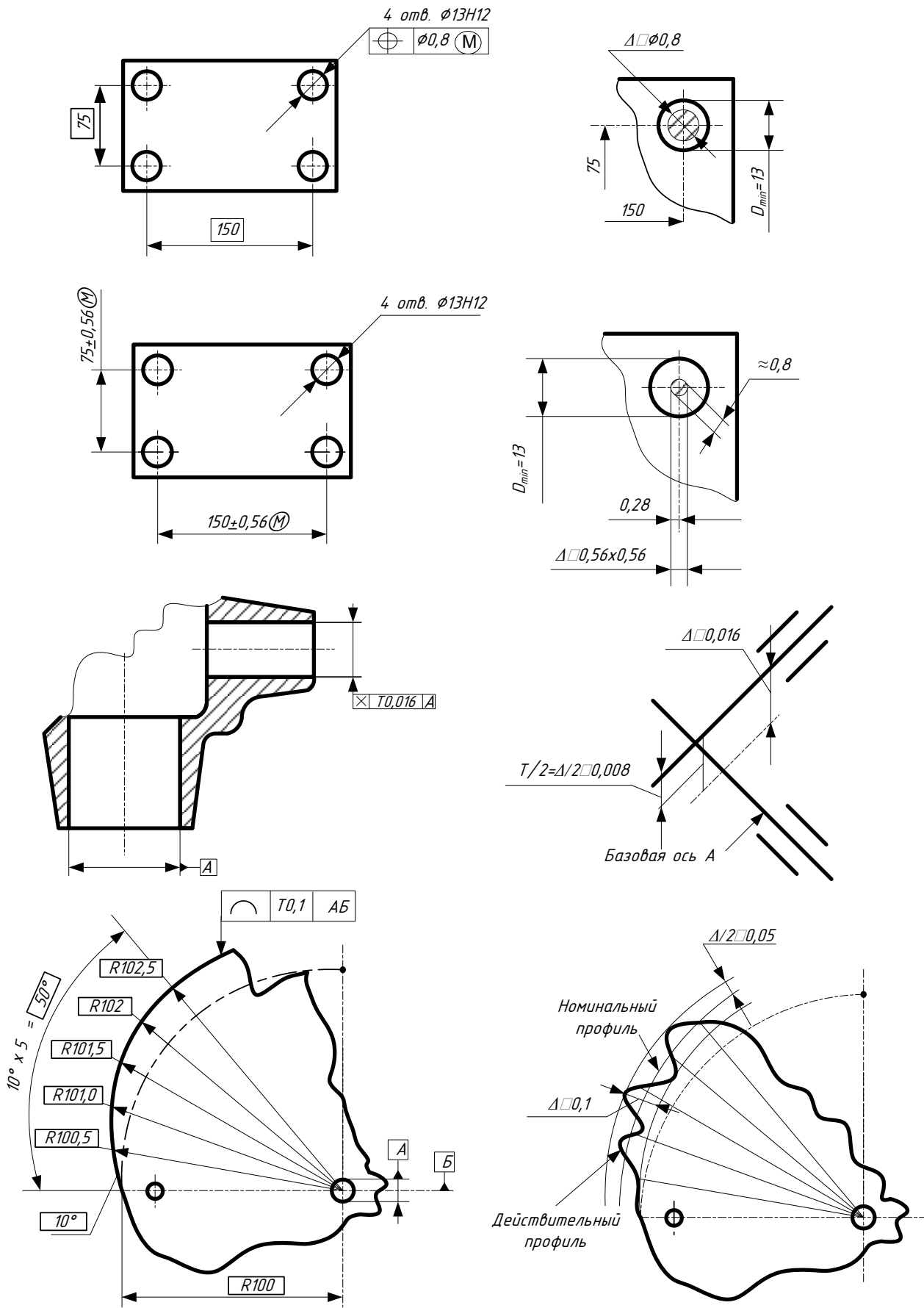


Рисунок 2.7 – Обозначения и определение параметров допусков расположения и некоторых суммарных допусков

Различают зависимые и независимые допуски расположения (формы). Зависимым называют переменный допуск расположения, который указывается на чертежах своим минимальным значением, и может быть превышен на величину предельных отклонений вала или отверстия. Зависимые допуски расположения и формы обозначают условным знаком М, который помещают в рамке вместе с допуском или базой вместо базы или иными способами. Независимым называют допуск расположения (формы), постоянный для всех одноименных деталей и не зависящий от действительных размеров рассматриваемых поверхностей.

Овальность определяется по формуле (рисунок 2.8):

– для вала:

$$\delta_{\text{ов}} = \frac{d_{\text{max}} - d_{\text{min}}}{2}; \quad (2.1)$$

– для отверстия:

$$\delta_{\text{ов}} = \frac{D_{\text{max}} - D_{\text{min}}}{2}. \quad (2.2)$$

Величина огранки определяется по формуле (рисунок 2.9):

$$\delta_{\text{огр}} = \frac{\Delta}{K}, \quad (2.3)$$

где Δ – величина показаний отсчетного устройства, мм;
 K – передаточный коэффициент (таблица А4).

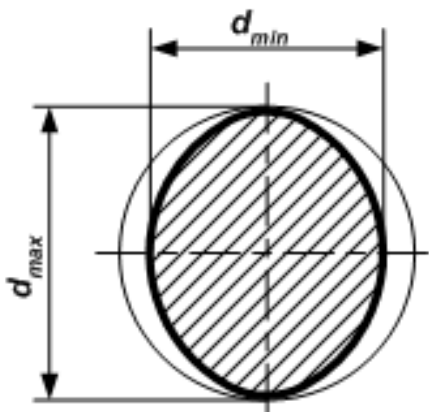


Рисунок 2.8 – Определение овальности

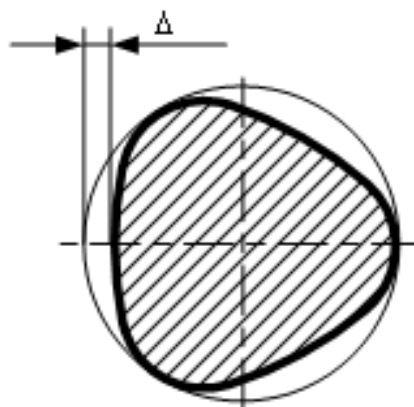


Рисунок 2.9 – Определение огранки

Конусообразность, бочкообразность и седлообразность рассчитывается по формуле (рисунок 2.10):

$$\delta = \frac{d_{\text{max}} - d_{\text{min}}}{2}. \quad (2.4)$$

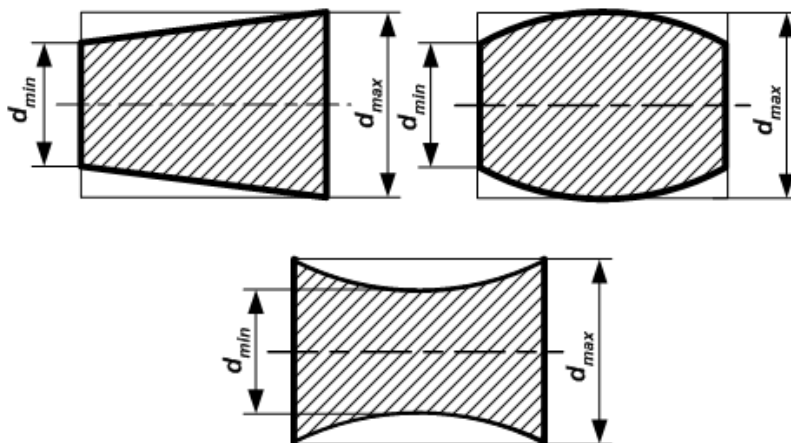


Рисунок 2.10 – Определение конусообразности, бочкообразности и седлообразности

2.2 Контрольные задания

Цель заданий – научиться определять допуски формы и расположения по справочным таблицам, обозначать их на чертежах, рассчитывать их по результатам измерений.

Задание № 6

Расшифровать условные обозначения предельных отклонений формы и расположения поверхностей на эскизе.

Пример решения задания № 6.

Исходные данные: рисунок 2.11.

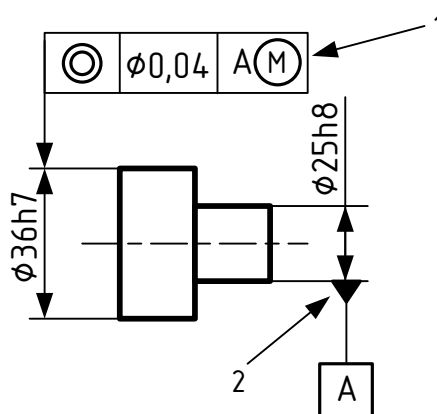


Рисунок 2.11 – Эскиз к примеру задания № 6

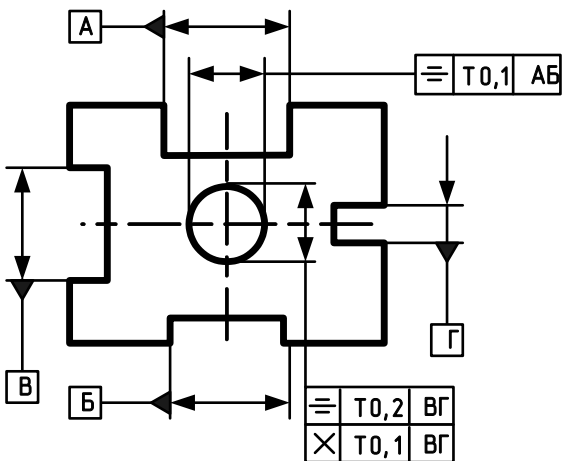
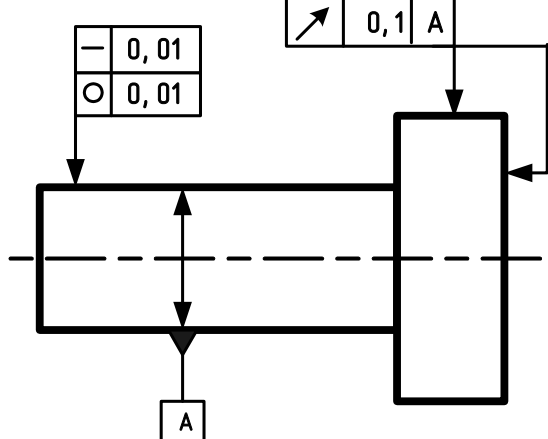
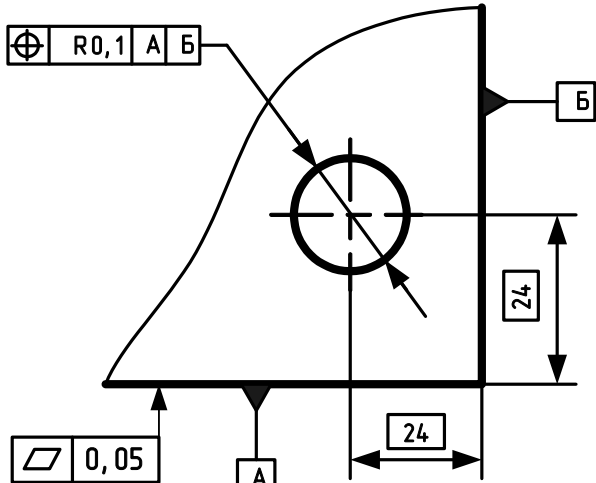
Решение.

1 – допуск отклонения от соосности не более 0,04 мм (в диаметральном выражении) относительно базовой оси A поверхности $\phi 25$ мм. Допуск зависимый.

2 – обозначение базы A – оси поверхности $\phi 25$ мм.

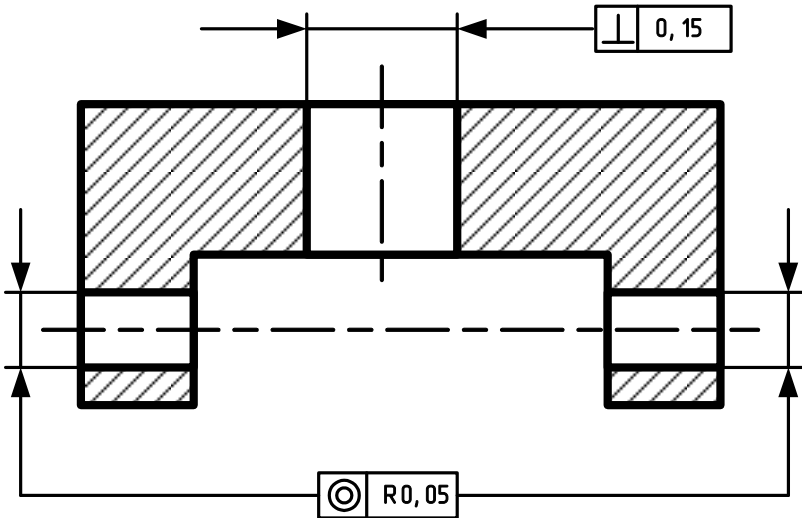
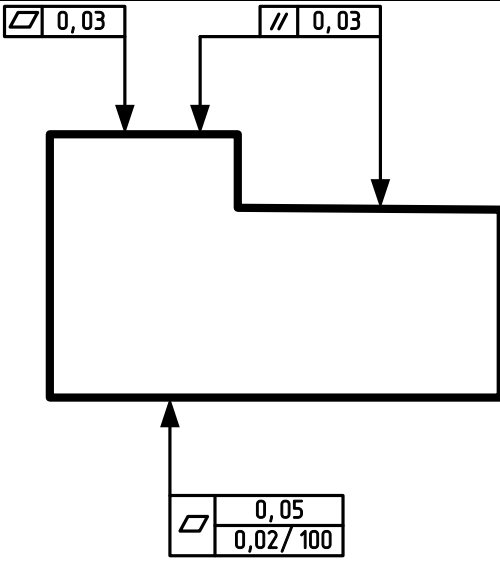
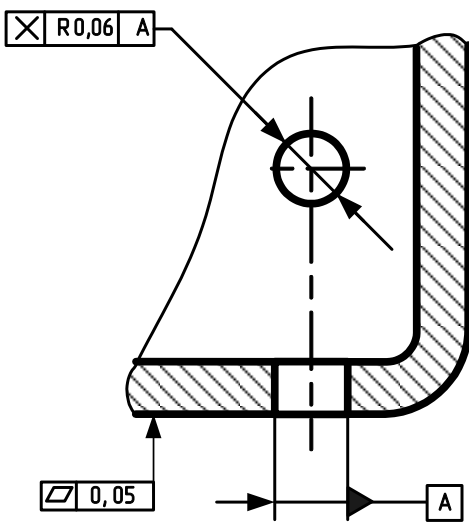
Варианты для задания № 6 приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Варианты для задания № 6

| Вариант | Эскиз |
|-------------------|--|
| 1, 16, 31, 46, 61 |  <p>Technical drawing of a mechanical part. The drawing shows a central circular feature with a hole. There are several rectangular features and a chamfered edge. Tolerances are specified as follows:</p> <ul style="list-style-type: none"> Feature A: $\pm 0,1$ AB Feature B: $\pm 0,2$ BF Feature G: $\pm 0,1$ BF Feature X: $\pm 0,1$ BF |
| 2, 17, 32, 47, 62 |  <p>Technical drawing of a mechanical part. The drawing shows a rectangular part with a chamfered edge. Tolerances are specified as follows:</p> <ul style="list-style-type: none"> Surface texture: $\sqrt{0,01}$ Surface texture: $\circ 0,01$ Chamfered edge: $0,1$ A |
| 3, 18, 33, 48, 63 |  <p>Technical drawing of a mechanical part. The drawing shows a part with a curved surface and a hole. Tolerances are specified as follows:</p> <ul style="list-style-type: none"> Surface texture: $\oplus R0,1$ A Б Surface texture: $\nabla 0,05$ Dimension: 24 Dimension: 24 |

| Вариант | Эскиз |
|--------------------------|--|
| <p>4, 19, 34, 49, 64</p> | <p>6 отверст. $\varnothing 20$ $\oplus \varnothing 0,2 \text{ M}$</p> |
| <p>5, 20, 35, 50, 65</p> | |
| <p>6, 21, 36, 51, 66</p> | |

Продолжение таблицы 2.2

| Вариант | Эскиз |
|-------------------|--|
| 7, 22, 37, 52, 67 |  <p>Technical sketch of a stepped shaft. The shaft has a central section with a diameter smaller than the outer sections. The outer sections are hatched. A vertical dashed line indicates the axis of symmetry. A surface texture symbol is shown on the top surface of the central section. A geometric tolerance symbol for perpendicularity is shown on the top surface of the right-hand section. A geometric tolerance symbol for circular runout is shown on the bottom surface of the central section.</p> |
| 8, 23, 38, 53, 68 |  <p>Technical sketch of a stepped shaft. The shaft has a central section with a diameter smaller than the outer sections. The outer sections are hatched. A vertical dashed line indicates the axis of symmetry. A surface texture symbol is shown on the top surface of the left-hand section. A surface texture symbol is shown on the top surface of the right-hand section. A surface texture symbol is shown on the bottom surface of the central section. A geometric tolerance symbol for parallelism is shown on the top surface of the right-hand section.</p> |
| 9, 24, 39, 54, 69 |  <p>Technical sketch of a curved part. The part has a curved top surface and a vertical right-hand side. The bottom and right-hand side are hatched. A vertical dashed line indicates the axis of symmetry. A surface texture symbol is shown on the top surface of the curved part. A surface texture symbol is shown on the bottom surface of the curved part. A geometric tolerance symbol for circular runout is shown on the top surface of the curved part. A feature control frame is shown on the bottom surface of the curved part.</p> |

| Вариант | Эскиз |
|--------------------|---|
| 10, 25, 40, 55, 70 | <p>Technical drawing of a stepped shaft. The left view is a cross-section showing a diameter of 50 mm and a section labeled 'A'. The right view is a front view showing four holes with a diameter of 8.4 mm. Surface texture symbols are present: a circle with '0,01' and a square with '0,01'.</p> |
| 11, 26, 41, 56, 71 | <p>Technical drawing of a trapezoidal part. It shows a top view with a chamfered edge at an angle α°. Surface texture symbols include a triangle with '0,1(M) A' and a square with '0,06'. A section line 'A' is shown at the bottom.</p> |
| 12, 27, 42, 57, 72 | <p>Technical drawing of a hemispherical part. It shows a top view with a flat top surface. Surface texture symbols include a double slash with '0,1 A' and a square with '0,06'. A section line 'A' is shown at the bottom.</p> |

| Вариант | Эскиз |
|--------------------|-------|
| 13, 28, 43, 58, 73 | |
| 14, 29, 44, 59, 74 | |
| 15, 30, 45, 60, 75 | |

Задание № 7

Нанести на эскизе условными обозначениями указанных требований к отклонению формы или расположению поверхностей.

Пример решения задания № 7.

Исходные данные: Нанести на эскизе условными обозначениями требования к отклонению от соосности оси поверхности А относительно оси поверхности Б в зависимости от заданных диаметров и степени точности 5 на отклонение расположения поверхностей (рисунок 2.12).

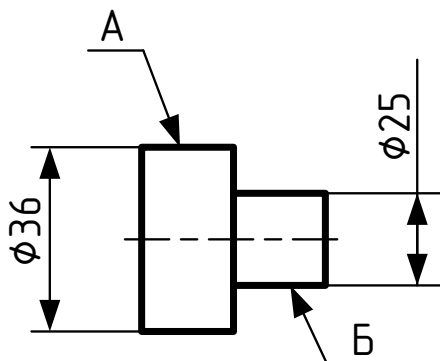


Рисунок 2.12 – Эскиз детали к примеру задания № 7

Решение.

По таблице А5 определяем допуск соосности для диаметра 36 мм и степени точности 5 – 12 мкм в диаметральном выражении. База А – ось поверхности Б (рисунок 2.13).

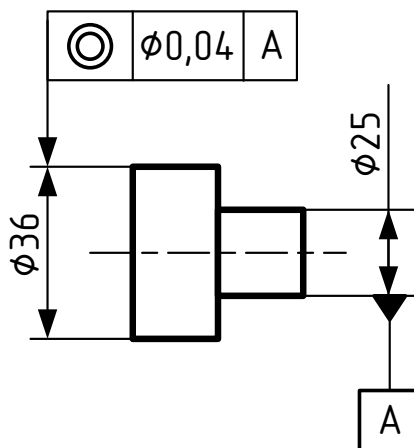


Рисунок 2.13 – Эскиз решения примеру задания № 7

Вариант 1–10. Нанести на эскизе условными обозначениями требования к отклонению от плоскостности бруска в зависимости от заданных размеров и степени точности на погрешность формы.

Варианты 1–10 для задания № 7 приведены в таблице 2.3 и рисунке 2.14.

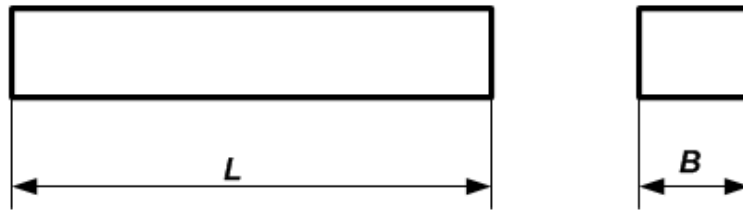


Рисунок 2.14 – Эскиз детали для вариантов 1–10 задания № 7

Таблица 2.3 – Варианты 1–10 для задания № 7

| Вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------------|-----|----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| Номинальный размер L, мм | 100 | 22 | 125 | 110 | 80 | 50 | 360 | 450 | 630 | 500 |
| Номинальный размер B, мм | 40 | 10 | 25 | 16 | 10 | 18 | 50 | 75 | 60 | 63 |
| Степень точности | 2 | 4 | 3 | 5 | 4 | 10 | 7 | 5 | 6 | 7 |

Вариант 11–20. Нанести на эскизе условными обозначениями требования к отклонению от образующей цилиндра в зависимости от заданной длины и степени точности на погрешность формы.

Варианты 11–20 для задания № 7 приведены в таблице 2.4 и рисунке 2.15.

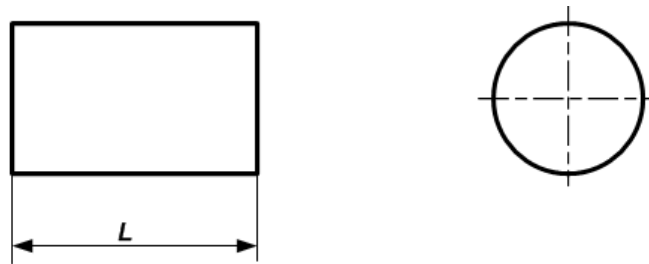


Рисунок 2.15 – Эскиз детали для вариантов 11–20 задания № 7

Таблица 2.4 – Варианты 11–20 для задания № 7

| Вариант | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|-----------------------|-----|----|----|-----|-----|----|----|-----|-----|----|
| Номинальная длина, мм | 310 | 95 | 95 | 140 | 140 | 70 | 70 | 120 | 120 | 20 |
| Степень точности | 6 | 3 | 4 | 8 | 7 | 6 | 3 | 3 | 5 | 5 |

Вариант 21–30. Нанести на эскизе условными обозначениями требования к отклонению от круглости наружного цилиндра d и внутреннего D в зависимости от заданных диаметров и степеней точности на погрешность формы.

Варианты 21–30 для задания № 7 приведены в таблице 2.5 и рисунке 2.16.

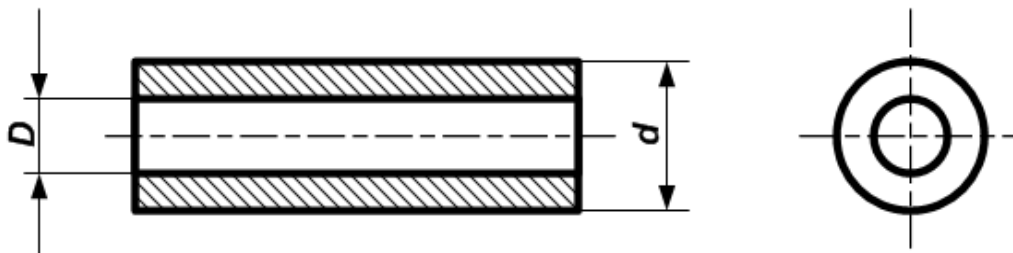


Рисунок 2.16 – Эскиз детали для вариантов 21–30 задания № 7

Таблица 2.5 – Варианты 21–30 для задания № 7

| | | | | | | | | | | |
|---------------------------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|----|----|
| Вариант | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| Номинальный диаметр D, мм | 40 | 75 | 92 | 44 | 55 | 75 | 180 | 200 | 29 | 32 |
| Номинальный диаметр d, мм | 21 | 50 | 45 | 12 | 24 | 40 | 50 | 80 | 12 | 10 |
| Степень точности | 6 | 4 | 5 | 5 | 8 | 7 | 6 | 8 | 9 | 4 |

Вариант 31–40. Нанести на эскизе условными обозначениями требования к отклонению от перпендикулярности поверхности Б относительно основания А в зависимости от размера h и степени точности на отклонение расположения поверхностей.

Варианты 31–40 для задания № 7 приведены в таблице 2.6 и рисунке 2.17.

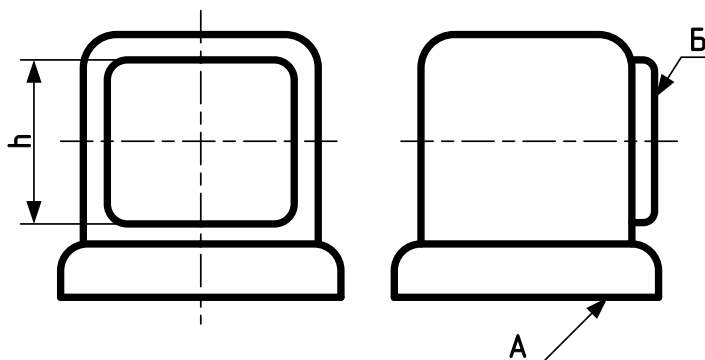


Рисунок 2.17 – Эскиз детали для вариантов 31–40 задания № 7

Таблица 2.6 – Варианты 31–40 для задания № 7

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| Вариант | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
| Номинальный размер h, мм | 40 | 40 | 100 | 100 | 160 | 160 | 250 | 250 | 60 | 80 |
| Степень точности | 2 | 4 | 5 | 7 | 9 | 1 | 4 | 8 | 3 | 4 |

Вариант 41–50. Нанести на эскизе условными обозначениями требования к отклонению от параллельности плоскостей бруска в зависимости от заданных размеров и степени точности на отклонение расположения поверхностей.

Варианты 41–50 для задания № 7 приведены в таблице 2.7 и рисунке 2.18.

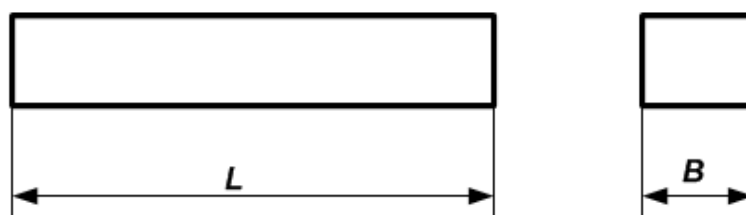


Рисунок 2.18 – Эскиз детали для вариантов 41–50 задания № 7

Таблица 2.7 – Варианты 41–50 для задания № 7

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----|-----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|
| Вариант | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |
| Номинальный размер L, мм | 400 | 400 | 90 | 90 | 160 | 40 | 90 | 30 | 40 | 160 |
| Номинальный размер B, мм | 90 | 90 | 30 | 30 | 40 | 25 | 10 | 10 | 20 | 25 |
| Степень точности | 8 | 7 | 3 | 5 | 8 | 4 | 3 | 3 | 5 | 8 |

Вариант 51–60. Нанести на эскизе условными обозначениями требования к отклонению от соосности отверстия А относительно отверстия Б в зависимости от заданных диаметров и степеней точности на отклонение расположения поверхностей.

Варианты 51–60 для задания № 7 приведены в таблице 2.8 и рисунке 2.19.

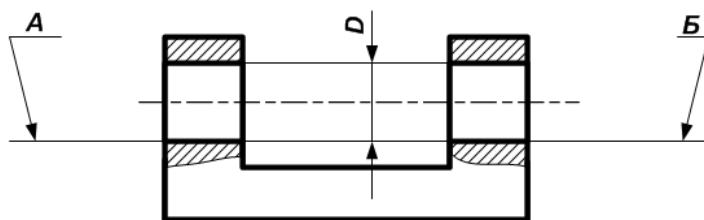


Рисунок 2.19 – Эскиз детали для вариантов 51–60 задания № 7

Таблица 2.8 – Варианты 51–60 для задания № 7

| Вариант | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 |
|---------------------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| Номинальный диаметр D, мм | 40 | 25 | 16 | 160 | 160 | 100 | 100 | 320 | 320 | 25 |
| Степень точности | 2 | 1 | 3 | 5 | 4 | 7 | 8 | 6 | 4 | 3 |

Вариант 61–70. Нанести на эскизе условными обозначениями требования к радиальному биению поверхностей А и Б и торцовому биению поверхности В относительно оси отверстия в зависимости от заданных диаметров и степеней точности на отклонение расположения поверхностей.

Варианты 61–70 для задания № 7 приведены в таблице 2.9 и рисунке 2.20.

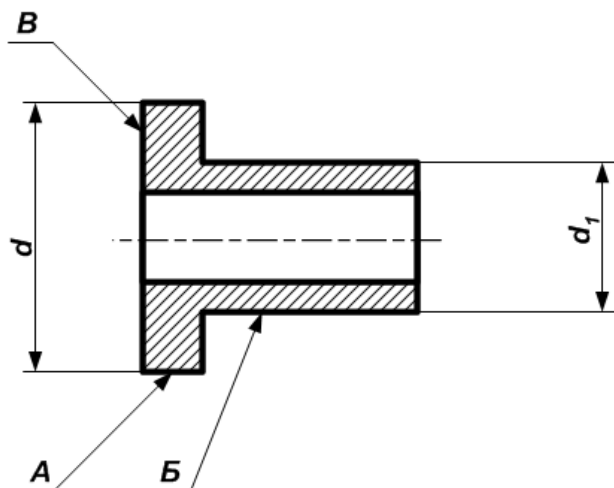


Рисунок 2.20 – Эскиз детали для вариантов 61–70 задания № 7

Таблица 2.9 – Варианты 61–70 для задания № 7

| Вариант | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 |
|--|-----|-----|----|----|----|-----|----|----|-----|----|
| Номинальный размер d, мм | 200 | 110 | 40 | 85 | 60 | 145 | 28 | 69 | 124 | 90 |
| Номинальный размер d ₁ , мм | 125 | 65 | 12 | 20 | 35 | 80 | 20 | 20 | 36 | 50 |
| Степень точности | 6 | 7 | 8 | 7 | 4 | 3 | 5 | 2 | 5 | 8 |

Вариант 71–75. Нанести на эскизе условными обозначениями требования к отклонению от симметричности расположения паза h относительно поверхностей A в зависимости от размера паза и степени точности на отклонения расположения поверхностей.

Варианты 71–75 для задания № 7 приведены в таблице 2.10 и рисунке 2.21.

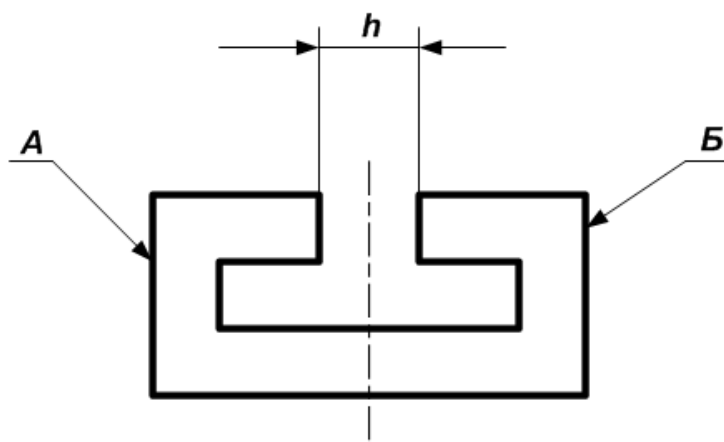


Рисунок 2.21 – Эскиз детали для вариантов 71–75 задания № 7

Таблица 2.10 – Варианты 71–75 для задания № 7

| Вариант | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 |
|-----------------------------|----|-----|-----|-----|-----|
| Номинальный размер h , мм | 90 | 110 | 110 | 230 | 230 |
| Степень точности | 5 | 7 | 2 | 1 | 1 |

Задание № 8

В задании 8 необходимо рассчитать отклонения по формулам (2.1) – (2.4), используя рисунки 2.7 – 2.10 и рисунки заданий.

Вариант 1–19. Микрометром измерены диаметры валов по краям и в середине, по результатам определить величину и вид отклонения профиля продольного сечения (конусообразность, седлообразность, бочкообразность).

Варианты 1–19 для задания № 8 приведены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Варианты 1–19 для задания № 8

| Вариант | d_1 , мм | d_2 , мм | d_3 , мм | Вариант | d_1 , мм | d_2 , мм | d_3 , мм |
|---------|------------|------------|------------|---------|------------|------------|------------|
| 1 | 79,97 | 79,99 | 79,95 | 11 | 48,25 | 48,18 | 48,16 |
| 2 | 31,99 | 31,92 | 31,98 | 12 | 61,95 | 61,82 | 61,94 |
| 3 | 65,98 | 66,02 | 65,97 | 13 | 18,22 | 18,25 | 18,22 |
| 4 | 25,01 | 25,04 | 25,07 | 14 | 54,54 | 54,68 | 54,71 |
| 5 | 32,05 | 32,1 | 32,15 | 15 | 115,14 | 115 | 115,12 |
| 6 | 14,01 | 13,93 | 13,98 | 16 | 96,65 | 96,45 | 96,21 |
| 7 | 69,99 | 70,03 | 69,97 | 17 | 87,58 | 87,46 | 87,62 |
| 8 | 46,02 | 45,98 | 45,96 | 18 | 41,21 | 41,21 | 41,35 |
| 9 | 15,01 | 14,95 | 14,99 | 19 | 58,38 | 58,25 | 58,18 |
| 10 | 22,06 | 21,92 | 22,01 | | | | |

Вариант 20–39. При измерении рычажной скобой валов установлено, что они имеют овальность. Определить значения овальности по результатам измерения.
 Варианты 20–39 для задания № 8 приведены в таблице 2.12 и рисунке 2.22.

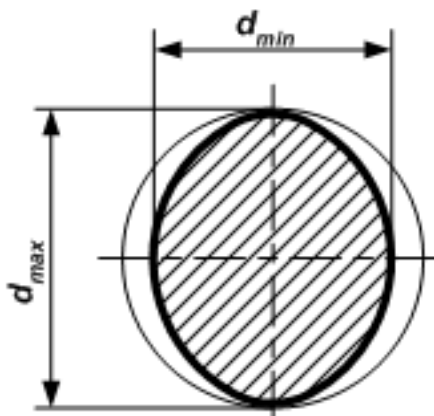


Рисунок 2.22 – Эскиз для вариантов 20–39 задания № 8

Таблица 2.12 – Варианты 20–39 для задания № 8

| Вариант | d_{\max} , мм | d_{\min} , мм | Вариант | d_{\max} , мм | d_{\min} , мм |
|---------|-----------------|-----------------|---------|-----------------|-----------------|
| 20 | 10,95 | 10,9 | 30 | 8,87 | 8,36 |
| 21 | 4,2 | 4,19 | 31 | 95,25 | 95,47 |
| 22 | 7,86 | 7,82 | 32 | 54,32 | 54,64 |
| 23 | 47,3 | 47,22 | 33 | 38,12 | 38,18 |
| 24 | 35,01 | 34,97 | 34 | 22,58 | 22,46 |
| 25 | 17,5 | 17,42 | 35 | 74,76 | 74,78 |
| 26 | 43,6 | 43,51 | 36 | 49,37 | 49,41 |
| 27 | 15,85 | 15,8 | 37 | 87,95 | 87,92 |
| 28 | 39,99 | 39,93 | 38 | 14,14 | 14,24 |
| 29 | 25 | 24,94 | 39 | 112,25 | 112,68 |

Вариант 40–57. Определить годность валов по результатам измерения огранки в призме.
 Варианты 40–57 для задания № 8 приведены в таблице 2.13 и рисунке 2.23.

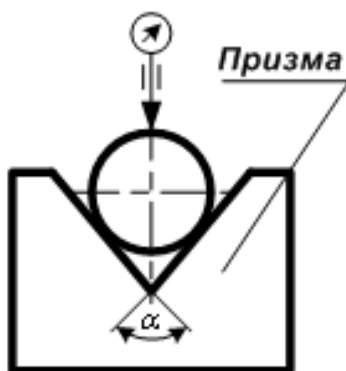


Рисунок 2.13 – Эскиз для вариантов 40–57 задания № 8

Таблица 2.23 – Варианты 40–57 для задания № 8

| Вариант | Допустимая величина огранки, мм | Число граней n | Угол α призмы, град. | Показание отсчетного устройства, мкм |
|---------|---------------------------------|----------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| 40 | 0,03 | 5 | 120 | 86 |
| 41 | 0,013 | 3 | 120 | 70 |
| 42 | 0,06 | 5 | 60 | 50 |
| 43 | 0,02 | 7 | 90 | 40 |
| 44 | 0,03 | 7 | 120 | 70 |
| 45 | 0,016 | 3 | 60 | 50 |
| 46 | 0,016 | 5 | 90 | 23 |
| 47 | 0,02 | 5 | 120 | 120 |
| 48 | 0,012 | 7 | 60 | 32 |
| 49 | 0,05 | 7 | 60 | 68 |
| 50 | 0,02 | 3 | 90 | 45 |
| 51 | 0,03 | 5 | 120 | 22 |
| 52 | 0,018 | 3 | 120 | 72 |
| 53 | 0,02 | 5 | 60 | 52 |
| 54 | 0,06 | 3 | 60 | 112 |
| 55 | 0,03 | 5 | 90 | 34 |
| 56 | 0,014 | 5 | 120 | 28 |
| 57 | 0,05 | 7 | 60 | 16 |

Вариант 58–75. Определить наибольшее и наименьшее возможное расстояние между осями отверстий при нормировании зависимого допуска в диаметральном выражении. Сделать вывод о возможности установки крепежной детали при условии сопряжения с деталью, у которой аналогичные размеры и допуски на отверстия.

Варианты 58–75 для задания № 8 приведены в таблице 2.14 и рисунке 2.24.

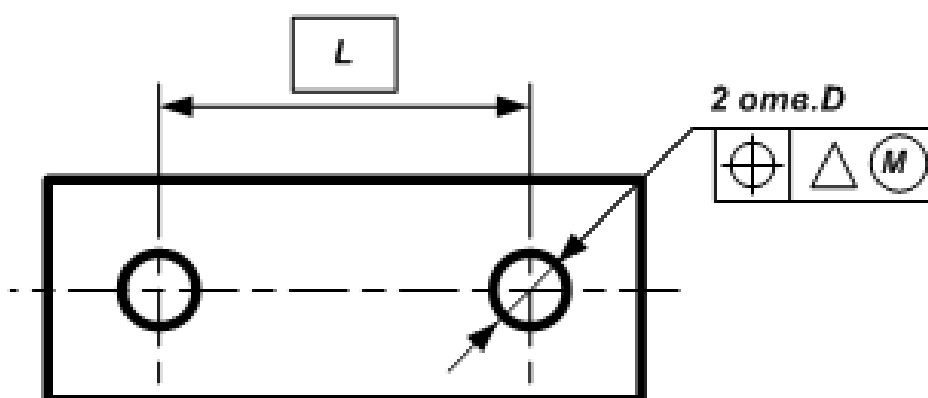


Рисунок 2.14 – Эскиз детали для вариантов 58–75 задания № 8

Таблица 2.24 – Варианты 58–75 для задания № 8

| Вариант | D, мм | L, мм | Δ , мм |
|---------|--------------|-------|---------------|
| 58 | $6,3^{+0,2}$ | 25 | $\pm 0,3$ |
| 59 | $4,2^{+0,1}$ | 68 | $\pm 0,1$ |
| 60 | $6,4^{+0,2}$ | 75 | $\pm 0,2$ |
| 61 | $5,2^{+0,2}$ | 64 | $\pm 0,2$ |
| 62 | $8,3^{+0,3}$ | 80 | $\pm 0,1$ |
| 63 | $5,2^{+0,1}$ | 52 | $\pm 0,3$ |
| 64 | $8,3^{+0,2}$ | 35 | $\pm 0,2$ |
| 65 | $6,2^{+0,2}$ | 70 | $\pm 0,2$ |
| 66 | $4,2^{+0,2}$ | 75 | $\pm 0,2$ |
| 67 | $5,1^{+0,2}$ | 94 | $\pm 0,2$ |
| 68 | $9,3^{+0,2}$ | 31 | $\pm 0,3$ |
| 69 | $8,2^{+0,1}$ | 68 | $\pm 0,2$ |
| 70 | $6,3^{+0,2}$ | 125 | $\pm 0,2$ |
| 71 | $9,2^{+0,2}$ | 75 | $\pm 0,2$ |
| 72 | $3,2^{+0,2}$ | 18 | $\pm 0,1$ |
| 73 | $5,4^{+0,2}$ | 44 | $\pm 0,3$ |
| 74 | $7,2^{+0,2}$ | 87 | $\pm 0,2$ |
| 75 | $9,3^{+0,3}$ | 22 | $\pm 0,2$ |

Задание № 9

Изношенную инструментальную линейку проверили на прямолинейность (рисунок 2.15). По результатам измерений построить график и указать максимальную величину отклонения от прямолинейности линейки (измерение проводилось в точках, расположенных через равные интервалы).

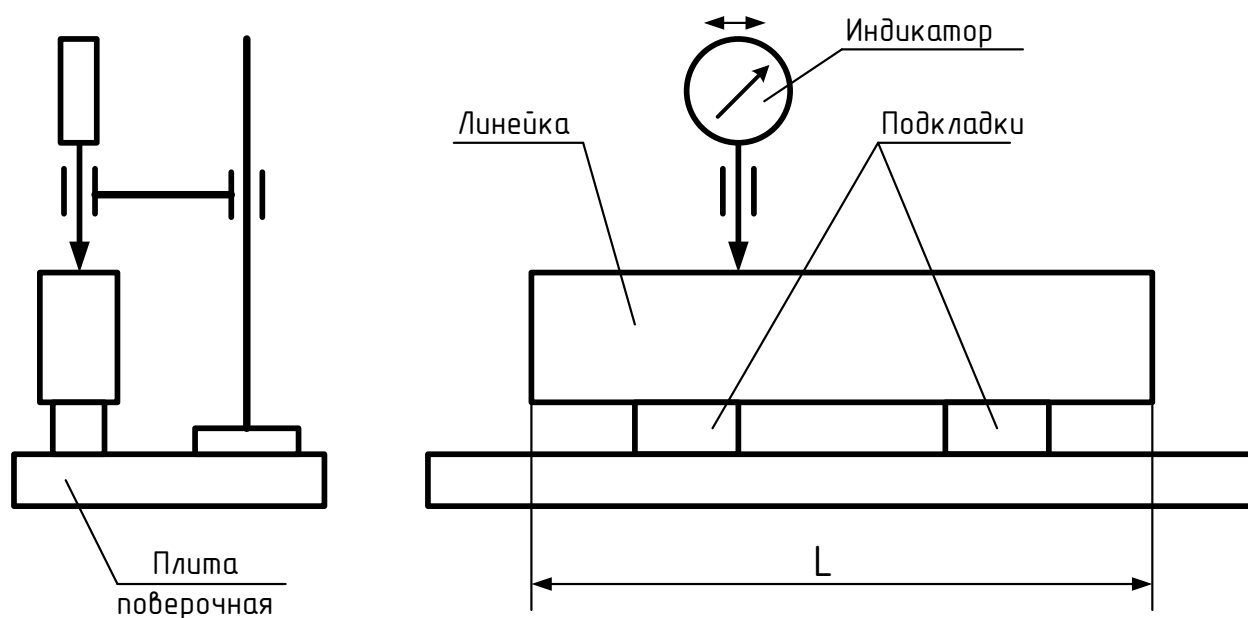


Рисунок 2.15 – Эскиз для задания № 9

Пример решения задания № 9.

Исходные данные:

Длина линейки $L = 150$ мм.

Измерение в первой точке $\Delta_1 = +5$ мкм.

Измерение во второй точке $\Delta_2 = -4$ мкм.

Измерение в третьей точке $\Delta_3 = -2$ мкм.

Измерение в четвертой точке $\Delta_4 = +1$ мкм.

Решение.

Построим график (рисунок 2.16) и укажем на нем максимальную величину отклонения от прямолинейности δ_{\max} .

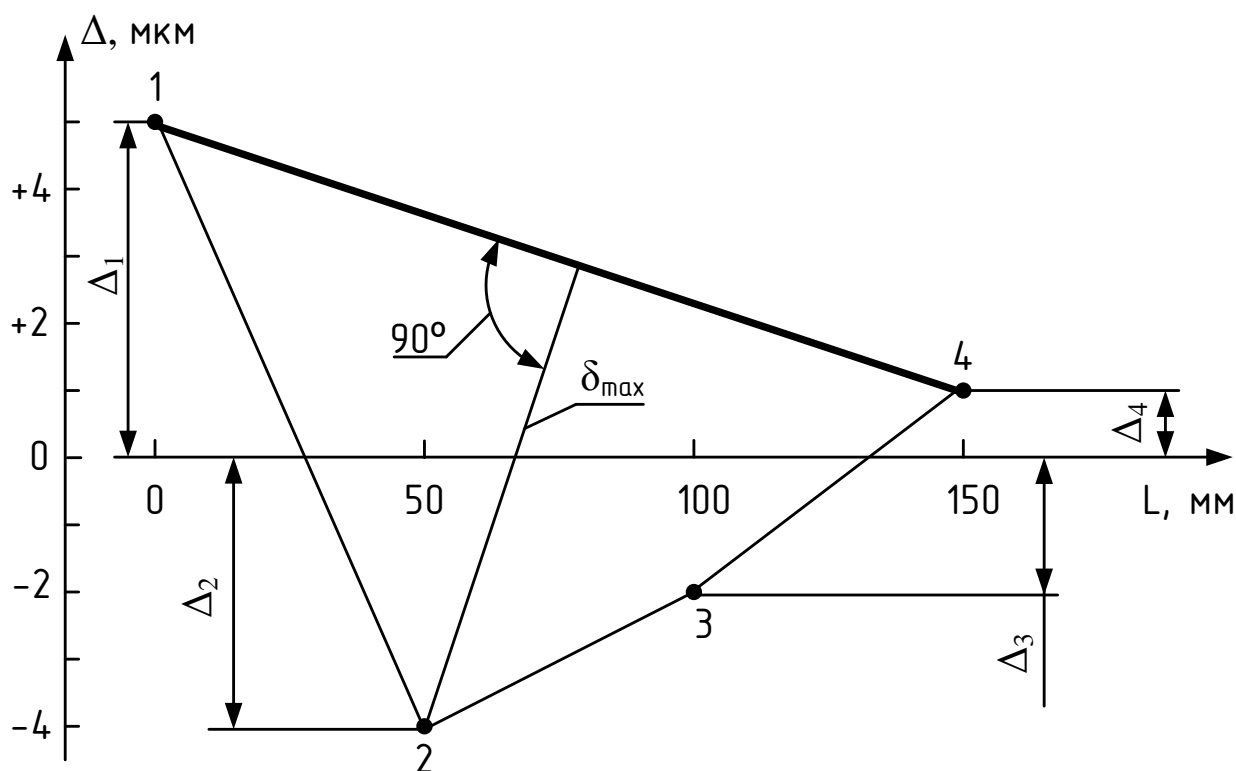


Рисунок 2.16 – Эскиз решения задания № 9

Варианты для задания № 9 приведены в таблице 2.25.

Таблица 2.25 – Варианты для задания № 9

| Вариант | Δ_1 , мкм | Δ_2 , мкм | Δ_3 , мкм | Δ_4 , мкм | Δ_5 , мкм | Δ_6 , мкм | Δ_7 , мкм | L, мм |
|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|
| 1 | +10 | +7 | +5 | +10 | +20 | +27 | +30 | 800 |
| 2 | 0 | 0 | +7 | -13 | -10 | -15 | -20 | 1000 |
| 3 | 0 | +4 | +8 | +10 | +7 | +8 | +10 | 1500 |
| 4 | 0 | +7 | +15 | +20 | +16 | +10 | +2 | 1000 |
| 5 | 0 | +3 | -4 | +6 | -5 | +5 | -3 | 1200 |
| 6 | -10 | +7 | +6 | -12 | -21 | -25 | -30 | 600 |
| 7 | -20 | +5 | -18 | -15 | -32 | -30 | -40 | 900 |

Продолжение таблицы 2.25

| Вариант | Δ_1 , мкм | Δ_2 , мкм | Δ_3 , мкм | Δ_4 , мкм | Δ_5 , мкм | Δ_6 , мкм | Δ_7 , мкм | L, мм |
|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|
| 8 | 0 | +6 | -10 | -12 | -8 | +7 | +11 | 1500 |
| 9 | 0 | +5 | +12 | +13 | +10 | +5 | +9 | 800 |
| 10 | +20 | +8 | +17 | +14 | +30 | +28 | +35 | 1000 |
| 11 | +10 | +5 | +7 | +10 | +2 | +10 | +16 | 1000 |
| 12 | 0 | -3 | +5 | -5 | -9 | -5 | -7 | 1500 |
| 13 | +10 | +16 | +20 | +15 | +10 | +8 | +7 | 1000 |
| 14 | -25 | -30 | -21 | -12 | +6 | +7 | +10 | 800 |
| 15 | -30 | -28 | -17 | -8 | +6 | +13 | +13 | 1000 |
| 16 | +30 | +21 | +18 | +4 | +12 | +3 | 0 | 1500 |
| 17 | +7 | +18 | +9 | +14 | +20 | +21 | +20 | 1500 |
| 18 | +12 | +7 | +6 | +1 | -4 | +2 | +4 | 1200 |
| 19 | +3 | -1 | -15 | -14 | -21 | -17 | -15 | 600 |
| 20 | 0 | +4 | +8 | +16 | +18 | +16 | +16 | 900 |
| 21 | -5 | -2 | 0 | -2 | -3 | -10 | -9 | 1000 |
| 22 | -20 | -17 | -10 | +3 | -4 | -4 | 0 | 800 |
| 23 | -15 | -10 | -20 | -10 | -5 | -1 | -4 | 1000 |
| 24 | 0 | 0 | +4 | +6 | 0 | +8 | +4 | 1500 |
| 25 | -30 | -25 | -15 | -20 | -17 | -10 | -5 | 1000 |
| 26 | +4 | +17 | +25 | +18 | +25 | +15 | +20 | 900 |
| 27 | +14 | +10 | +4 | +2 | 0 | -1 | -4 | 1200 |
| 28 | +15 | +25 | +20 | +20 | +20 | +15 | +14 | 600 |
| 29 | +7 | +15 | 0 | 0 | +3 | 0 | -2 | 900 |
| 30 | +2 | +10 | +16 | +20 | +15 | +7 | 0 | 1500 |
| 31 | +20 | +27 | +30 | +10 | +10 | +7 | +5 | 600 |
| 32 | +2 | 0 | +7 | +15 | +20 | +16 | +10 | 1000 |
| 33 | -21 | -25 | -30 | 0 | +3 | -4 | +6 | 1200 |
| 34 | -32 | -10 | +7 | +6 | -12 | -30 | -40 | 600 |
| 35 | +7 | +8 | 0 | +4 | +8 | +10 | +10 | 900 |
| 36 | -3 | 0 | 0 | +7 | -13 | -5 | +5 | 1500 |
| 37 | 0 | -3 | +5 | -5 | -10 | -15 | -20 | 800 |
| 38 | -9 | -5 | -20 | +5 | -18 | -15 | -32 | 1000 |
| 39 | -8 | 0 | +6 | -10 | -12 | -8 | -9 | 1000 |
| 40 | +10 | +20 | +8 | +17 | +14 | +30 | +35 | 1500 |
| 41 | +5 | +9 | +10 | +5 | +7 | +10 | +2 | 600 |
| 42 | 0 | +5 | +12 | +13 | +10 | +7 | +11 | 900 |
| 43 | -30 | -32 | -30 | -40 | -21 | -12 | -7 | 1000 |
| 44 | +16 | +30 | +28 | +16 | +20 | +2 | +10 | 800 |
| 45 | +15 | +10 | +10 | +10 | +8 | +7 | +6 | 1000 |
| 46 | -9 | -25 | -30 | -28 | -17 | -8 | -5 | 1500 |
| 47 | +3 | +7 | +6 | +13 | +13 | +8 | +16 | 1000 |
| 48 | -7 | -10 | +3 | -5 | -2 | 0 | -2 | 900 |
| 49 | +30 | +21 | +18 | +4 | +12 | +7 | +6 | 1200 |
| 50 | -1 | -15 | -14 | -3 | -10 | -20 | -17 | 1500 |
| 51 | +20 | +21 | +20 | +12 | +3 | 0 | | 800 |
| 52 | +1 | +7 | +18 | +9 | +14 | 0 | +4 | 1000 |
| 53 | +18 | +16 | +16 | +4 | +17 | +25 | +18 | 1000 |

Продолжение таблицы 2.25

| Вариант | Δ_1 , мкм | Δ_2 , мкм | Δ_3 , мкм | Δ_4 , мкм | Δ_5 , мкм | Δ_6 , мкм | Δ_7 , мкм | L, мм |
|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|
| 54 | -21 | -17 | -15 | -30 | -25 | -15 | -20 | 1500 |
| 55 | -4 | +2 | +4 | -9 | -4 | -4 | 0 | 1000 |
| 56 | 0 | 0 | +4 | +6 | +14 | +10 | +4 | +2 |
| 57 | -17 | -10 | -15 | -10 | -20 | -10 | -5 | 1000 |
| 58 | +15 | +20 | +15 | +25 | +20 | +20 | +25 | 1200 |
| 59 | +8 | +4 | -5 | -1 | -4 | 0 | 0 | 600 |
| 60 | -3 | 0 | 0 | -1 | -4 | +7 | -13 | 900 |
| 61 | 0 | +7 | +20 | +15 | +14 | +15 | +20 | 1500 |
| 62 | 0 | +7 | +8 | 0 | +4 | +8 | +2 | 800 |
| 63 | +7 | +6 | -3 | +5 | -5 | -10 | -12 | 1000 |
| 64 | -2 | -10 | -21 | -25 | -30 | 0 | +3 | 1000 |
| 65 | 0 | +3 | -21 | -25 | -30 | -4 | +6 | 1500 |
| 66 | +15 | +20 | +20 | +27 | +30 | +10 | +10 | 1000 |
| 67 | +6 | -12 | -32 | -10 | +7 | -40 | -30 | 900 |
| 68 | +7 | +10 | +10 | +4 | +8 | +8 | 0 | 1200 |
| 69 | +7 | -13 | -3 | 0 | 0 | -5 | +5 | 600 |
| 70 | 0 | +2 | +16 | +7 | +10 | +7 | +5 | 900 |
| 71 | +10 | +10 | +27 | +10 | +10 | +20 | +30 | 1500 |
| 72 | -10 | +7 | +2 | 0 | +7 | +6 | +6 | 1500 |
| 73 | +8 | 0 | +3 | -4 | +8 | 0 | +4 | 1000 |
| 74 | -30 | -40 | -12 | -21 | -25 | -30 | -32 | 1200 |
| 75 | +7 | +5 | +15 | +20 | +16 | +10 | +7 | 600 |

3 ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

В процессе формообразования деталей на их поверхности появляется шероховатость – ряд чередующихся выступов и впадин сравнительно малых размеров.

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

Влияние шероховатости на работу деталей машин многообразно:

- шероховатость поверхности может нарушать характер сопряжения деталей за счет смятия или интенсивного износа выступов профиля;
- в стыковых соединениях из-за значительной шероховатости снижается жесткость стыков;
- шероховатость поверхности валов разрушает контактирующие с ними различного рода уплотнения;
- неровности, являясь концентраторами напряжений, снижают усталостную прочность деталей;
- шероховатость влияет на герметичность соединений, на качество гальванических и лакокрасочных покрытий;
- шероховатость влияет на точность измерения деталей;
- коррозия металла возникает и распространяется быстрее на грубо обработанных поверхностях и т.п.

3.1 Основные понятия и обозначения

Шероховатость поверхности оценивается по неровностям профиля (рисунок 3.1), получаемого путем сечения реальной поверхности плоскостью. Для отделения шероховатости поверхности от других неровностей с относительно большими шагами ее рассматривают в пределах базовой длины.

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

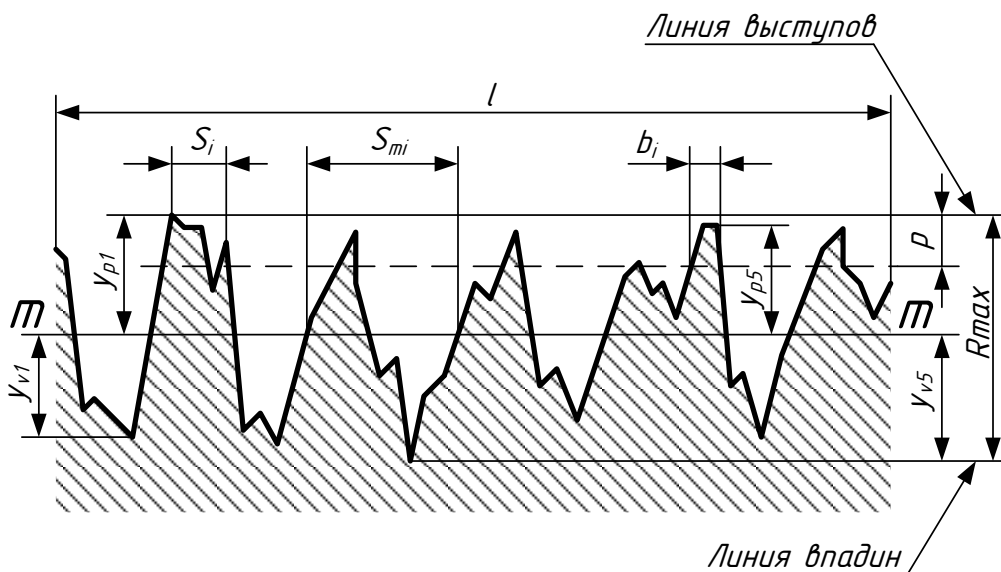


Рисунок 3.1 – Неровности профиля и параметры шероховатости поверхности

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

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

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx, \quad (3.1)$$

где l – базовая длина;

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

При дискретном способе обработки профилограммы параметр Ra рассчитывают по формуле:

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|, \quad (3.2)$$

где y_i – измеренные отклонения профиля в дискретных точках;

n – число измеренных дискретных отклонений на базовой длине.

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

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

$$Rz = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}|}{5}, \quad (3.3)$$

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

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

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

3 Наибольшая высота неровностей профиля $Rmax$ – расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины (рисунок 3.1). $Rmax$ нормируется в пределах от 0,025 до 1000 мкм.

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

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi}, \quad (3.4)$$

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

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

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

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

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i, \quad (3.5)$$

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

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

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

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

$$t_p = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i. \quad (3.6)$$

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

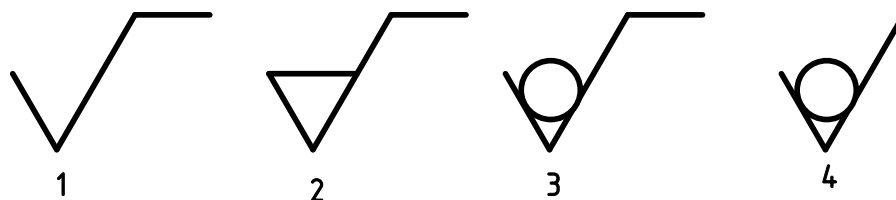
Кроме перечисленных шести количественных параметров шероховатости, стандартом установлены два качественных параметра:

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

б) тип направлений неровностей: параллельное, перпендикулярное, перекрещивающееся, произвольное, кругообразное, радиальное, точечное. Тип направлений неровностей указывается только в ответственных случаях, когда это необходимо по условиям работы детали или сопряжения.

Выбор параметров шероховатости поверхности производится в соответствии с ее функциональным назначением. Основным во всех случаях является нормирование высотных параметров. Предпочтительно, в том числе и для самых грубых поверхностей, нормировать параметр R_a , который точно отражает отклонения профиля, поскольку определяется по значительно большему числу точек, чем R_z . Параметр R_z нормируется в тех случаях, когда прямой контроль с помощью профилометров невозможен или затруднен (режущие кромки инструментов и т. п.). Следует применять в первую очередь предпочтительные значения.

Знаки шероховатости, указываемые на чертежах, показаны на рисунке 3.2:



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

Рисунок 3.2 – Знаки обозначения шероховатости поверхности

Структура и примеры обозначения указаны на рисунке 3.3.

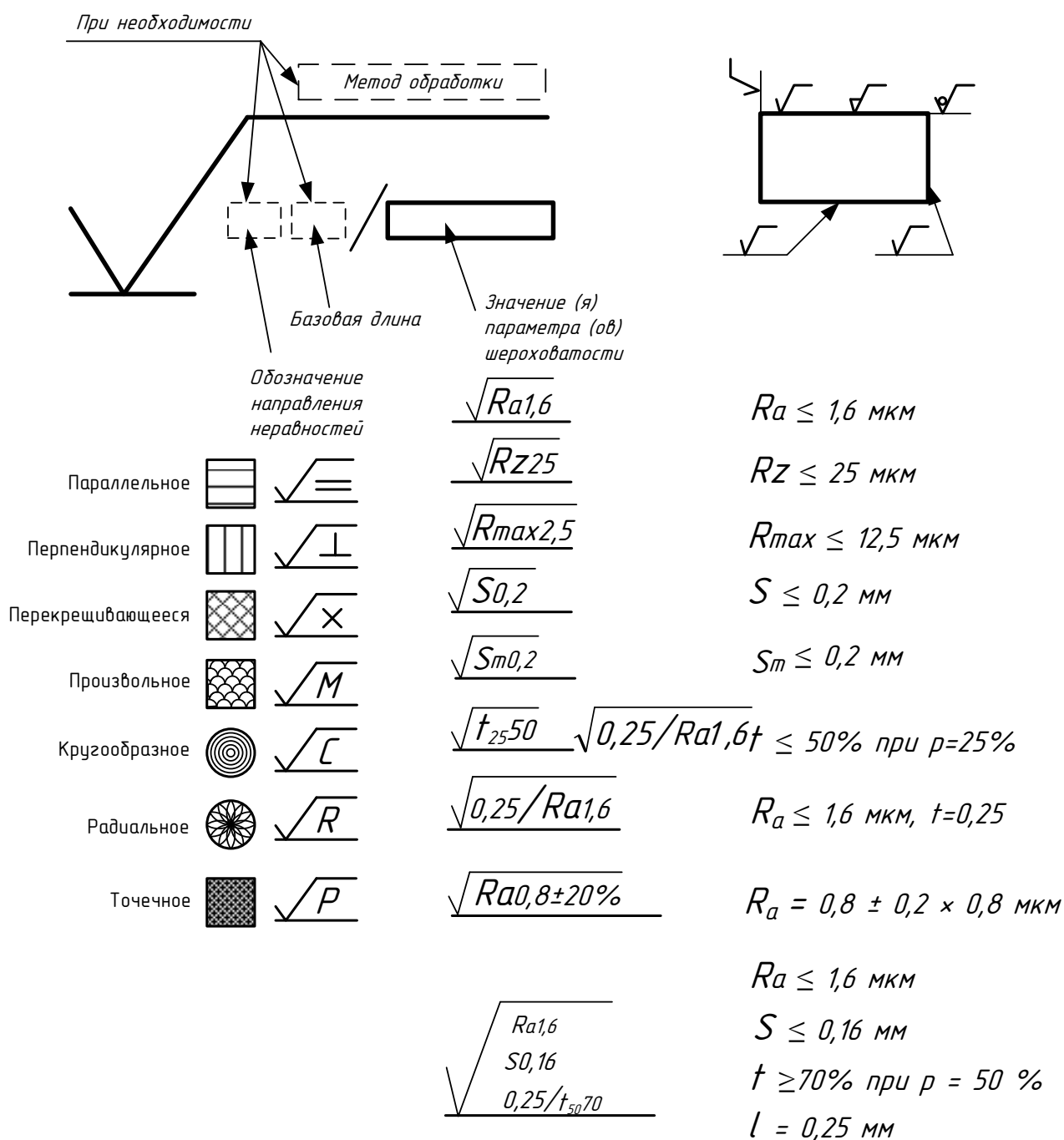


Рисунок 3.3 – Структура и примеры обозначения шероховатости

При указании одинаковой шероховатости для части поверхностей изделия в правом верхнем углу чертежа помещают обозначение одинаковой шероховатости и знак шероховатости в скобках. Знак в скобках означает, что все поверхности, на которых на изображении не нанесены обозначения шероховатости, должны иметь шероховатость, указанную перед скобками (рисунок 3.4).

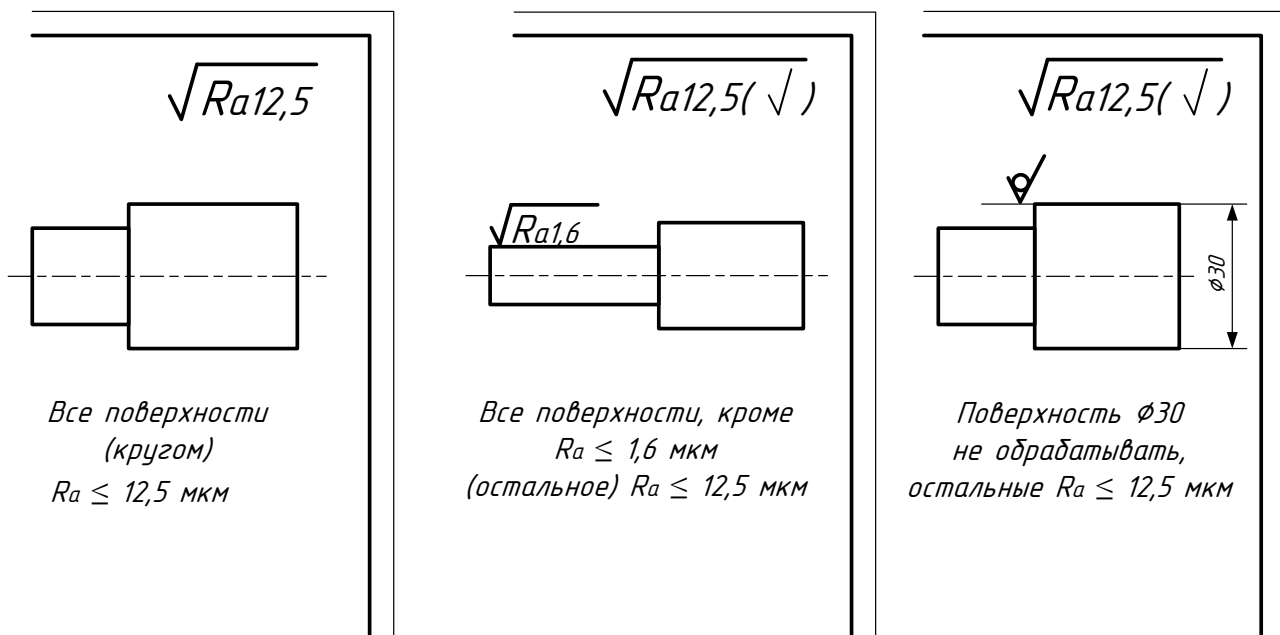


Рисунок 3.4 – Варианты обозначения шероховатости для части поверхностей изделия на чертеже

3.2 Контрольные задания

Цель заданий – научиться назначать параметры шероховатости для различных способов обработки, обозначать их на чертежах, рассчитывать их по результатам опытных данных.

Задание № 10

Определить значение параметра шероховатости R_z по приведенным результатам обработки профилограммы поверхности. Коэффициент вертикального увеличения $Y_B = 2000$, коэффициент горизонтального увеличения $Y_H = 60$.

Пример решения задания № 10.

Исходные данные: рисунок 3.5.

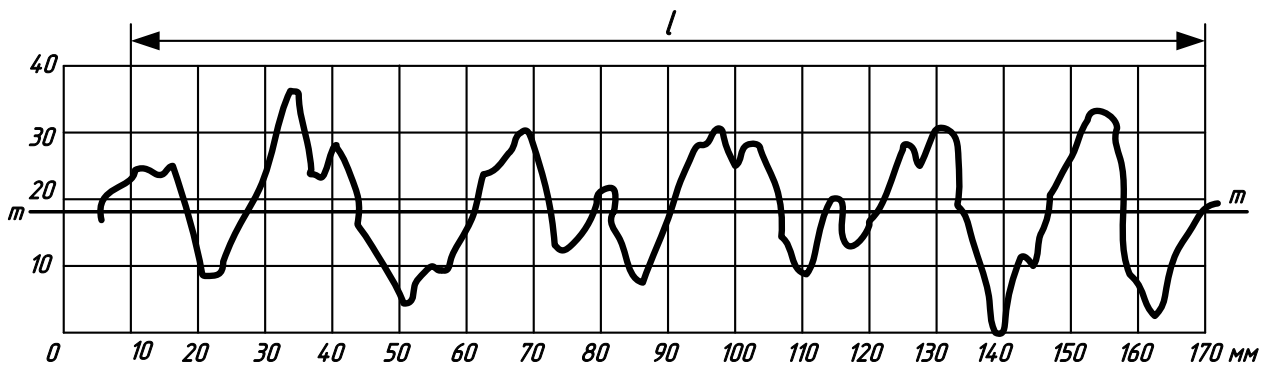


Рисунок 3.5 – Эскиз к примеру задания № 10

Решение.

На эскизе уже обозначены средняя линия $m-m$ и базовая длина l . Найдем значения высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины (рисунок 3.6).

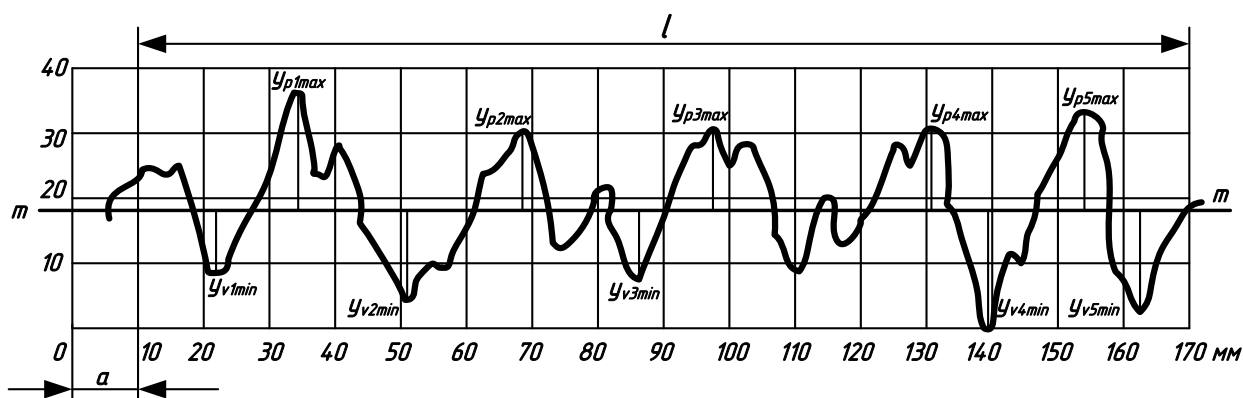


Рисунок 3.6 – Эскиз решения примера задания № 10

Результаты замеров на рисунке необходимо скорректировать согласно масштабу эскиза. Коэффициент корреляции

$$K = \frac{10}{a}, \quad (3.7)$$

где a – результат фактического замера расстояния на эскизе (рисунок 3.6), $a = 8$ мм.

$$K = \frac{10}{8} = 1,25.$$

Расчетные размеры высот и глубин определяются по формулам

$$y_p = \frac{y'_p}{Y_B} K, \quad (3.8)$$

$$y_v = \frac{y'_v}{Y_B} K, \quad (3.9)$$

где y_p – размер высоты выступа профиля;
 y_v – размер глубины впадины профиля;
 y'_p – размер высоты выступа профиля, замеренный на эскизе;
 y'_v – размер глубины впадины профиля, замеренный на эскизе;
 Y_B – коэффициент вертикального увеличения, $Y_B = 2000$.

Данные замеров и расчетов показаны в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Данные замеров и расчетов к решению задания №10

| Наименование | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|----|-----|-----|-----|-----|
| Размер высоты выступа профиля, замеренный на эскизе y'_p , мм | 16 | 10 | 11 | 11 | 13 |
| Размер глубины впадины профиля, замеренный на эскизе y'_v , мм | 8 | 12 | 9 | 16 | 13 |
| Размер высоты выступа профиля y_p , мкм | 10 | 6,3 | 6,9 | 6,9 | 8,1 |
| Размер глубины впадины профиля y_v , мкм | 5 | 7,5 | 5,6 | 10 | 8,1 |

Высота неровностей профиля по десяти точкам Rz определяется по формуле (3.3)

$$Rz = \frac{(10 + 6,3 + 6,9 + 6,9 + 8,1) + (5 + 7,5 + 5,6 + 10 + 8,1)}{5} = 13,5 \text{ мкм.}$$

Варианты для задания № 10 приведены на рисунках 3.7–3.21.

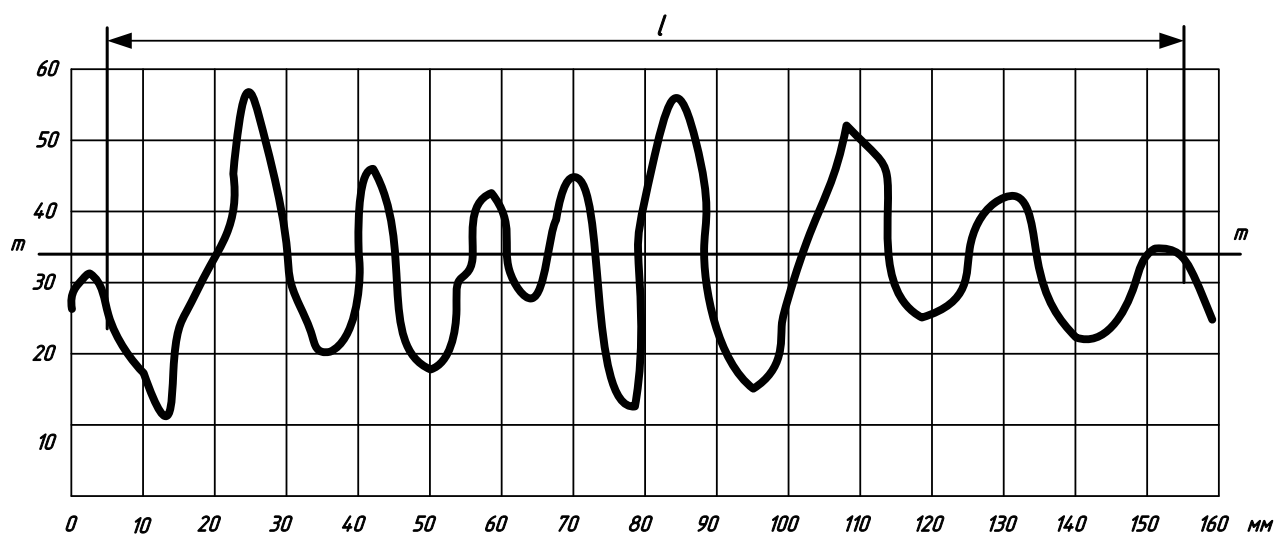


Рисунок 3.7 – Варианты 1, 16, 31, 46, 61 для задания № 10

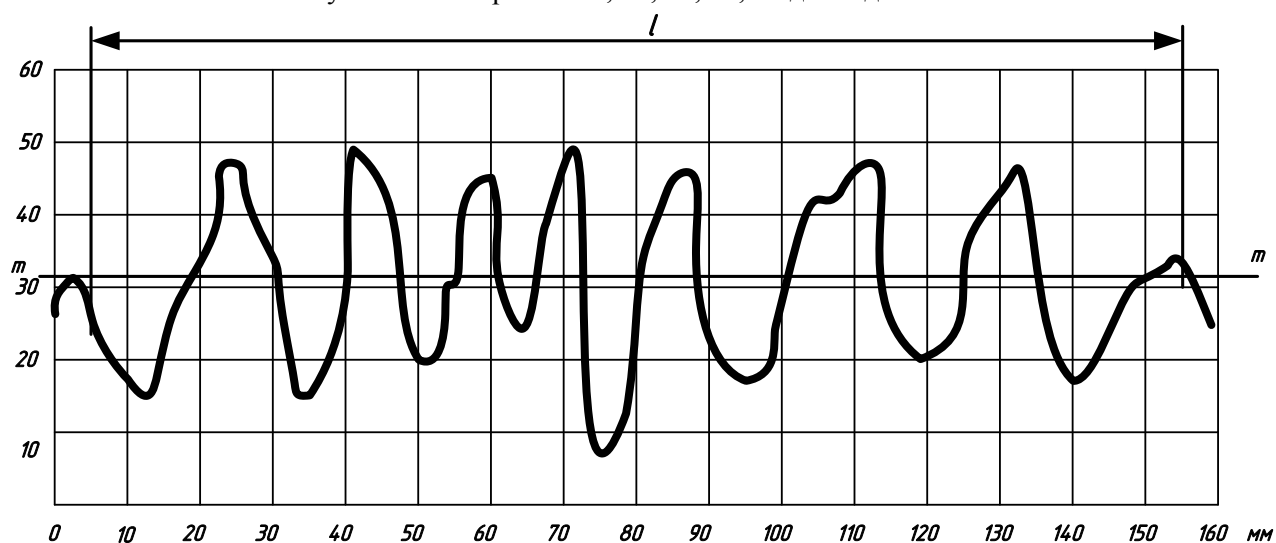


Рисунок 3.8 – Варианты 2, 17, 32, 47, 62 для задания № 10

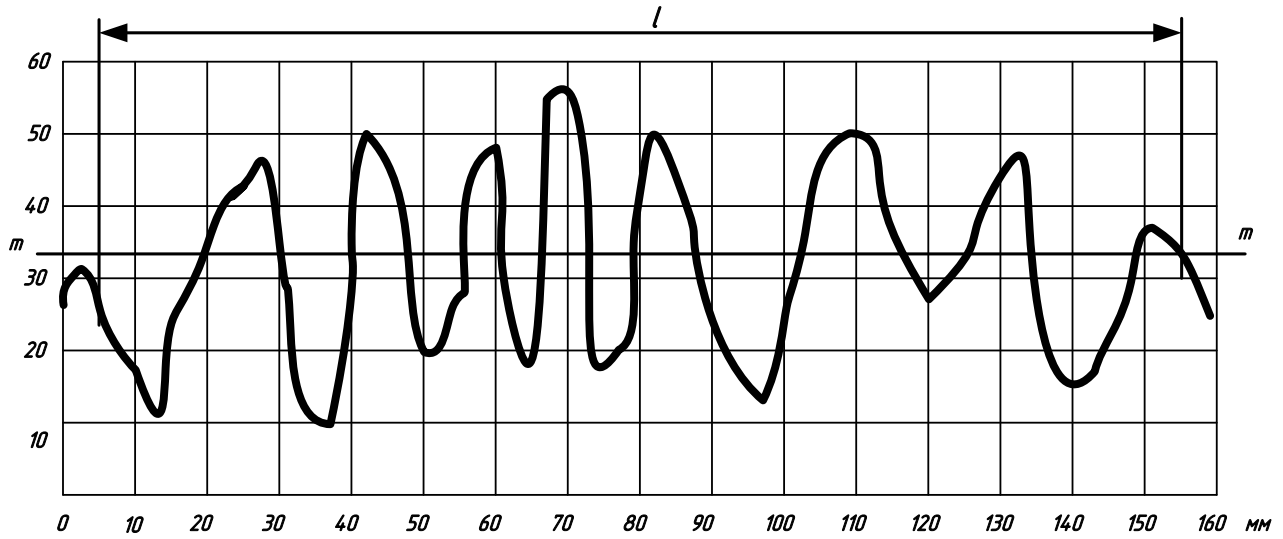


Рисунок 3.9 – Варианты 3, 18, 33, 48, 63 для задания № 10

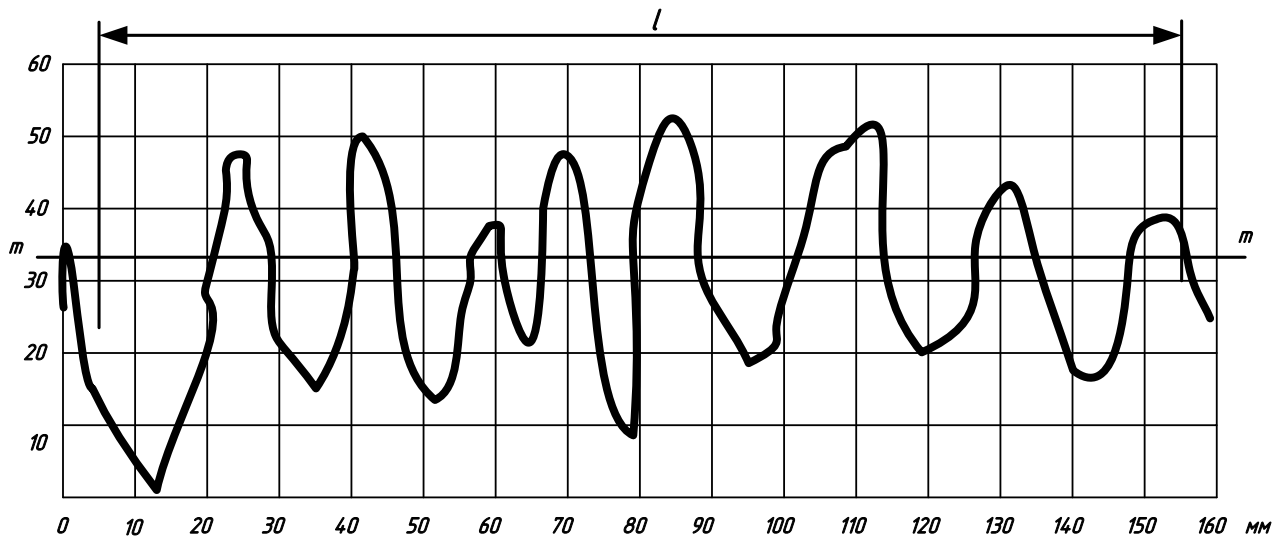


Рисунок 3.10 – Варианты 4, 19, 34, 49, 64 для задания № 10

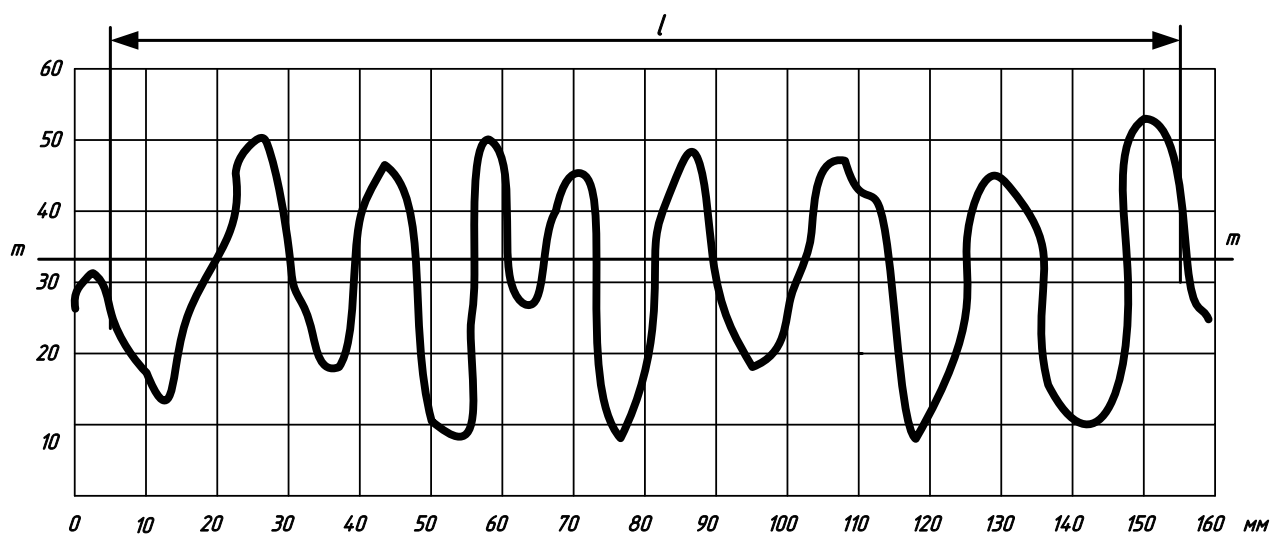


Рисунок 3.11 – Варианты 5, 20, 35, 50, 65 для задания № 10

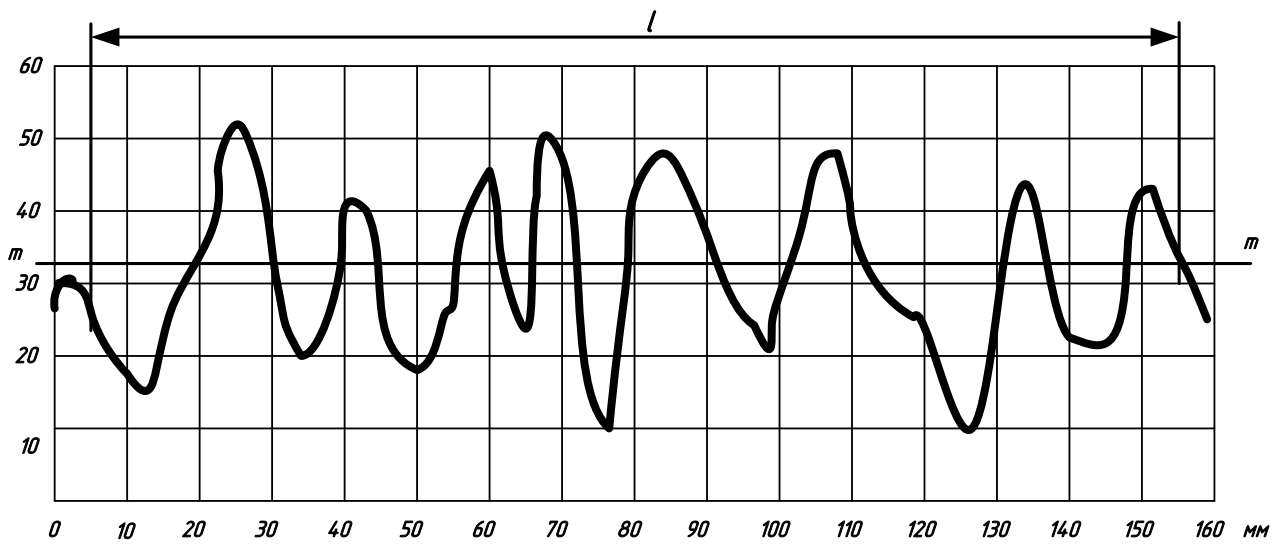


Рисунок 3.12 – Варианты 6, 21, 36, 51, 66 для задания № 10

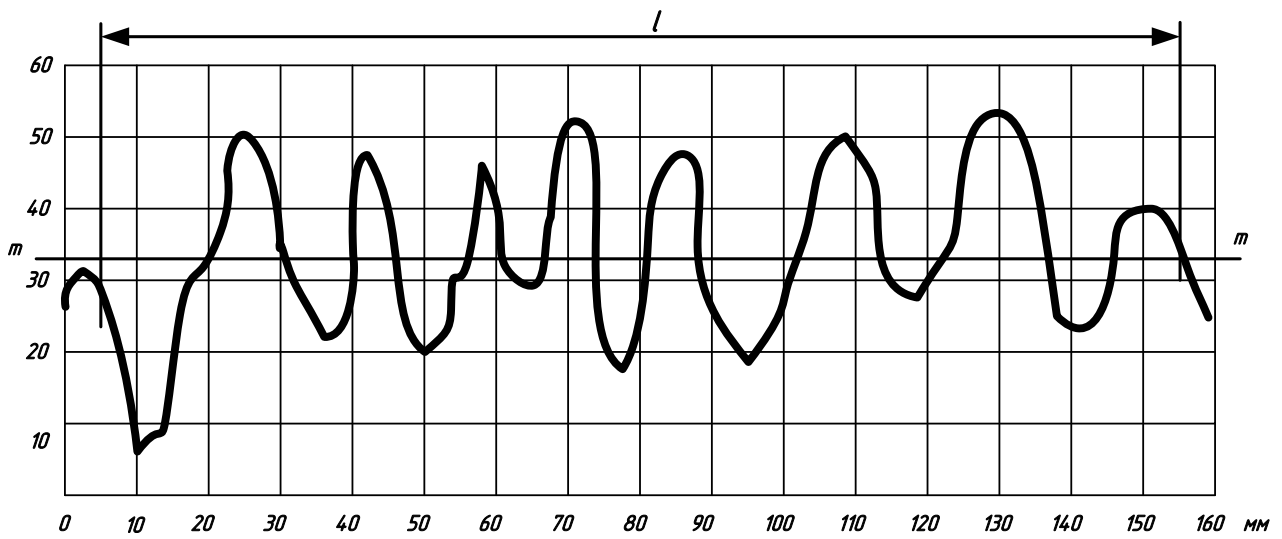


Рисунок 3.13 – Варианты 7, 22, 37, 52, 67 для задания № 10

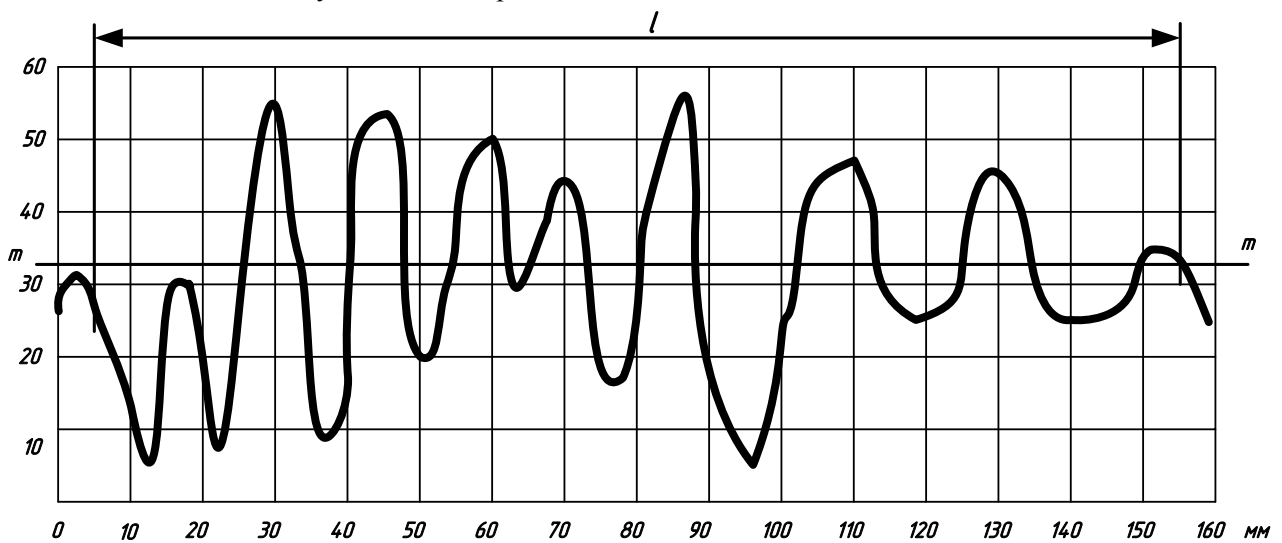


Рисунок 3.14 – Варианты 8, 23, 38, 53, 68 для задания № 10

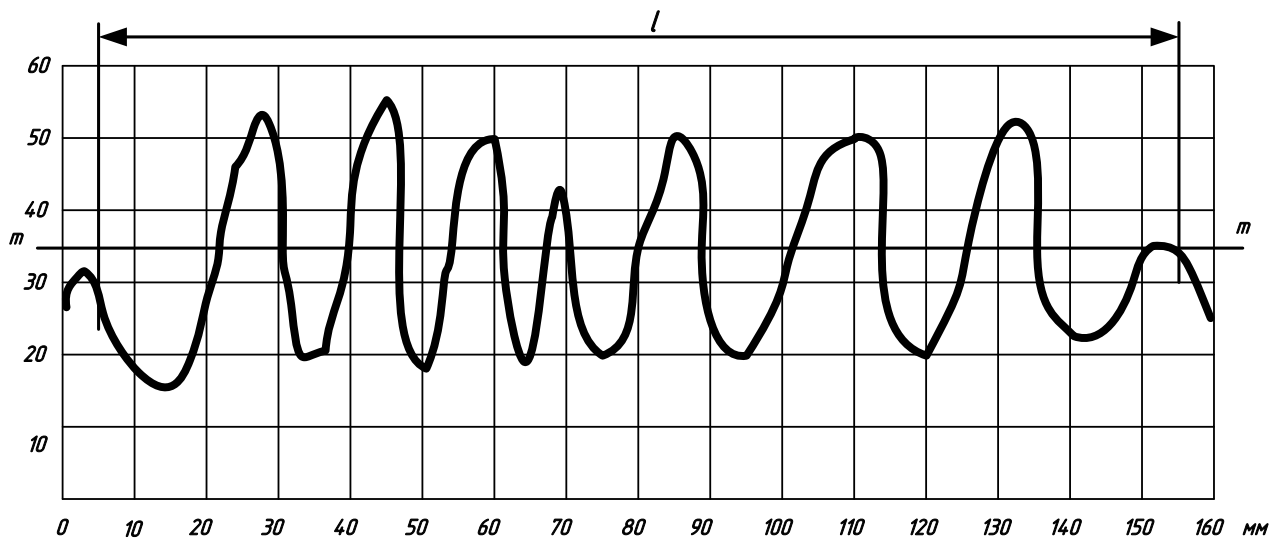


Рисунок 3.15 – Варианты 9, 24, 39, 54, 69 для задания № 10

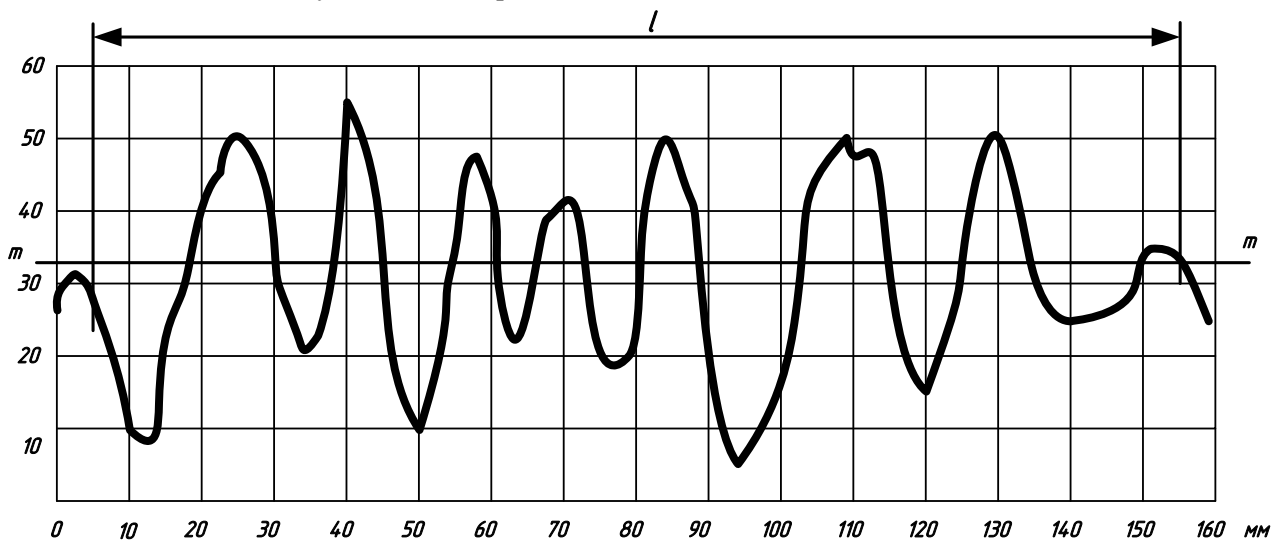


Рисунок 3.16 – Варианты 10, 25, 40, 55, 70 для задания № 10

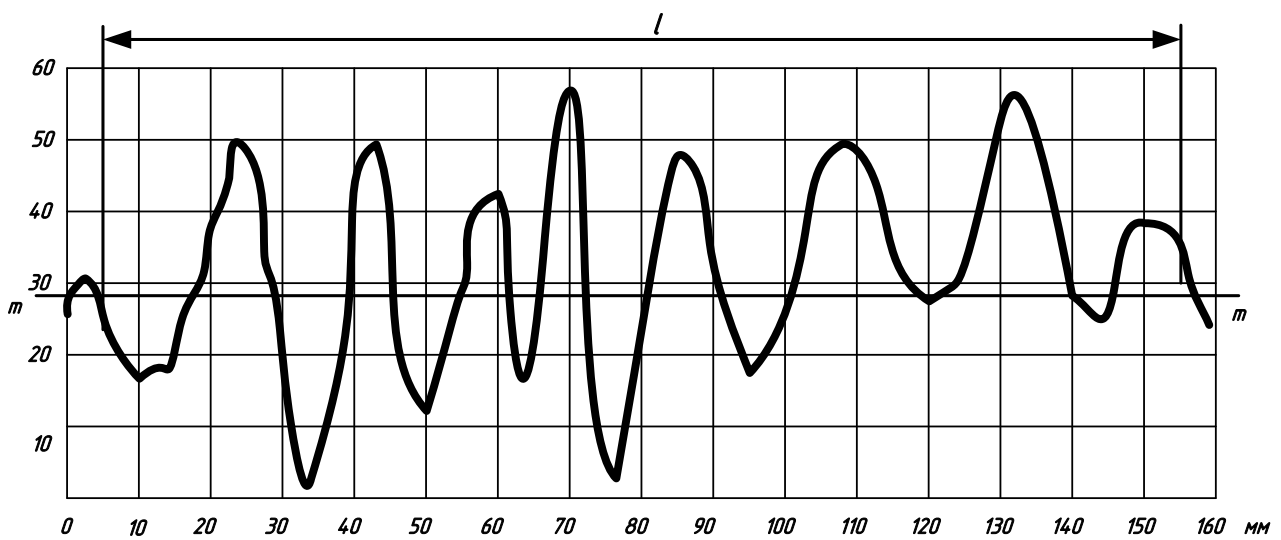


Рисунок 3.17 – Варианты 11, 26, 41, 56, 71 для задания № 10

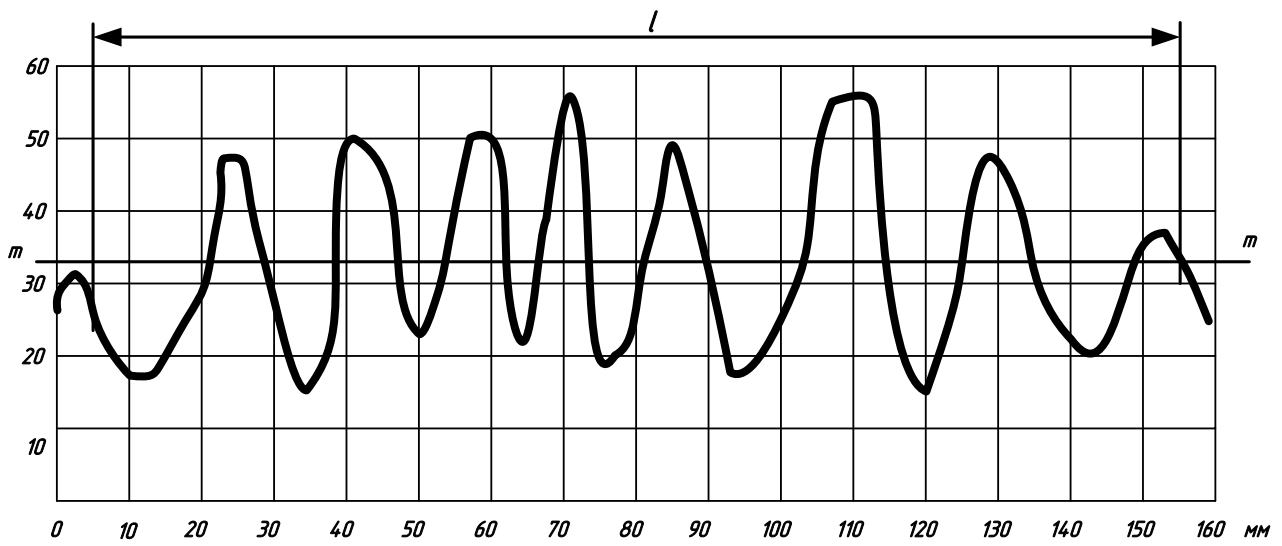


Рисунок 3.18 – Варианты 12, 27, 42, 57, 72 для задания № 10

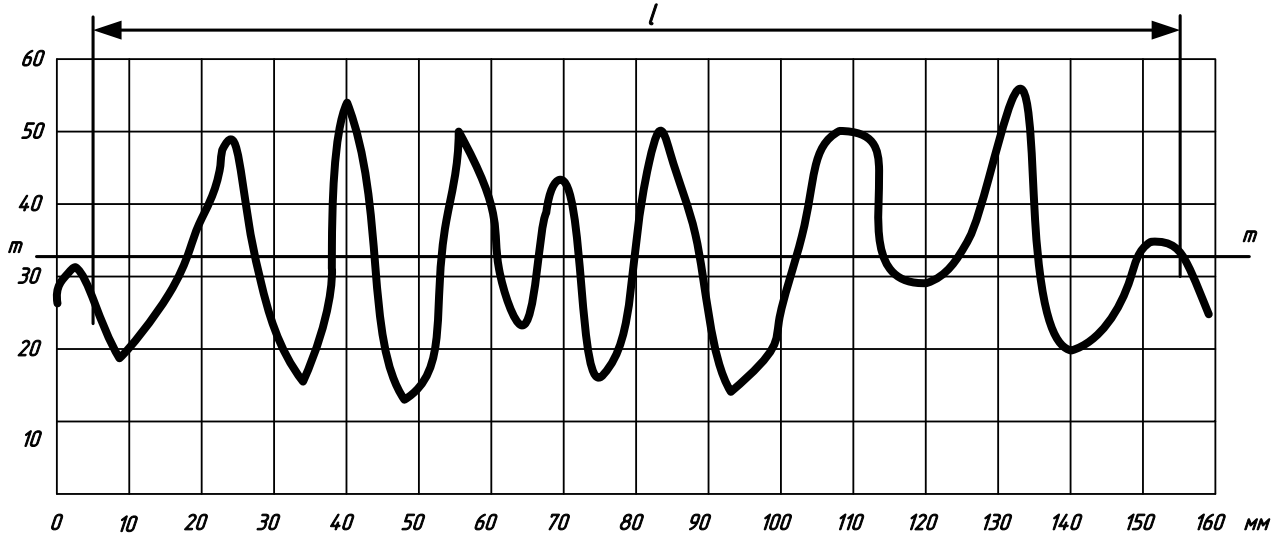


Рисунок 3.19 – Варианты 13, 28, 43, 58, 73 для задания № 10

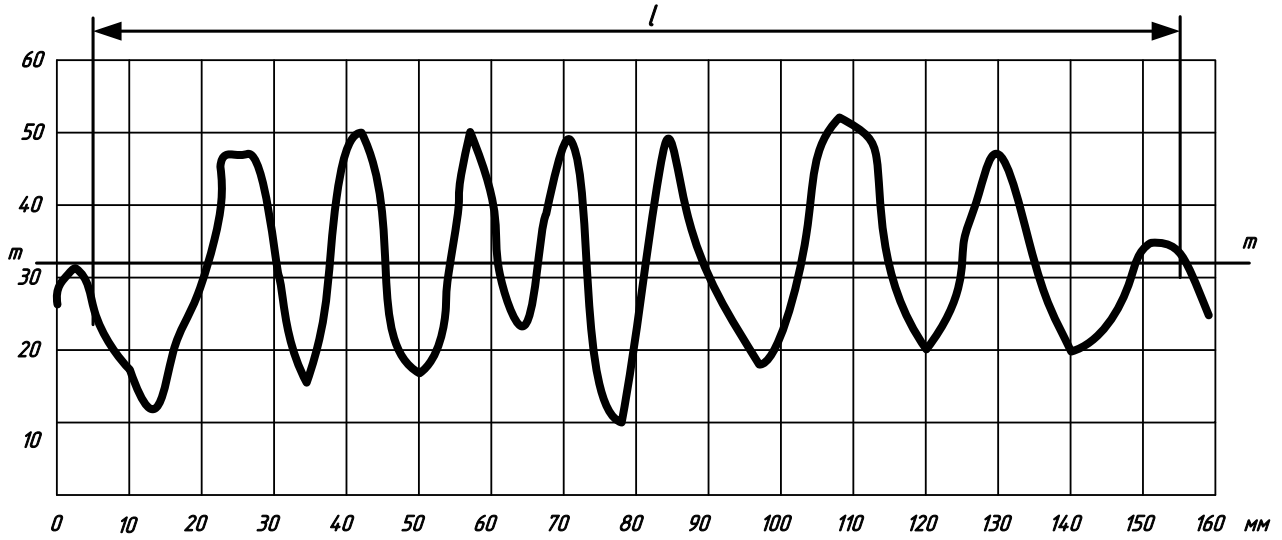


Рисунок 3.20 – Варианты 14, 29, 44, 59, 74 для задания № 10

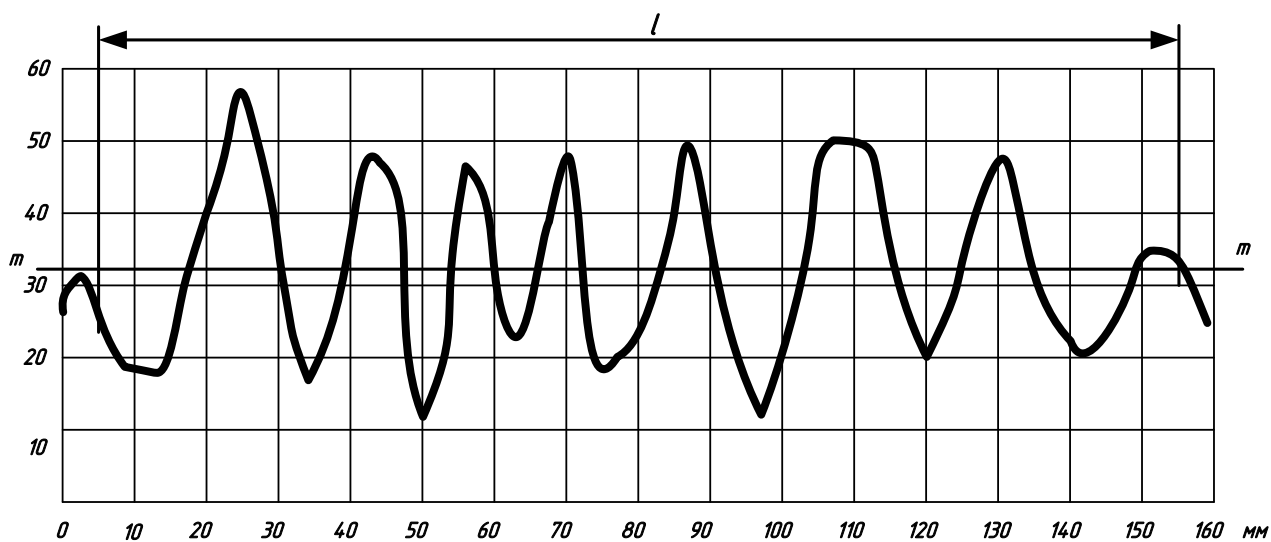


Рисунок 3.21 – Варианты 15, 30, 45, 60, 75 для задания № 10

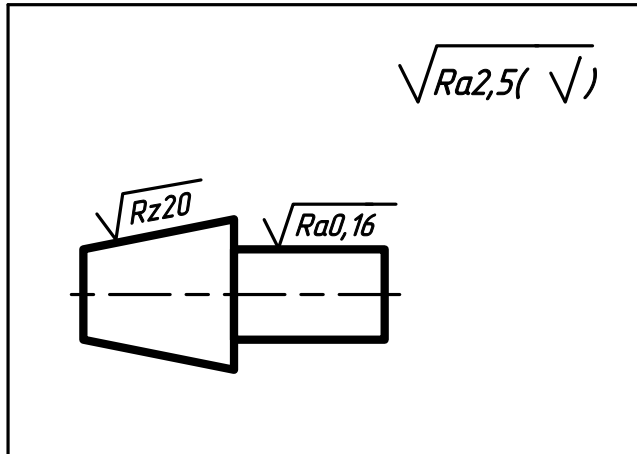
Задание № 11

Расшифровать обозначения шероховатости на чертеже.
Варианты для задания № 11 приведены в таблице 3.2.

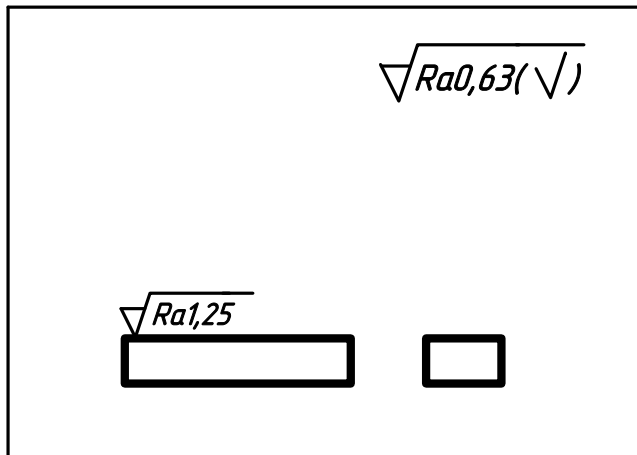
Таблица 3.2 – Варианты для задания № 11

| Вариант | Эскиз |
|-------------------|-------|
| 1, 16, 31, 46, 61 | |

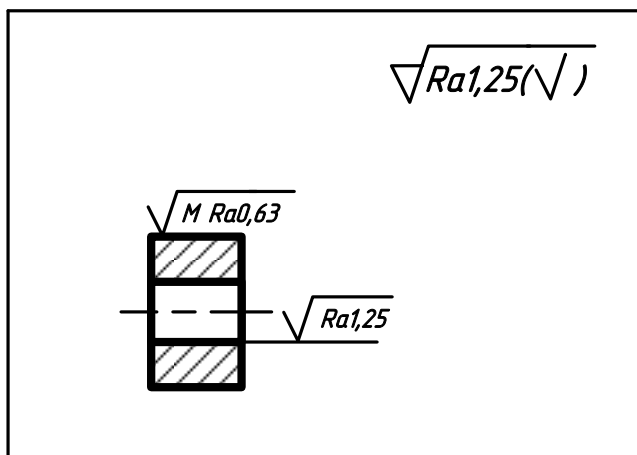
2, 17, 32, 47, 62



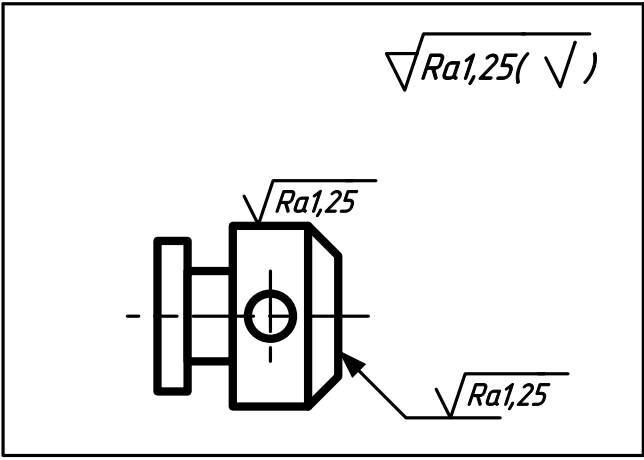
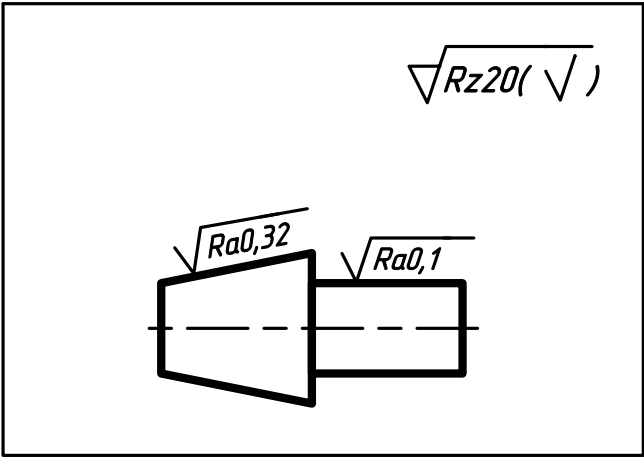
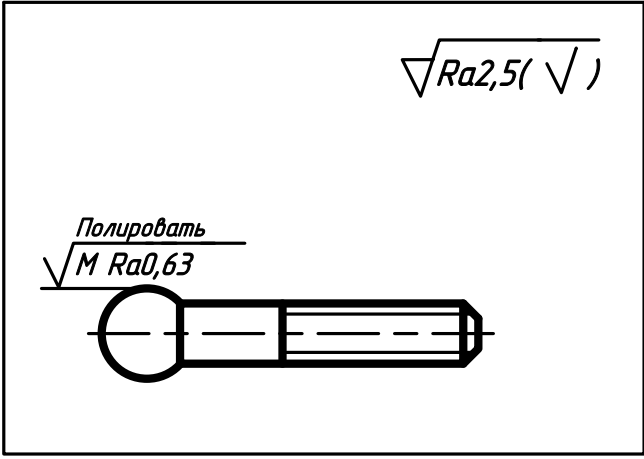
3, 18, 33, 48, 63



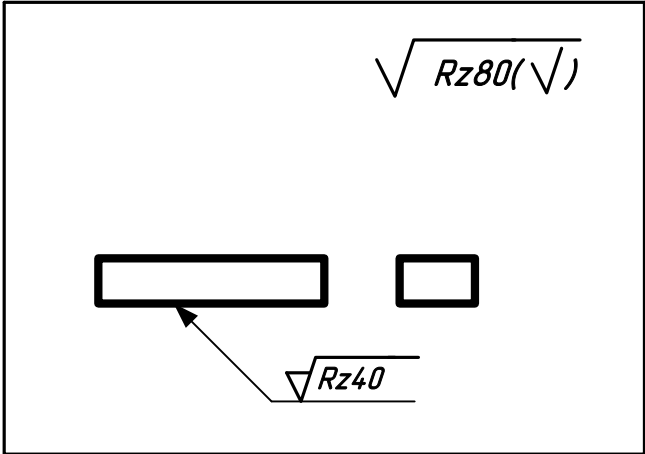
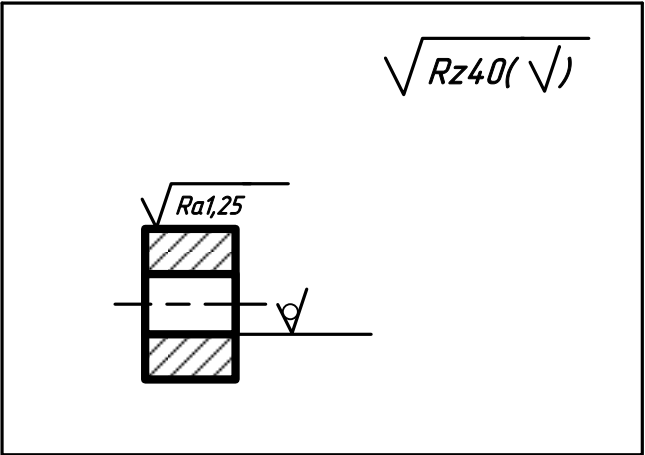
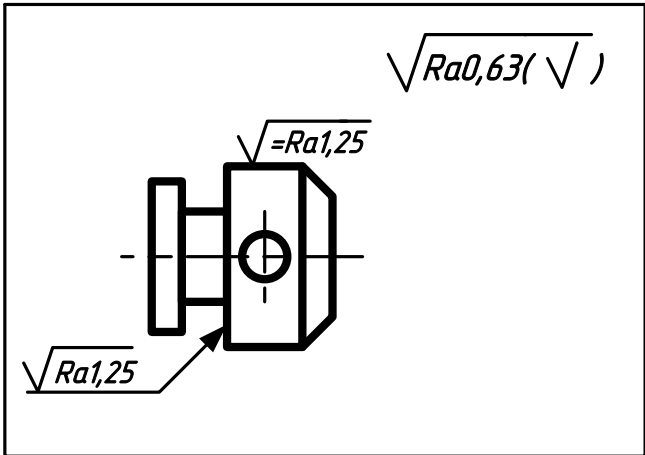
4, 19, 34, 49, 64



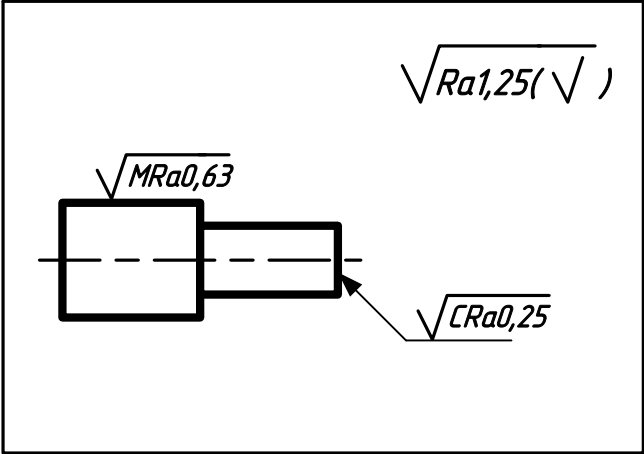
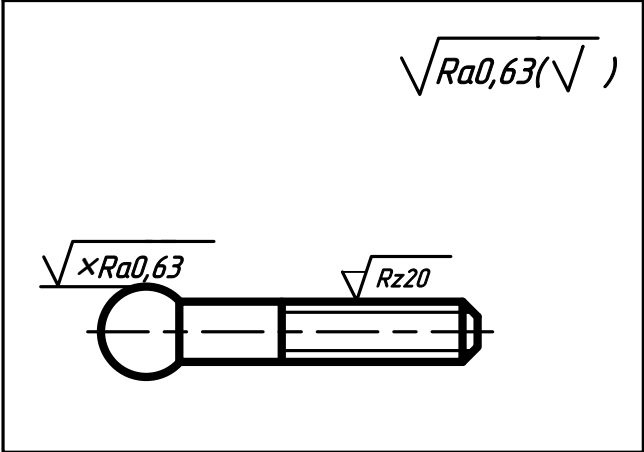
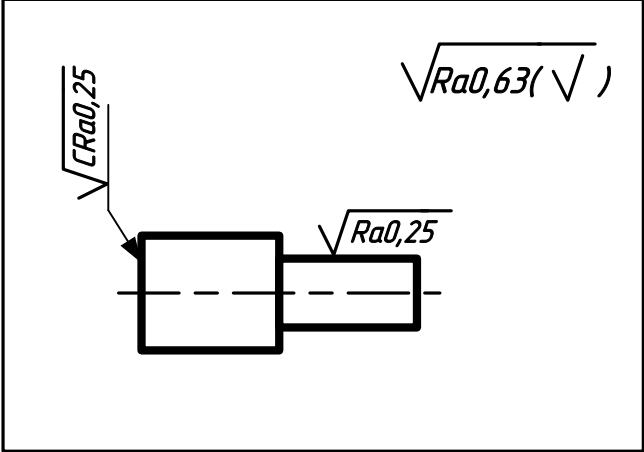
Продолжение таблицы 3.2

| Вариант | Эскиз |
|-------------------|--|
| 5, 20, 35, 50, 65 |  <p>Technical sketch of a mechanical part, possibly a shaft or a component with a central hole. The sketch shows a cylindrical part with a central hole and a chamfered end. Two surface texture symbols are present: $\sqrt{Ra1,25}(\sqrt{\quad})$ is shown in the upper right corner, and another $\sqrt{Ra1,25}$ is shown with an arrow pointing to the chamfered surface.</p> |
| 6, 21, 36, 51, 66 |  <p>Technical sketch of a tapered shaft. The sketch shows a shaft with a tapered section on the left and a cylindrical section on the right. Two surface texture symbols are present: $\sqrt{Ra0,32}$ is shown with an arrow pointing to the tapered surface, and $\sqrt{Ra0,1}$ is shown with an arrow pointing to the cylindrical surface.</p> |
| 7, 22, 37, 52, 67 |  <p>Technical sketch of a shaft with a polished section. The sketch shows a shaft with a circular end on the left, a cylindrical section in the middle, and a tapered section on the right. A surface texture symbol $\sqrt{Ra2,5}(\sqrt{\quad})$ is shown in the upper right corner. A note <i>Полировать</i> (Polish) is written above a surface texture symbol $\sqrt{M Ra0,63}$ which points to the cylindrical section.</p> |

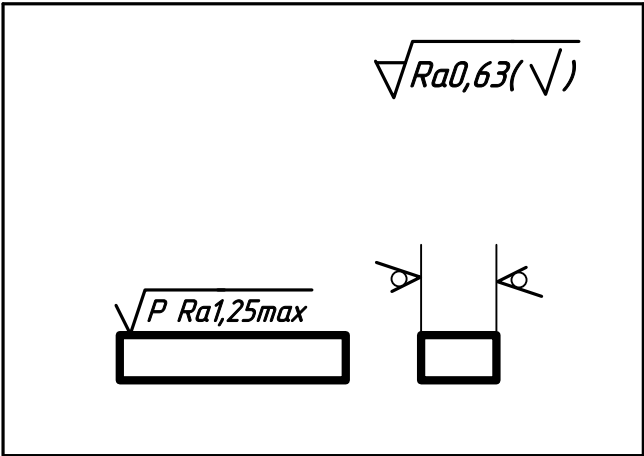
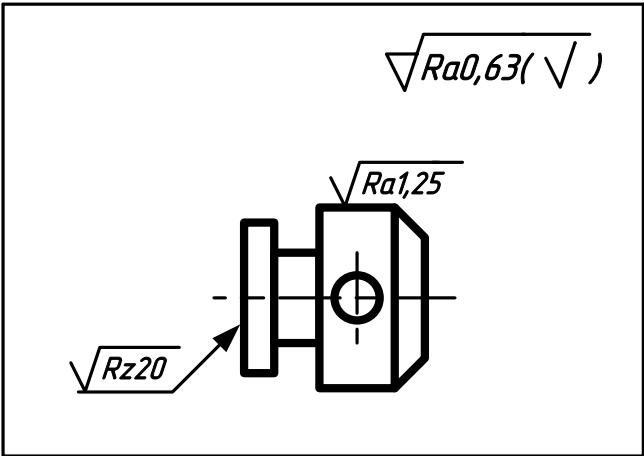
Продолжение таблицы 3.2

| Вариант | Эскиз |
|--------------------|--|
| 8, 23, 38, 53, 68 |  |
| 9, 24, 39, 54, 69 |  |
| 10, 25, 40, 55, 70 |  |

Продолжение таблицы 3.2

| Вариант | Эскиз |
|--------------------|--|
| 11, 26, 41, 56, 71 |  <p>Technical sketch of a stepped shaft. The left section is larger in diameter and has a surface texture symbol $\sqrt{MRa0,63}$. The right section is smaller in diameter and has a surface texture symbol $\sqrt{Ra1,25}$. At the transition between the two sections, there is a surface texture symbol $\sqrt{CRa0,25}$.</p> |
| 12, 27, 42, 57, 72 |  <p>Technical sketch of a shaft with a circular end on the left and a chamfered end on the right. The circular end has a surface texture symbol $\sqrt{xRa0,63}$. The chamfered end has a surface texture symbol $\sqrt{Rz20}$. The main shaft section has a surface texture symbol $\sqrt{Ra0,63}$.</p> |
| 13, 28, 43, 58, 73 |  <p>Technical sketch of a stepped shaft. The left section is larger in diameter and has a surface texture symbol $\sqrt{CRa0,25}$. The right section is smaller in diameter and has a surface texture symbol $\sqrt{Ra0,25}$.</p> |

Продолжение таблицы 3.2

| Вариант | Эскиз |
|---------------------------|---|
| <p>14, 29, 44, 59, 74</p> |  |
| <p>15, 30, 45, 60, 75</p> |  |

4 РЕШЕНИЕ ПРОВЕРОЧНОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

4.1 Основные понятия, обозначения и методика решения

Собранные из отдельных деталей машина или механизм, будут нормально работать только в том случае, если каждая деталь изготовлена с заданной точностью и правильно занимает предназначенное для нее место среди других деталей, выполняя свои функции. Необходимое положение поверхностей деталей и их осей относительно других деталей в собранном изделии обеспечивается расчетом размерных цепей.

Размерная цепь – это совокупность взаимосвязанных размеров, образующих замкнутый контур и непосредственно участвующих в решении поставленной задачи. Размерные цепи могут быть: конструкторские, технологические, измерительные. Все размеры, входящие в размерную цепь называют звеньями и обозначают одной прописной буквой русского алфавита с соответствующим индексом. Звенья размерной цепи разделяют на составляющие и замыкающие. Замыкающее звено может быть только одно. Это звено, которое получается последним в результате решения поставленной задачи при измерении. Составляющих звеньев может быть различное количество, определяемое назначением изделия и решением поставленной задачи.

Увеличивающими называют такие звенья, с увеличением размеров которых замыкающее звено увеличивается, а **уменьшающими** такие, с увеличением которых замыкающее звено уменьшается.

С этой целью замыкающему звену дают направление стрелкой налево и обходят все звенья, начиная с замыкающего так, чтобы образовался замкнутый поток направления. Тогда при обходе по замкнутому контуру все составляющие звенья, имеющие направление стрелок налево будут уменьшающими, а с направлением стрелок направо – увеличивающими.

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.

При решении размерных цепей различают две задачи:

1 Необходимо определить номинальный размер, допуск и предельные отклонения замыкающего звена по известным номинальным размерам и предельным отклонениям составляющих звеньев. Эту задачу называют обратной и часто применяют для проверочных расчетов. Она имеет однозначное и достаточно простое решение.

2 Необходимо определить допуск и предельные отклонения всех составляющих звеньев по известным номинальным размерам звеньев, допуску и предельным отклонениям замыкающего звена. Эту задачу называют прямой. Она достаточно сложна и имеет несколько решений.

Размерные цепи могут решаться методами, дающими различные результаты. Предусмотрены следующие методы: полной взаимозаменяемости (на максимум-минимум); неполной взаимозаменяемости (с использованием положений теории вероятностей); групповой взаимозаменяемости; метод пригонки; метод регулирования.

Принятые обозначения:

A_1, A_2, \dots, A_i – обозначение и номинальный размер звеньев размерной цепи A ;

A_{Δ} – обозначение и номинальный размер замыкающего звена размерной цепи A ;

$A_{\Delta\max}, A_{\Delta\min}, A_{\Delta C}$ – максимальный, минимальный и средний размер замыкающего звена размерной цепи A ;

A_i^{yB} – номинальный размер увеличивающего i -го составляющего звена размерной цепи A ;

A_i^{yM} – номинальный размер уменьшающего i -го составляющего звена размерной цепи A ;

$A_{i\max}^{yB}, A_{i\min}^{yB}, A_{iC}^{yB}$ – максимальный, минимальный и средний размер увеличивающего i -го составляющего звена размерной цепи A ;

$A_{i\max}^{yM}, A_{i\min}^{yM}, A_{iC}^{yM}$ – максимальный, минимальный и средний размер уменьшающего i -го составляющего звена размерной цепи A ;

n – количество увеличивающих звеньев;

p – количество уменьшающих звеньев;

$m - 1$ – общее количество составляющих звеньев: $n + p = m - 1$;

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_i – верхнее предельное отклонение составляющего звена размерной цепи A ;

EIA_i – нижнее предельное отклонение составляющего звена размерной цепи A ;

TA_{Δ} – допуск замыкающего звена размерной цепи A ;

TA_i – допуск i -го звена размерной цепи A ;

$E_{CA_{\Delta}}$ – координата середины поля допуска замыкающего звена размерной цепи A ;

E_{CA_i} – координата середины поля допуска i -го составляющего звена размерной цепи A .

Основные расчетные формулы

Номинальный размер замыкающего звена размерной цепи A определяют по формуле:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i A_i, \quad (4.1)$$

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

ξ_i – передаточное отношение i -го звена размерной цепи A .

Для линейных размерных цепей (цепей с параллельными звеньями) передаточные отношения равны: $\xi = 1$ для увеличивающих составляющих звеньев; $\xi = -1$ для уменьшающих составляющих звеньев.

Поэтому для линейных размерных цепей зависимость (4.1) записывают в виде:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^n A_i^{yB} - \sum_{i=1}^p A_i^{yM}, \quad (4.2)$$

где n – количество увеличивающих звеньев;

p – количество уменьшающих звеньев.

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

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i| TA_i. \quad (4.3)$$

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

$$E_{CA_{\Delta}} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i (E_{CA_i}). \quad (4.4)$$

Предельные отклонения замыкающего звена A_{Δ} определяют:

$$ESA_{\Delta} = E_C A_{\Delta} + \frac{TA_{\Delta}}{2}. \quad (4.5)$$

$$EIA_{\Delta} = E_C A_{\Delta} - \frac{TA_{\Delta}}{2}. \quad (4.6)$$

Предельные значения замыкающего звена

$$A_{\Delta\max} = A_{\Delta} + ESA_{\Delta}. \quad (4.7)$$

$$A_{\Delta\min} = A_{\Delta} + EIA_{\Delta}. \quad (4.8)$$

$$A_{\Delta C} = A_{\Delta} + E_C A_{\Delta}. \quad (4.9)$$

или

$$A_{\Delta\max} = \sum_{i=1}^n A_{i\max}^{yB} - \sum_{i=1}^p A_{i\min}^{yM}. \quad (4.10)$$

$$A_{\Delta\min} = \sum_{i=1}^n A_{i\min}^{yB} - \sum_{i=1}^p A_{i\max}^{yM}. \quad (4.11)$$

$$A_{\Delta C} = \sum_{i=1}^n A_{iC}^{yB} - \sum_{i=1}^p A_{iC}^{yM}. \quad (4.12)$$

При расчете вероятностным методом допуск замыкающего звена находят по формуле:

$$TA_{\Delta} = t_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_i^2 \lambda_i^2 TA_i^2}. \quad (4.13)$$

где t_{Δ} – коэффициент риска, принимаемый по справочным данным.

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

При нормальном законе распределении отклонений (закон Гаусса) коэффициент $\lambda_i^2 = \frac{1}{9}$ (для массового и крупносерийного производства).

При распределении отклонений по закону треугольника (закон Симпсона) $\lambda_i^2 = \frac{1}{6}$ (серийное производство).

При распределении отклонений по закону равной вероятности $\lambda_i^2 = \frac{1}{3}$ (единичное производство).

При нормальном законе распределении расчета формула (2.13) преобразуется к следующему виду:

$$TA_{\Delta} = \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_i^2 TA_i^2}. \quad (4.14)$$

Предельные значения замыкающего звена в этом случае

$$A_{\Delta\max} = A_{\Delta C} + \frac{TA_{\Delta}}{2}. \quad (4.15)$$

$$A_{\Delta\min} = A_{\Delta C} - \frac{TA_{\Delta}}{2}. \quad (4.16)$$

4.2 Контрольные задания

Даны две детали 1 и 2 с соответствующими размерами (рисунки 4.1, 4.2, 4.3 и 4.4). После сборки деталь 1 вставляется в отверстие детали 2, при этом происходит соприкосновение деталей по одному из трех торцов. Определить номинальную, максимальную и минимальную возможную величину зазоров между оставшимися свободными торцами деталей после сборки. Методы расчета: максимум-минимум и вероятностный при нормальном законе распределения (если число составляющих звеньев не менее четырех). Размеры для соответствующих вариантов указаны в таблице 4.1.

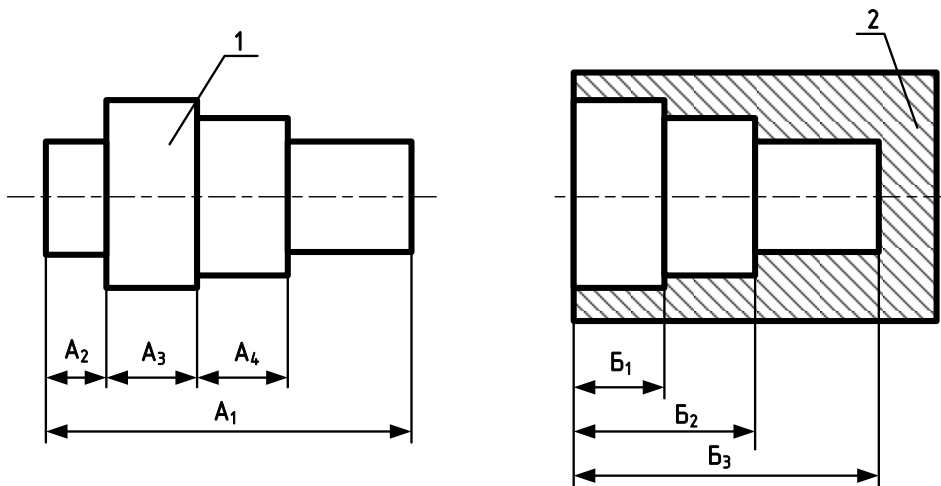


Рисунок 4.1

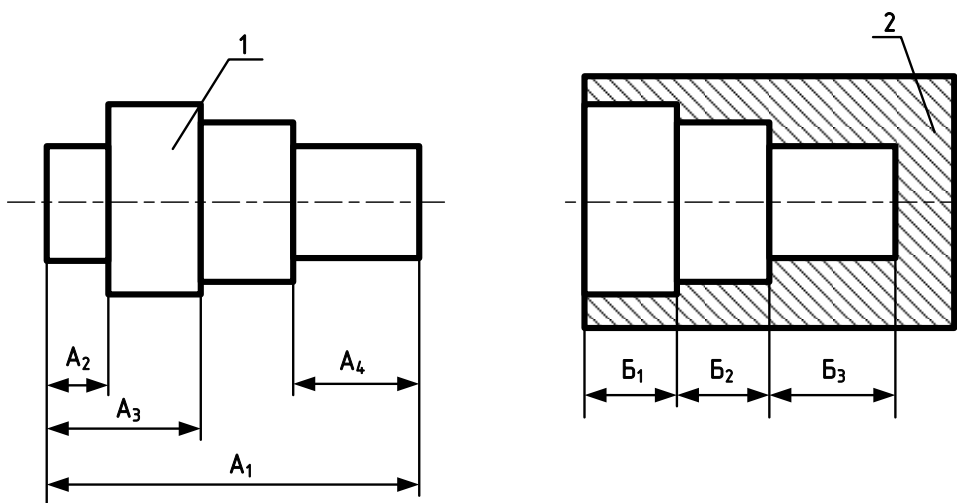


Рисунок 4.2

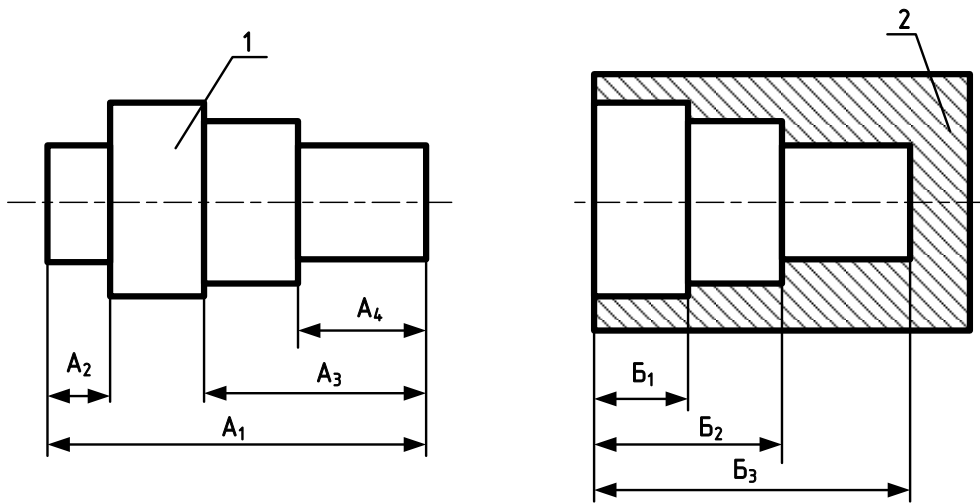


Рисунок 4.3

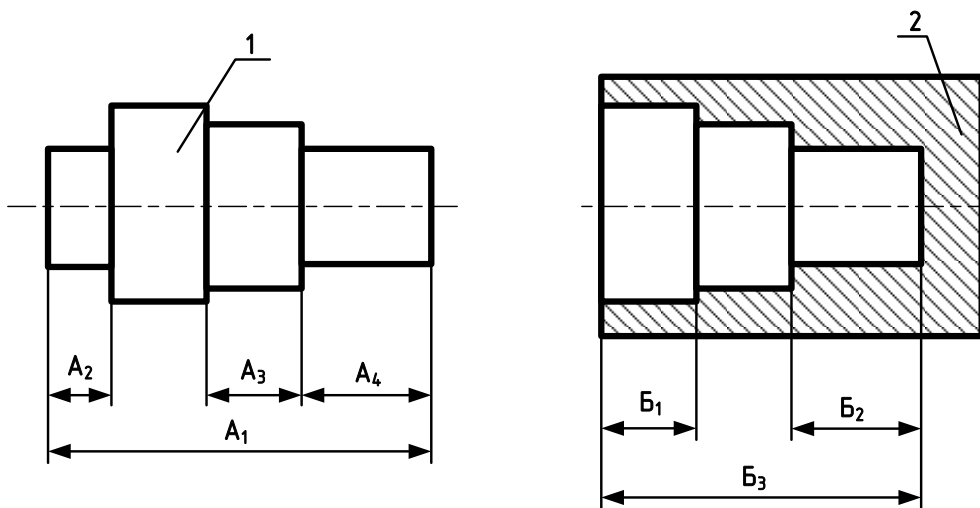


Рисунок 4.4

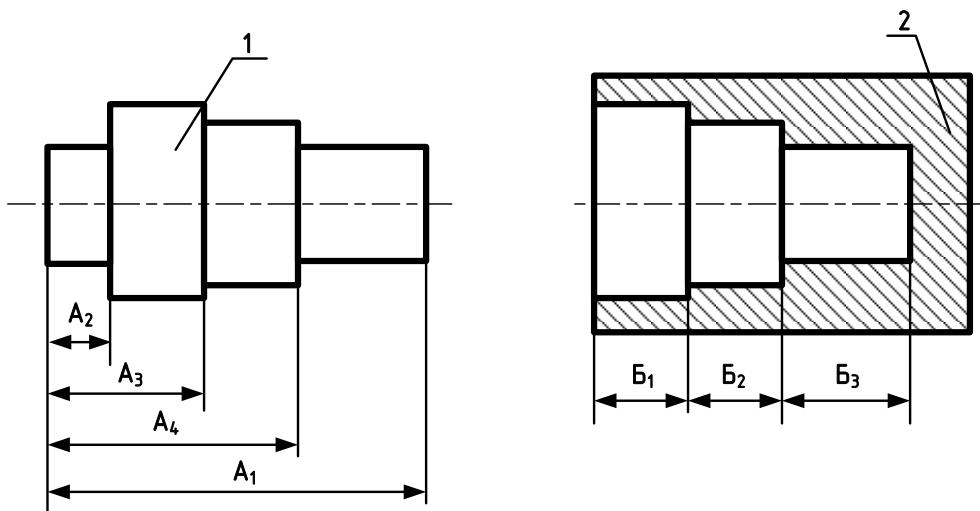


Рисунок 4.5

Таблица 4.1 – Варианты для задания расчетно-графической работы № 2

| Вариант | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₄ | B ₁ | B ₂ | B ₃ | Рисунок |
|---------|---------------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|
| 1 | 185 _{-0,5} | 30±0,3 | 40 _{-0,4} | 50±0,4 | 39±0,3 | 91±0,4 | 156±0,5 | 4.1 |
| 2 | 140 _{-0,5} | 30±0,3 | 50±0,4 | 37±0,4 | 19±0,4 | 55±0,4 | 37±0,4 | 4.2 |
| 3 | 100 _{-0,5} | 30±0,3 | 50±0,4 | 16±0,4 | 19±0,4 | 55±0,4 | 73±0,4 | 4.3 |
| 4 | 100 _{-0,5} | 10±0,3 | 50±0,4 | 34±0,4 | 19±0,4 | 35±0,4 | 107±0,4 | 4.4 |
| 5 | 189 _{-0,5} | 10±0,3 | 50±0,4 | 83±0,4 | 19±0,4 | 35±0,4 | 107±0,4 | 4.5 |
| 6 | 185 _{-0,5} | 30±0,3 | 40 _{-0,4} | 50±0,4 | 39±0,3 | 87±0,4 | 156±0,5 | 4.1 |
| 7 | 143 _{-0,5} | 30±0,3 | 50±0,4 | 33±0,4 | 19±0,4 | 55±0,4 | 37±0,4 | 4.2 |
| 8 | 100 _{-0,5} | 30±0,3 | 50±0,4 | 11±0,4 | 19±0,4 | 55±0,4 | 69±0,4 | 4.3 |
| 9 | 140 _{-0,5} | 30±0,3 | 50±0,4 | 53±0,4 | 19±0,4 | 55±0,4 | 121±0,4 | 4.4 |
| 10 | 140 _{-0,5} | 30±0,3 | 50±0,4 | 111±0,4 | 19±0,4 | 31±0,4 | 54±0,4 | 4.5 |
| 11 | 185 _{-0,5} | 30±0,3 | 40 _{-0,4} | 48±0,4 | 41±0,3 | 91±0,4 | 156±0,5 | 4.1 |
| 12 | 143 _{-0,5} | 30±0,3 | 50±0,4 | 37±0,4 | 19±0,4 | 55±0,4 | 33±0,4 | 4.2 |
| 13 | 100 _{-0,5} | 30±0,3 | 52±0,4 | 37±0,4 | 19±0,4 | 35±0,4 | 69±0,4 | 4.3 |
| 14 | 100 _{-0,5} | 30±0,3 | 52±0,4 | 17±0,4 | 19±0,4 | 15±0,4 | 86±0,4 | 4.4 |
| 15 | 100 _{-0,5} | 30±0,3 | 37±0,4 | 82±0,4 | 19±0,4 | 15±0,4 | 45±0,4 | 4.5 |
| 16 | 86 _{-0,5} | 17±0,2 | 39 _{-0,3} | 17±0,3 | 59±0,3 | 78±0,3 | 91±0,5 | 4.1 |
| 17 | 124 _{-0,3} | 44±0,2 | 65±0,3 | 47±0,3 | 43±0,3 | 14±0,3 | 47±0,3 | 4.2 |
| 18 | 114 _{-0,3} | 44±0,2 | 65±0,3 | 48±0,3 | 43±0,3 | 62±0,3 | 112±0,3 | 4.3 |
| 19 | 174 _{-0,3} | 44±0,2 | 65±0,3 | 31±0,3 | 43±0,3 | 32±0,3 | 143±0,3 | 4.4 |
| 20 | 237 _{-0,3} | 44±0,2 | 65±0,3 | 95±0,3 | 43±0,3 | 32±0,3 | 143±0,3 | 4.5 |
| 21 | 86 _{-0,5} | 17±0,2 | 39 _{-0,3} | 17±0,3 | 59±0,3 | 74±0,3 | 91±0,5 | 4.1 |
| 22 | 130 _{-0,3} | 44±0,2 | 65±0,3 | 47±0,3 | 43±0,3 | 14±0,3 | 49±0,3 | 4.2 |
| 23 | 114 _{-0,3} | 44±0,2 | 65±0,3 | 44±0,3 | 43±0,3 | 62±0,3 | 111±0,3 | 4.3 |
| 24 | 184 _{-0,3} | 44±0,2 | 65±0,3 | 60±0,3 | 43±0,3 | 62±0,3 | 165±0,3 | 4.4 |
| 25 | 184 _{-0,3} | 44±0,2 | 65±0,3 | 129±0,3 | 43±0,3 | 58±0,3 | 61±0,3 | 4.5 |
| 26 | 86 _{-0,5} | 17±0,2 | 39 _{-0,3} | 15±0,3 | 61±0,3 | 78±0,3 | 91±0,5 | 4.1 |
| 27 | 130 _{-0,3} | 44±0,2 | 65±0,3 | 49±0,3 | 43±0,3 | 14±0,3 | 47±0,3 | 4.2 |
| 28 | 114 _{-0,3} | 44±0,2 | 65±0,3 | 47±0,3 | 43±0,3 | 62±0,3 | 106±0,3 | 4.3 |
| 29 | 114 _{-0,3} | 44±0,2 | 65±0,3 | 47±0,3 | 43±0,3 | 45±0,3 | 152±0,3 | 4.4 |
| 30 | 114 _{-0,3} | 44±0,2 | 47±0,3 | 65±0,3 | 43±0,3 | 45±0,3 | 18±0,3 | 4.5 |
| 31 | 132 _{-0,5} | 28±0,2 | 33 _{-0,3} | 45±0,3 | 31±0,3 | 79±0,3 | 104±0,5 | 4.1 |
| 32 | 155 _{-0,4} | 28±0,2 | 65±0,4 | 45±0,4 | 25±0,4 | 48±0,4 | 44±0,4 | 4.2 |
| 33 | 105 _{-0,4} | 28±0,2 | 65±0,4 | 45±0,4 | 25±0,4 | 48±0,4 | 94±0,4 | 4.3 |
| 34 | 155 _{-0,4} | 28±0,2 | 65±0,4 | 37±0,4 | 25±0,4 | 38±0,4 | 131±0,4 | 4.4 |
| 35 | 230 _{-0,4} | 28±0,2 | 65±0,4 | 100±0,4 | 25±0,4 | 38±0,4 | 131±0,4 | 4.5 |
| 36 | 132 _{-0,5} | 28±0,2 | 33 _{-0,3} | 45±0,3 | 31±0,3 | 73±0,3 | 103±0,5 | 4.1 |
| 37 | 160 _{-0,4} | 28±0,2 | 65±0,4 | 45±0,4 | 25±0,4 | 48±0,4 | 48±0,4 | 4.2 |
| 38 | 105 _{-0,4} | 28±0,2 | 65±0,4 | 40±0,4 | 25±0,4 | 48±0,4 | 91±0,4 | 4.3 |
| 39 | 155 _{-0,4} | 28±0,2 | 65±0,4 | 46±0,4 | 25±0,4 | 48±0,4 | 135±0,4 | 4.4 |
| 40 | 155 _{-0,4} | 28±0,2 | 65±0,4 | 113±0,4 | 25±0,4 | 44±0,4 | 46±0,4 | 4.5 |
| 41 | 132 _{-0,5} | 28±0,2 | 33 _{-0,3} | 43±0,3 | 36±0,3 | 79±0,3 | 104±0,5 | 4.1 |

Продолжение таблицы 4.1

| Вариант | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₄ | B ₁ | B ₂ | B ₃ | Рисунок |
|---------|---------------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|
| 42 | 160 _{-0,4} | 28±0,2 | 65±0,4 | 48±0,4 | 25±0,4 | 48±0,4 | 45±0,4 | 4.2 |
| 43 | 105 _{-0,4} | 28±0,2 | 65±0,4 | 43±0,4 | 25±0,4 | 48±0,4 | 88±0,4 | 4.3 |
| 44 | 105 _{-0,4} | 28±0,2 | 65±0,4 | 43±0,4 | 25±0,4 | 41±0,4 | 130±0,4 | 4.4 |
| 45 | 105 _{-0,4} | 28±0,2 | 43±0,4 | 60±0,4 | 25±0,4 | 41±0,4 | 16±0,4 | 4.5 |
| 46 | 92 _{-0,4} | 21±0,2 | 23 _{-0,3} | 40±0,3 | 21±0,2 | 64±0,3 | 71±0,4 | 4.1 |
| 47 | 101 _{-0,3} | 21±0,2 | 42±0,3 | 27±0,3 | 20±0,3 | 35±0,3 | 26±0,3 | 4.2 |
| 48 | 81 _{-0,3} | 21±0,2 | 42±0,3 | 29±0,3 | 20±0,3 | 35±0,3 | 65±0,3 | 4.3 |
| 49 | 121 _{-0,3} | 21±0,2 | 42±0,3 | 24±0,3 | 20±0,3 | 25±0,3 | 90±0,3 | 4.4 |
| 50 | 154 _{-0,3} | 21±0,2 | 42±0,3 | 65±0,3 | 20±0,3 | 25±0,3 | 90±0,3 | 4.5 |
| 51 | 92 _{-0,4} | 21±0,2 | 23 _{-0,3} | 40±0,3 | 21±0,2 | 58±0,3 | 71±0,4 | 4.1 |
| 52 | 106 _{-0,3} | 21±0,2 | 42±0,3 | 27±0,3 | 20±0,3 | 35±0,3 | 29±0,3 | 4.2 |
| 53 | 81 _{-0,3} | 21±0,2 | 42±0,3 | 25±0,3 | 20±0,3 | 35±0,3 | 63±0,3 | 4.3 |
| 54 | 121 _{-0,3} | 21±0,2 | 42±0,3 | 33±0,3 | 20±0,3 | 35±0,3 | 94±0,3 | 4.4 |
| 55 | 121 _{-0,3} | 21±0,2 | 42±0,3 | 78±0,3 | 20±0,3 | 46±0,3 | 33±0,3 | 4.5 |
| 56 | 92 _{-0,4} | 21±0,2 | 23 _{-0,3} | 42±0,3 | 27±0,2 | 68±0,3 | 71±0,4 | 4.1 |
| 57 | 106 _{-0,3} | 21±0,2 | 42±0,3 | 29±0,3 | 20±0,3 | 35±0,3 | 27±0,3 | 4.2 |
| 58 | 81 _{-0,3} | 21±0,2 | 42±0,3 | 28±0,3 | 20±0,3 | 35±0,3 | 60±0,3 | 4.3 |
| 59 | 81 _{-0,3} | 21±0,2 | 42±0,3 | 28±0,3 | 20±0,3 | 26±0,3 | 87±0,3 | 4.4 |
| 60 | 81 _{-0,3} | 21±0,2 | 28±0,3 | 52±0,3 | 20±0,3 | 26±0,3 | 23±0,3 | 4.5 |
| 61 | 64 _{-0,5} | 15±0,2 | 17 _{-0,3} | 15±0,3 | 16±0,3 | 34±0,3 | 50±0,5 | 4.1 |
| 62 | 76 _{-0,2} | 15±0,2 | 20±0,2 | 18±0,2 | 6±0,2 | 42±0,4 | 18±0,2 | 4.2 |
| 63 | 46 _{-0,2} | 15±0,2 | 20±0,2 | 15±0,2 | 6±0,2 | 14±0,4 | 30±0,2 | 4.3 |
| 64 | 96 _{-0,2} | 15±0,2 | 20±0,2 | 3±0,2 | 6±0,2 | 4±0,4 | 33±0,2 | 4.4 |
| 65 | 64 _{-0,2} | 15±0,2 | 20±0,2 | 32±0,2 | 6±0,2 | 14±0,4 | 33±0,2 | 4.5 |
| 66 | 64 _{-0,5} | 15±0,2 | 17 _{-0,3} | 15±0,3 | 16±0,3 | 28±0,3 | 49±0,5 | 4.1 |
| 67 | 80 _{-0,2} | 15±0,2 | 20±0,2 | 15±0,2 | 6±0,2 | 42±0,4 | 18±0,2 | 4.2 |
| 68 | 46 _{-0,2} | 15±0,2 | 20±0,2 | 10±0,2 | 6±0,2 | 14±0,4 | 27±0,2 | 4.3 |
| 69 | 76 _{-0,2} | 15±0,2 | 20±0,2 | 11±0,2 | 6±0,2 | 14±0,4 | 37±0,2 | 4.4 |
| 70 | 76 _{-0,2} | 15±0,2 | 20±0,2 | 34±0,2 | 6±0,2 | 44±0,4 | 11±0,2 | 4.5 |
| 71 | 64 _{-0,5} | 15±0,2 | 17 _{-0,3} | 15±0,3 | 22±0,3 | 37±0,3 | 50±0,5 | 4.1 |
| 72 | 80 _{-0,2} | 15±0,2 | 20±0,2 | 18±0,2 | 6±0,2 | 42±0,4 | 15±0,2 | 4.2 |
| 73 | 46 _{-0,2} | 15±0,2 | 26±0,2 | 19±0,2 | 6±0,2 | 14±0,4 | 30±0,2 | 4.3 |
| 74 | 46 _{-0,2} | 15±0,2 | 26±0,2 | 19±0,2 | 6±0,2 | 17±0,4 | 48±0,2 | 4.4 |
| 75 | 46 _{-0,2} | 5±0,2 | 19±0,2 | 26±0,2 | 6±0,2 | 17±0,4 | 7±0,2 | 4.5 |

Пример решения задания.

Условие.

Даны две детали 1 и 2 с соответствующими размерами (рисунок 4.6). После сборки деталь 2 вставляется в отверстие детали 1, при этом происходит соприкосновение деталей по одному из двух торцов. Определить номинальную, максимальную и минимальную возможную

величину зазора между оставшимися свободными торцами деталей после сборки. Методы расчета: «максимум-минимум» и вероятностный при нормальном законе распределения.

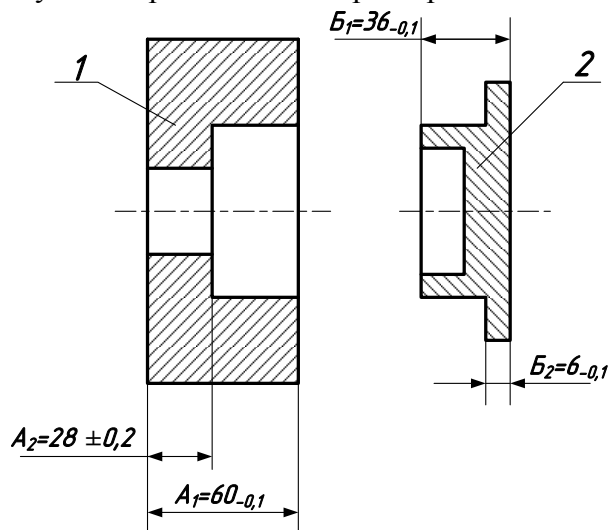


Рисунок 4.6 – Эскиз деталей к примеру задания

Решение.

Определим, по какому торцу происходит соприкосновение деталей. Из рисунка 4.6 можно определить номинальный размер глубины отверстия детали 1: $60 - 28 = 32$ мм, а также номинальный размер выступа детали 2: $36 - 6 = 30$ мм (рисунок 4.7).

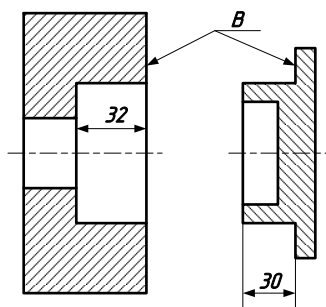


Рисунок 4.7 – Определение торцов соприкосновения деталей

После сборки соединение примет вид, показанный на рисунке 4.8.

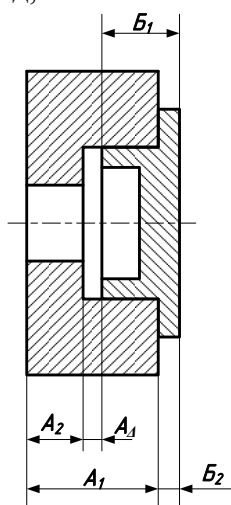


Рисунок 4.8 – Соединение деталей

Необходимо определить величину зазора A_{Δ} . Для этого построим размерную цепь, пользуясь рисунком 4.8. В размерной цепи (рисунок 4.9): A_{Δ} – замыкающее звено, A_1 и B_2 – увеличивающие звенья, A_2 и B_1 – уменьшающие звенья.

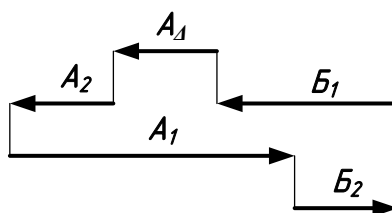


Рисунок 4.9 – Схема размерной цепи

Определим величину зазора расчетом на «максимум-минимум». По формуле (4.2) определим номинальный размер зазора

$$A_{\Delta} = A_1 + B_2 - A_2 - B_1, \quad (4.17)$$

$$A_{\Delta} = 60 + 6 - 28 - 36 = 2 \text{ мм.}$$

По формулам (4.10) и (4.11) определим максимальный и минимальный размеры зазора

$$A_{\Delta\max} = A_{1\max} + B_{2\max} - A_{2\min} - B_{1\min}, \quad (4.18)$$

$$A_{\Delta\max} = 60 + 6 - 27,8 - 35,9 = 2,3 \text{ мм.}$$

$$A_{\Delta\min} = A_{1\min} + B_{2\min} - A_{2\max} - B_{1\max}, \quad (4.19)$$

$$A_{\Delta\min} = 59,9 + 5,9 - 28,2 - 36 = 1,6 \text{ мм.}$$

Величина зазора $A_{\Delta} = 2_{-0,4}^{+0,3}$ мм.

Определим величину зазора вероятностным методом.

По формуле (4.12) определим средний размер зазора

$$A_{\Delta c} = A_{1c} + B_{2c} - A_{2c} - B_{1c}, \quad (4.20)$$

$$A_{\Delta c} = 59,95 + 5,95 - 28 - 35,95 = 1,95 \text{ мм.}$$

По формуле (4.14) определим допуск зазора

$$T A_{\Delta} = \sqrt{0,1^2 + 0,1^2 + 0,4^2 + 0,1^2} = 0,43 \text{ мм.}$$

Максимальный и минимальный размеры зазора определим по формулам (4.15) и (4.16)

$$A_{\Delta\max} = 1,95 + \frac{0,43}{2} = 2,165 \text{ мм.}$$

$$A_{\Delta\min} = 1,95 - \frac{0,43}{2} = 1,735 \text{ мм.}$$

Величина зазора по вероятностному методу $A_{\Delta} = 2_{-0,265}^{+0,165}$ мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 ГОСТ 25346-89 Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений. Введ. 1990-01-01.
- 2 ГОСТ 25347-82 Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки. Введ. 1990-01-01.
- 3 ГОСТ 2.307-68 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений. Госстандарт России. : Изд-во стандартов, № 1989. – Взамен ГОСТ 3458-59, ГОСТ 9171-59, ГОСТ 5292-60 в части разд. III; Введ. 1971-01-01. – 21 с.
- 4 ГОСТ 2.308-79 ЕСКД. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей. – Взамен ГОСТ 2.308-68; Введ. 1980-01-01. – 20 с.
- 5 ГОСТ 2.309-73 ЕСКД. Обозначение шероховатости поверхностей. – Взамен ГОСТ 2.309-68; Введ. 1975-01-01. – 7 с.
- 6 ГОСТ 2789-73 ЕСКД. Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения. – Взамен ГОСТ 2789-59; Введ. 1975-01-01. – 10 с.
- 7 В. И. Анухин – Допуски и посадки. Выбор и расчет, указание на чертежах: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Изд-во СПбГТУ, 2001. – 219 с.
- 8 В. И. Анухин – Допуски и посадки. Справочник под редакцией В. Д. Мягкова, Л. : Машиностроение, 1983.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|-----|
| Введение | 3 |
| 1 Система допусков и посадок гладких соединений..... | 4 |
| 1.1 Основные термины, понятия и обозначения | 4 |
| 1.2 Основные расчетные зависимости | 6 |
| 1.3 Допуски и посадки по ЕСДП | 6 |
| 1.4 Контрольные задания | 8 |
| 2 Погрешности формы и расположения поверхностей..... | 24 |
| 2.1 Основные понятия и обозначения | 24 |
| 2.2 Контрольные задания | 32 |
| 3 Шероховатость поверхности..... | 49 |
| 3.1 Основные понятия и обозначения | 49 |
| 3.2 Контрольные задания | 53 |
| 4 Решение проверочной задачи теории размерных цепей..... | 66 |
| 4.1 Основные понятия, обозначения и методика решения | 66 |
| 4.2 Контрольные задания | 69 |
| Список литературы | 75 |
| Приложение А – Справочные таблицы | 77 |
| Приложение Б – Текст расчетно-графической работы «Система допусков и посадок гладких соединений»..... | 93 |
| Приложение В – Текст расчетно-графической работы «Решение проверочной задачи теории размерных цепей»..... | 105 |

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Справочные таблицы

Таблица А1 – Поля допусков валов при номинальных размерах от 1 до 500 мм.
Предельные отклонения по ГОСТ 25347

| Интервал размеров, мм | Поля допусков | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|
| | $h01^x$ | $js01^x$ | $h0^x$ | $js0^x$ | $h1^x$ | $js1^x$ | $h2^x$ | $js2^x$ | $h3^x$ | $js3^x$ |
| | Предельные отклонения, мкм | | | | | | | | | |
| От 1 до 3 | 0 -0,3 | +0,15 -0,15 | 0 -0,5 | +0,25 -0,25 | 0 -0,8 | +0,40 -0,40 | 0 -1,2 | +0,60 -0,60 | 0 -2,0 | +1,00 -1,00 |
| Св. 3 до 6 | 0 -0,4 | +0,20 -0,20 | 0 -0,6 | +0,30 -0,30 | 0 -1,0 | +0,50 -0,50 | 0 -1,5 | +0,75 -0,75 | 0 -2,5 | +1,25 -1,25 |
| Св. 6 до 10 | 0 0,4 | +0,20 -0,20 | 0 -0,6 | +0,30 -0,30 | 0 -1,0 | +0,50 -0,50 | 0 -1,5 | +0,75 -0,75 | 0 -2,5 | +1,25 -1,25 |
| Св. 10 до 14 | 0 | +0,25 | 0 | +0,40 | 0 | +0,60 | 0 | +1,00 | 0 | +1,50 |
| Св. 14 до 18 | -0,5 | -0,25 | -0,8 | -0,40 | -1,2 | -0,60 | -2,0 | -1,00 | -3,0 | -1,50 |
| Св. 18 до 24 | 0 | +0,30 | 0 | +0,50 | 0 | +0,75 | 0 | +1,25 | 0 | +2,00 |
| Св. 24 до 30 | -0,6 | -0,30 | -1,0 | -0,50 | -1,5 | -0,75 | -2,5 | -1,25 | -4,0 | -2,00 |
| Св. 30 до 40 | 0 | +0,30 | 0 | +0,50 | 0 | +0,75 | 0 | +1,25 | 0 | +2,00 |
| Св. 40 до 50 | -0,6 | -0,30 | -1,0 | -0,50 | -1,5 | -0,75 | -2,5 | -1,25 | -4,0 | -2,00 |
| Св. 50 до 65 | 0 | +0,40 | 0 | +0,60 | 0 | +1,00 | 0 | +1,50 | 0 | +2,50 |
| Св. 65 до 80 | -0,8 | -0,40 | -1,2 | -0,60 | -2,0 | -1,00 | -3,0 | -1,50 | -5,0 | -2,50 |
| Св. 80 до 100 | 0 | +0,50 | 0 | +0,75 | 0 | +1,25 | 0 | +2,00 | 0 | +3,00 |
| Св. 100 до 120 | -1,0 | -0,50 | -1,5 | -0,75 | -2,5 | -1,25 | -4,0 | -2,00 | -6,0 | -3,00 |
| Св. 120 до 140 | 0 | +0,60 | 0 | +1,00 | 0 | +1,75 | 0 | +2,50 | 0 | +4,00 |
| Св. 140 до 160 | -1,2 | -0,60 | -2,0 | -1,00 | -3,5 | -1,75 | -5,0 | -2,50 | -8,0 | -4,00 |
| Св. 160 до 180 | | | | | | | | | | |
| Св. 180 до 200 | 0 | +1,00 | 0 | +1,50 | 0 | +2,25 | 0 | +3,50 | 0 | +5,00 |
| Св. 200 до 225 | -2,0 | -1,00 | -3,0 | -1,50 | -4,5 | -2,25 | -7,0 | -3,50 | -10,0 | -5,00 |
| Св. 225 до 250 | | | | | | | | | | |
| Св. 250 до 280 | 0 | +1,25 | 0 | +2,00 | 0 | +3,00 | 0 | +4,00 | 0 | +6,00 |
| Св. 280 до 315 | -2,5 | -1,25 | -4,0 | -2,00 | -6,0 | -3,00 | -8,0 | -4,00 | -12,0 | -6,00 |
| Св. 315 до 355 | 0 | +1,50 | 0 | +2,50 | 0 | +3,50 | 0 | +4,50 | 0 | +6,50 |
| Св. 355 до 400 | -3,0 | -1,50 | -5,0 | -2,50 | -7,0 | -3,50 | -9,0 | -4,50 | -13,0 | -6,50 |
| Св. 400 до 450 | 0 | +2,00 | 0 | +3,00 | 0 | +4,00 | 0 | +5,00 | 0 | +7,50 |
| Св. 450 до 500 | -4,0 | -2,00 | -6,0 | -3,00 | -8,0 | -4,00 | -10,0 | -5,00 | -15,0 | -7,50 |

Продолжение таблицы А1

| Интервал размеров, мм | Поля допусков | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------------|---------|--------------|----------|-----------|------------|-----------|---------|--------------|----------|-----------|------------|------------|--------------|--------------|
| | g4 | h4 | js4 | k4 | m4 | n4 | g5 | h5 | js5 | k5 | m5 | n5 | p5 | r5 | s5 |
| | Предельные отклонения, мкм | | | | | | | | | | | | | | |
| От 1 до 3 | -2 -5 | 0 -3 | +1,5 -1,5 | +3 0 | +5 +2 | +7 +4 | -2 -6 | 0 -4 | +2,0 -2,0 | +4 0 | +6 +2 | +8 +4 | +10 +6 | +14 +10 | +18 +14 |
| Св. 3 до 6 | -4 -8 | 0 -4 | +2,0 -2,0 | +5 +1 | +8 +4 | +12 +8 | -4 -9 | 0 -5 | +2,5 -2,5 | +6 +1 | +9 +4 | +13 +8 | +17 +12 | +20 +15 | +24 +19 |
| Св. 6 до 10 | -5 -9 | 0 -4 | +2,0 -2,0 | +5 +1 | +10 +6 | +14 +10 | -5 -11 | 0 -6 | +3,0 -3,0 | +7 +1 | +12 +6 | +16 +10 | +21 +15 | +25 +19 | +29 +23 |
| Св. 10 до 14 | -6 | 0 | +2,5 | +6 | +12 | +17 | -6 | 0 | +4,0 | +9 | +15 | +20 | +26 | +31 | +36 |
| Св. 14 до 18 | -11 | -5 | -2,5 | +1 | +7 | +12 | -14 | -8 | -4,0 | +1 | +7 | +12 | +18 | +23 | +28 |
| Св. 18 до 24 | -7 | 0 | +3,0 | +8 | +14 | +21 | -7 | 0 | +4,5 | +11 | +17 | +24 | +31 | +37 | +44 |
| Св. 24 до 30 | -13 | -6 | -3,0 | +2 | +8 | +15 | -16 | -9 | -4,5 | +2 | +8 | +15 | +22 | +28 | +35 |
| Св. 30 до 40 | -9 | 0 | +3,5 | +9 | +16 | +24 | -9 | 0 | +5,5 | +13 | +20 | +28 | +37 | +45 | +54 |
| Св. 40 до 50 | -16 | -7 | -3,5 | +2 | +9 | +17 | -20 | -11 | -5,5 | +2 | +9 | +17 | +26 | +34 | +43 |
| Св. 50 до 65 | -10 | 0 | +4,0 | +10 | +19 | +28 | -10 | 0 | +6,5 | +15 | +24 | +33 | +45 | +54 +41 | +66 +53 |
| Св. 65 до 80 | -18 | -8 | -4,0 | +2 | +11 | +20 | -23 | -13 | -6,5 | +2 | +11 | +20 | +32 | +56 +43 | +72 +59 |
| Св. 80 до 100 | -12 | 0 | +5,0 | +13 | +23 | +33 | -12 | 0 | +7,5 | +18 | +28 | +38 | +52 | +66 +51 | +86 +71 |
| Св. 100 до 120 | -22 | -10 | -5,0 | +3 | +13 | +23 | -17 | -15 | -7,5 | +3 | +13 | +23 | +37 | +69 +54 | +94 +79 |
| Св. 120 до 140 | | | | | | | | | | | | | | +81 +63 | 110 +92 |
| Св. 140 до 160 | -14 | 0 | +6,0 | +15 | +27 | +39 | -14 | 0 | +9,0 | +21 | +33 | +45 | +61 | +83 +65 | +118 +100 |
| Св. 160 до 180 | -26 | -12 | -6,0 | +3 | +15 | +27 | -32 | -18 | -9,0 | +3 | +15 | +27 | +43 | +86 +68 | +126 +108 |
| Св. 180 до 200 | | | | | | | | | | | | | | +97 +77 | +142 +122 |
| Св. 200 до 225 | -15 | 0 | +7,0 | +18 | +31 | +45 | -15 | 0 | +10,0 | +24 | +37 | +51 | +70 | +100 +80 | +150 +130 |
| Св. 225 до 250 | -29 | -14 | -7,0 | +4 | +17 | +31 | -35 | -20 | -10,0 | +4 | +17 | +31 | +50 | +104 +84 | +160 +140 |
| Св. 250 до 280 | -17 | 0 | +8,0 | +20 | +36 | +50 | -17 | 0 | +11,5 | +27 | +43 | +57 | +79 | +117 +94 | +181 +158 |
| Св. 280 до 315 | -33 | -16 | -8,0 | +4 | +20 | +34 | -40 | -23 | -11,5 | +4 | +20 | +34 | +56 | +121 +98 | +193 +170 |
| Св. 315 до 355 | -18 | 0 | +9,0 | +22 | +39 | +55 | -18 | 0 | +12,5 | +29 | +46 | +62 | +87 | +133 +108 | +215 +190 |
| Св. 355 до 400 | -36 | -18 | -9,0 | +4 | +21 | +37 | -43 | -25 | -12,5 | +4 | +21 | +37 | +62 | +139 +114 | +233 +208 |
| Св. 400 до 450 | -20 | 0 | +10,0 | +25 | +43 | +60 | -20 | 0 | +13,5 | +32 | +50 | +67 | +95 | +153 +126 | +259 +232 |
| Св. 450 до 500 | -40 | -20 | -10,0 | +5 | +23 | +40 | -47 | -27 | -13,5 | +5 | +23 | +40 | +68 | +159 +132 | +279 +252 |

Продолжение таблицы А1

| Интервал раз- меров, мм | Поля допусков | | | | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|-----------|---------|--------------|-----------|-----------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| | f6 | g6 | h6 | js6 | k6 | m6 | n6 | p6 | r6 | s6 | t6 |
| | Предельные отклонения, мкм | | | | | | | | | | |
| От 1 до 3 | -6 -12 | -2 -8 | 0 -6 | +3,0 -3,0 | +6 0 | +8 +2 | +10 +4 | +12 +6 | +16 +10 | +20 +14 | - |
| Св. 3 до 6 | -10 -18 | -4 -12 | 0 -8 | +4,0 -4,0 | +9 +1 | +12 +4 | +16 +8 | +20 +12 | +23 +15 | +27 +19 | - |
| Св. 6 до 10 | -13 -22 | -5 -14 | 0 -9 | +4,5 -4,5 | +10 +1 | +15 +6 | +19 +10 | +24 +15 | +28 +19 | +32 +23 | - |
| Св. 10 до 14 | -16 | -6 | 0 | +5,5 | +12 | +18 | +23 | +29 | +34 | +39 | - |
| Св. 14 до 18 | -27 | -17 | -11 | -5,5 | +1 | +7 | +12 | +18 | +23 | +28 | - |
| Св. 18 до 24 | -20 | -7 | 0 | +6,5 | +15 | +21 | +28 | +35 | +41 | +48 | - |
| Св. 24 до 30 | -33 | -20 | -13 | -6,5 | +2 | +8 | +15 | +22 | +28 | +35 | +54 +41 |
| Св. 30 до 40 | -25 | -9 | 0 | +8,0 | +18 | +25 | +33 | +42 | +50 | +59 | +64 +48 |
| Св. 40 до 50 | -41 | -25 | -16 | -8,0 | +2 | +9 | +17 | +26 | +34 | +43 | +70 +54 |
| Св. 50 до 65 | -30 | -10 | 0 | +9,5 | +21 | +30 | +39 | +51 | +60 +41 | +72 +53 | +85 +66 |
| Св. 65 до 80 | -49 | -29 | -19 | -9,5 | +2 | +11 | +20 | +32 | +62 +43 | +78 +59 | +94 +75 |
| Св. 80 до 100 | -36 | -12 | 0 | +11,0 | +25 | +35 | +45 | +59 | +73 +51 | +93 +71 | +113 +91 |
| Св. 100 до 120 | -58 | -34 | -22 | -11,0 | +3 | +13 | +23 | +37 | +76 +54 | +101 +79 | +126 +104 |
| Св. 120 до 140 | | | | | | | | | +88 +63 | +117 +92 | +147 +122 |
| Св. 140 до 160 | -43 | -14 | 0 | +12,5 | +28 | +40 | +52 | +68 | +90 +65 | +125 +100 | +159 +134 |
| Св. 160 до 180 | -68 | -39 | -25 | -12,5 | +3 | +15 | +27 | +43 | +93 +68 | +133 +108 | +171 +146 |
| Св. 180 до 200 | | | | | | | | | +106 +77 | +151 +122 | +195 +166 |
| Св. 200 до 225 | -50 | -15 | 0 | +14,5 | +33 | +46 | +60 | +79 | +109 +80 | +159 +130 | +209 +180 |
| Св. 225 до 250 | -79 | -44 | -29 | -14,5 | +4 | +17 | +31 | +50 | +113 +84 | +169 +140 | +225 +196 |
| Св. 250 до 280 | -56 | -17 | 0 | +16,0 | +36 | +52 | +66 | +88 | +126 +94 | +190 +168 | +250 +218 |
| Св. 280 до 315 | -88 | -49 | -32 | -16,0 | +4 | +20 | +34 | +56 | +130 +98 | +202 +170 | +272 +240 |
| Св. 315 до 355 | -62 | -18 | 0 | +18,0 | +40 | +57 | +73 | +98 | +144 +108 | +226 +190 | +304 +268 |
| Св. 355 до 400 | -98 | -54 | -36 | -18,0 | +4 | +21 | +37 | +62 | +150 +114 | +244 +208 | +330 +294 |
| Св. 400 до 450 | -68 | -20 | 0 | +20,0 | +45 | +63 | +80 | +108 | +166 +126 | +272 +232 | +370 +330 |
| Св. 450 до 500 | -108 | -60 | -40 | -20,0 | +5 | +23 | +40 | +68 | +172 +132 | +292 +252 | +400 +360 |

Продолжение таблицы А1

| Интервал размеров, мм | Поля допусков | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------------|------------|----------|----------|-----------|-----------|------------|--------------|--------------|
| | e7 | f7 | h7 | js7 | k7 | m7 | n7 | s7 | u7 |
| | Предельные отклонения, мкм | | | | | | | | |
| От 1 до 3 | -14 -24 | -6 -16 | 0 -10 | +5 -5 | +10 0 | - | +14 +4 | +24 +14 | +28 +18 |
| Св. 3 до 6 | -20 -32 | -10 -22 | 0 -12 | +6 -6 | +13 +1 | +16 +4 | +20 +8 | +31 +19 | +35 +23 |
| Св. 6 до 10 | -25 -40 | -13 -28 | 0 -15 | +7 -7 | +16 +1 | +21 +6 | +25 +10 | +38 +23 | +43 +28 |
| Св. 10 до 14 | -32 | -16 | 0 | +9 | +19 | +25 | +30 | +46 | +51 |
| Св. 14 до 18 | -50 | -34 | -18 | -9 | +1 | +7 | +12 | +28 | +33 |
| Св. 18 до 24 | -40 | -20 | 0 | +10 | +23 | +29 | +36 | +56 | +62 +41 |
| Св. 24 до 30 | -61 | -41 | -21 | -10 | +2 | +8 | +15 | +35 | +69 +48 |
| Св. 30 до 40 | -50 | -25 | 0 | +12 | +27 | +34 | +42 | +68 | +85 +60 |
| Св. 40 до 50 | -75 | -50 | -25 | -12 | +2 | +9 | +17 | +43 | +95 +70 |
| Св. 50 до 65 | -60 | -30 | 0 | +15 | +32 | +41 | +50 | +83 +53 | +117 +87 |
| Св. 65 до 80 | -90 | -60 | -30 | -15 | +2 | +11 | +20 | +89 +59 | +132 +102 |
| Св. 80 до 100 | -72 | -36 | 0 | +17 | +38 | +48 | +58 | +106 +71 | +159 +124 |
| Св. 100 до 120 | -107 | -71 | -35 | -17 | +3 | +13 | +23 | +114 +79 | +179 +144 |
| Св. 120 до 140 | | | | | | | | +132 +92 | +210 +170 |
| Св. 140 до 160 | -85 | -43 | 0 | +20 | +43 | +55 | +67 | +140 +100 | +230 +190 |
| Св. 160 до 180 | -125 | -83 | -40 | -20 | +3 | +15 | +27 | +148 +108 | +250 +210 |
| Св. 180 до 200 | | | | | | | | +168 +122 | +282 +236 |
| Св. 200 до 225 | -100 | -50 | 0 | +23 | +50 | +63 | +77 | +176 +130 | +304 +258 |
| Св. 225 до 250 | -146 | -96 | -46 | -23 | +4 | +17 | +31 | +186 +140 | +330 +284 |
| Св. 250 до 280 | -110 | -56 | 0 | +26 | +56 | +72 | +86 | +210 +158 | +367 +315 |
| Св. 280 до 315 | -162 | -108 | -52 | -26 | +4 | +20 | +34 | +222 +170 | +402 +350 |
| Св. 315 до 355 | -125 | -62 | 0 | +28 | +61 | +78 | +94 | +247 +190 | +447 +390 |
| Св. 355 до 400 | -182 | -119 | -57 | -28 | +4 | +21 | +37 | +265 +208 | +492 +435 |
| Св. 400 до 450 | -135 | -68 | 0 | +31 | +68 | +86 | +103 | +295 +232 | +553 +490 |
| Св. 450 до 500 | -198 | -131 | -63 | -31 | +5 | +23 | +40 | +315 +252 | +603 +540 |

Продолжение таблицы А1

| Интервал размеров, мм | Поля допусков | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------------|------------|------------|------------|----------|------------|--------------|--------------|----------------|------------|------------|------------|----------|------------|------|------|------|------|-----|
| | c8 | d8 | e8 | f8 | h8 | j_s8^x | u8 | x8 | z8 | D9 | e9 | f9 | h9 | j_s9^x | | | | | |
| | Предельные отклонения, мкм | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| От 1 до 3 | -60 -74 | -20 -34 | -14 -28 | -6 -20 | 0 -14 | +7 -7 | +32 +18 | +34 +20 | +40 +26 | -20 -45 | -14 -39 | -6 -31 | 0 -25 | +12 -12 | | | | | |
| Св. 3 до 6 | -70 -88 | -30 -48 | -20 -38 | -10 -28 | 0 -18 | +9 -9 | +41 +23 | +46 +28 | +53 +35 | -30 -60 | -20 -50 | -10 -40 | 0 -30 | +15 -15 | | | | | |
| Св. 6 до 10 | -80 -102 | -40 -62 | -25 -47 | -13 -35 | 0 -22 | +11 -11 | +50 +28 | +56 +34 | +64 +42 | -40 -76 | -25 -61 | -13 -49 | 0 -36 | +18 -18 | | | | | |
| Св. 10 до 14 | -95 | -50 | -32 | -16 | 0 | +13 | +60 | +67 +40 | +77 +50 | -50 | -32 | -16 | 0 | +21 | | | | | |
| Св. 14 до 18 | -122 | -77 | -59 | -43 | -27 | -13 | +33 | +72 +45 | +87 +60 | -93 | -75 | -59 | -43 | -21 | | | | | |
| Св. 18 до 24 | -110 | -65 | -40 | -20 | 0 | +16 | +74 +41 | +87 +54 | +106 +73 | -65 | -40 | -20 | 0 | +26 | | | | | |
| Св. 24 до 30 | -143 | -98 | -73 | -53 | -33 | -16 | +81 +48 | +97 +64 | +121 +88 | -117 | -92 | -72 | -52 | -26 | | | | | |
| Св. 30 до 40 | -120 -159 | -80 | -50 | -25 | 0 | +19 | +99 +60 | +119 +80 | +151 +112 | -80 | -50 | -25 | 0 | +31 | | | | | |
| Св. 40 до 50 | -130 -169 | -119 | -89 | -64 | -39 | -19 | +109 +70 | +136 +97 | +175 +136 | -142 | -112 | -87 | -62 | -31 | | | | | |
| Св. 50 до 65 | -140 -186 | -100 | -60 | -30 | 0 | +23 | +133 +87 | +168 +122 | +218 +172 | -100 | -60 | -30 | 0 | +37 | | | | | |
| Св. 65 до 80 | -150 -196 | -146 | -106 | -76 | -46 | -23 | +148 +102 | +192 +146 | +256 +210 | -174 | -134 | -104 | -74 | -37 | | | | | |
| Св. 80 до 100 | -170 -224 | -120 | -72 | -36 | 0 | +27 | +178 +124 | +232 +178 | +312 +258 | -120 | -72 | -36 | 0 | +43 | | | | | |
| Св. 100 до 120 | -180 -234 | -174 | -126 | -90 | -54 | -27 | +198 +144 | +264 +210 | +364 +310 | -207 | -159 | -123 | -87 | -43 | | | | | |
| Св. 120 до 140 | -200 -263 | -145 | -85 | -43 | 0 | +31 | +233 +170 | +311 +248 | +428 +365 | -145 | -85 | -43 | 0 | +50 | | | | | |
| Св. 140 до 160 | -210 -273 | | | | | | +253 +190 | +343 +280 | +478 +415 | | | | | | -245 | -185 | -143 | -100 | -50 |
| Св. 160 до 180 | -230 -293 | | | | | | +273 +210 | +373 +310 | +528 +465 | | | | | | | | | | |
| Св. 180 до 200 | -240 -312 | -170 | -100 | -50 | 0 | +36 | +308 +236 | +422 +350 | +592 +520 | -170 | -100 | -50 | 0 | +57 | | | | | |
| Св. 200 до 225 | -260 -332 | | | | | | +330 +258 | +457 +385 | +647 +575 | | | | | | -285 | -215 | -165 | -115 | -57 |
| Св. 225 до 250 | -280 -352 | | | | | | +356 +284 | +497 +425 | +712 +640 | | | | | | | | | | |
| Св. 250 до 280 | -300 -381 | -190 | -110 | -56 | 0 | +40 | +396 +315 | +556 +475 | +791 +710 | -190 | -110 | -56 | 0 | +65 | | | | | |
| Св. 280 до 315 | -330 -411 | -271 | -191 | -137 | -81 | -40 | +431 +350 | +606 +525 | +871 +790 | -320 | -240 | -186 | -130 | -65 | | | | | |
| Св. 315 до 355 | -360 -449 | -210 | -125 | -62 | 0 | +44 | +479 +390 | +679 +590 | +989 +900 | -210 | -125 | -62 | 0 | +70 | | | | | |
| Св. 355 до 400 | -400 -489 | -299 | -214 | -151 | -89 | -44 | +524 +435 | +749 +660 | +1089 +1000 | -350 | -265 | -202 | -140 | -70 | | | | | |
| Св. 400 до 450 | -440 -537 | -230 | -135 | -68 | 0 | +48 | +587 +490 | +837 +740 | +1197 +1100 | -230 | -135 | -68 | 0 | +77 | | | | | |
| Св. 450 до 500 | -480 -577 | -327 | -232 | -165 | -97 | -48 | +637 +540 | +917 +820 | +1347 +1250 | -385 | -290 | -223 | -155 | -77 | | | | | |

Продолжение таблицы А1

| Интервал раз- меров, мм | Поля допусков | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------|--------------------------------|----------------|---------------|--------------|-------------|----------|-------------------|----------------|-----------|--------------------------------|
| | d10 | h10 | j _s 10 ^x | a11 | B11 | c11 | d11 | h11 | j _s 11 | b12 | H12 | j _s 12 ^x |
| | Предельные отклонения, мкм | | | | | | | | | | | |
| От 1 до 3 | -20 -60 | 0 -40 | +20 -20 | -270 -330 | -140 -200 | -60 -120 | -20 -80 | 0 -60 | +30 -30 | -140 -240 | 0 -100 | +50 -50 |
| Св. 3 до 6 | -30 -78 | 0 -48 | +24 -24 | -270 -345 | -140 -215 | -70 -145 | -30 -105 | 0 -75 | +37 -37 | -140 -260 | 0 -120 | +60 -60 |
| Св. 6 до 10 | -40 -98 | 0 -58 | +29 -29 | -280 -370 | -150 -240 | -80 -170 | -40 -130 | 0 -90 | +45 -45 | -150 -300 | 0 -150 | +75 -75 |
| Св. 10 до 14 | -50 | 0 | +35 | -290 | -150 | -95 | -50 | 0 | +55 | -150 | 0 | +90 |
| Св. 14 до 18 | -120 | -70 | -35 | -400 | -260 | -205 | -160 | -110 | -55 | -330 | -180 | -90 |
| Св. 18 до 24 | -65 | 0 | +42 | -300 | -160 | -110 | -65 | 0 | +65 | -160 | 0 | +105 |
| Св. 24 до 30 | -149 | -84 | -42 | -430 | -290 | -240 | -195 | -130 | -65 | -370 | -210 | -105 |
| Св. 30 до 40 | -80 | 0 | +50 | -310 -470 | -170 -330 | -120 -280 | -80 | 0 | +80 | -170 -420 | 0 | +125 |
| Св. 40 до 50 | -180 | -100 | -50 | -320 -480 | -180 -340 | -130 -290 | -240 | -160 | -80 | -180 -430 | -250 | -125 |
| Св. 50 до 65 | -100 | 0 | +60 | -340 -530 | -190 -380 | -140 -330 | -100 | 0 | +95 | -190 -490 | 0 | +150 |
| Св. 65 до 80 | -220 | -120 | -60 | -360 -550 | -200 -390 | -150 -340 | -290 | -190 | -95 | -200 -500 | -300 | -150 |
| Св. 80 до 100 | -120 | 0 | +70 | -380 -600 | -220 -440 | -170 -390 | -120 | 0 | +110 | -220 -570 | 0 | +175 |
| Св. 100 до 120 | -260 | -140 | -70 | -410 -630 | -240 -460 | -180 -400 | -340 | -220 | -110 | -240 -590 | -350 | -175 |
| Св. 120 до 140 | -145 | 0 | +80 | -460 -710 | -260 -510 | -200 -450 | -145 | 0 | +125 | -260 -660 | 0 | +200 |
| Св. 140 до 160 | | | | -520 -770 | -280 -530 | -210 -460 | | | | -280 -680 | | |
| Св. 160 до 180 | | | | -305 | -160 | -80 | | | | -580 -830 | | |
| Св. 180 до 200 | -170 | 0 | +92 | -660 -950 | -340 -630 | -240 -530 | -170 | 0 | +145 | -340 -800 | 0 | +230 |
| Св. 200 до 225 | | | | -740 -1030 | -380 -670 | -260 -550 | | | | -380 -840 | | |
| Св. 225 до 250 | | | | -355 | -185 | -92 | | | | -820 -1110 | | |
| Св. 250 до 280 | -190 | 0 | +105 | -920 -1240 | -480 -800 | -300 -620 | -190 | 0 | +160 | -480 -1000 | 0 | +260 |
| Св. 280 до 315 | | | | -400 | -210 | -105 | | | | -1050 -1370 | | |
| Св. 315 до 355 | -210 | 0 | +115 | -1200 -1660 | -600 -960 | -360 -720 | -210 | 0 | +180 | -600 -1170 | 0 | +285 |
| Св. 355 до 400 | | | | -440 | -230 | -115 | | | | -1350 -1710 | | |
| Св. 400 до 450 | -230 | 0 | +125 | -1500 -1900 | -760 -1160 | -440 -840 | -230 | 0 | +200 | -760 -1390 | 0 | +315 |
| Св. 450 до 500 | | | | -480 | -250 | -125 | | | | -1650 -2050 | | |

Продолжение таблицы А1

| Интервал раз- меров, мм | Поля допусков | | | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|
| | h13 ^x | j _s 13 ^x | h14 ^x | j _s 14 ^x | h15 ^x | j _s 15 ^x | h16 ^x | j _s 16 ^x | h17 ^x | j _s 17 ^x |
| | Предельные отклонения, мкм | | | | | | | | | |
| От 1 до 3 | 0 -140 | +70 -70 | 0 -250 | +125 -125 | 0 -400 | +200 -200 | 0 -600 | +300 -300 | 0 -1000 | +500 -500 |
| Св. 3 до 6 | 0 -180 | +90 -90 | 0 -300 | +150 -150 | 0 -480 | +240 -240 | 0 -750 | +375 -375 | 0 -1200 | +600 -600 |
| Св. 6 до 10 | 0 -220 | +110 -110 | 0 -360 | +180 -180 | 0 -580 | +290 -290 | 0 -900 | +450 -450 | 0 -1500 | +750 -750 |
| Св. 10 до 14 | 0 | +135 | 0 | +215 | 0 | +350 | 0 | +550 | 0 | +900 |
| Св. 14 до 18 | -270 | -135 | -430 | -215 | -700 | -350 | -1100 | -550 | -1800 | -900 |
| Св. 18 до 24 | 0 | +165 | 0 | +260 | 0 | +420 | 0 | +650 | 0 | +1050 |
| Св. 24 до 30 | -330 | -165 | -520 | -260 | -840 | -420 | -1300 | -650 | -2100 | -1050 |
| Св. 30 до 40 | 0 | +195 | 0 | +310 | 0 | +500 | 0 | +800 | 0 | +1250 |
| Св. 40 до 50 | -390 | -195 | -620 | -310 | -1000 | -500 | -1600 | -800 | -2500 | -1250 |
| Св. 50 до 65 | 0 | +230 | 0 | +370 | 0 | +600 | 0 | +950 | 0 | +1500 |
| Св. 65 до 80 | -460 | -230 | -740 | -370 | -1200 | -600 | -1900 | -950 | -3000 | -1500 |
| Св. 80 до 100 | 0 | +270 | 0 | +435 | 0 | +700 | 0 | +1100 | 0 | +1750 |
| Св. 100 до 120 | -540 | -270 | -870 | -435 | -1400 | -700 | -2200 | -1100 | -3500 | -1750 |
| Св. 120 до 140 | 0 | +315 | 0 | +500 | 0 | +800 | 0 | +1250 | 0 | +2000 |
| Св. 140 до 160 | -630 | -315 | -1000 | -500 | -1600 | -800 | -2500 | -1250 | -4000 | -2000 |
| Св. 160 до 180 | | | | | | | | | | |
| Св. 180 до 200 | 0 | +360 | 0 | +575 | 0 | +925 | 0 | +1450 | 0 | +2300 |
| Св. 200 до 225 | -720 | -360 | -1150 | -575 | -1850 | -925 | -2900 | -1450 | -4600 | -2300 |
| Св. 225 до 250 | | | | | | | | | | |
| Св. 250 до 280 | 0 | +405 | 0 | +650 | 0 | +1050 | 0 | +1600 | 0 | +2600 |
| Св. 280 до 315 | -810 | -405 | -1300 | -650 | -2100 | -1050 | -3200 | -1600 | -5200 | -2600 |
| Св. 315 до 355 | 0 | +445 | 0 | +700 | 0 | +1150 | 0 | +1800 | 0 | +2850 |
| Св. 355 до 400 | -890 | -445 | -1400 | -700 | -2300 | -1150 | -3600 | -1800 | -5700 | -2850 |
| Св. 400 до 450 | 0 | +485 | 0 | +775 | 0 | +1250 | 0 | +2000 | 0 | +3150 |
| Св. 450 до 500 | -970 | -485 | -1550 | -775 | -2500 | -1250 | -4000 | -2000 | -6300 | -3150 |

Таблица А2 – Поля допусков отверстий при номинальных размерах от 1 до 500 мм.
 Предельные отклонения по ГОСТ 25347

| Интервал размеров, мм | Поля допусков | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------------|-------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| | H01 ^x | Js01 ^x | H0 ^x | Js0 ^x | H1 ^x | Js1 ^x | H2 ^x | Js2 ^x | H3 ^x | Js3 ^x | H4 ^x | Js4 ^x |
| | Предельные отклонения, мкм | | | | | | | | | | | |
| От 1 до 3 | +0,3 0 | +0,15 -0,15 | +0,5 0 | +0,25 -0,25 | +0,8 0 | +0,40 -0,40 | +1,2 0 | +0,60 -0,60 | +2,0 0 | +1,00 -1,00 | +3 0 | +1,5 -1,5 |
| Св. 3 до 6 | +0,4 0 | +0,20 -0,20 | +0,6 0 | +0,30 -0,30 | +1,0 0 | +0,50 -0,50 | +1,5 0 | +0,75 -0,75 | +2,5 0 | +1,25 -1,25 | +4 0 | +2,0 -2,0 |
| Св. 6 до 10 | +0,4 0 | +0,20 -0,20 | +0,6 0 | +0,30 -0,30 | +1,0 0 | +0,50 -0,50 | +1,5 0 | +0,75 -0,75 | +2,5 0 | +1,25 -1,25 | +4 0 | +2,0 -2,0 |
| Св. 10 до 14 | +0,5 | +0,25 | +0,8 | +0,40 | +1,2 | +0,60 | +2,0 | +1,00 | +3,0 | +1,50 | +5 | +2,5 |
| Св. 14 до 18 | 0 | -0,25 | 0 | -0,40 | 0 | -0,60 | 0 | -1,00 | 0 | -1,50 | 0 | -2,5 |
| Св. 18 до 24 | +0,6 | +0,30 | +1,0 | +0,50 | +1,5 | +0,75 | +2,5 | +1,25 | +4,0 | +2,00 | +6 | +3,0 |
| Св. 24 до 30 | 0 | -0,30 | 0 | -0,50 | 0 | -0,75 | 0 | -1,25 | 0 | -2,00 | 0 | -3,0 |
| Св. 30 до 40 | +0,6 | +0,30 | +1,0 | +0,50 | +1,5 | +0,75 | +2,5 | +1,25 | +4,0 | +2,00 | +7 | +3,5 |
| Св. 40 до 50 | 0 | -0,30 | 0 | -0,50 | 0 | -0,75 | 0 | -1,25 | 0 | -2,00 | 0 | -3,5 |
| Св. 50 до 65 | +0,8 | +0,40 | +1,2 | +0,60 | +2,0 | +1,00 | +3,0 | +1,50 | +5,0 | +2,50 | +8 | +4,0 |
| Св. 65 до 80 | 0 | -0,40 | 0 | -0,60 | 0 | -1,00 | 0 | -1,50 | 0 | -2,50 | 0 | -4,0 |
| Св. 80 до 100 | +1,0 | +0,50 | +1,5 | +0,75 | +2,5 | +1,25 | +4,0 | +2,00 | +6,0 | +3,00 | +10 | +5,0 |
| Св. 100 до 120 | 0 | -0,50 | 0 | -0,75 | 0 | -1,25 | 0 | -2,00 | 0 | -3,00 | 0 | -5,0 |
| Св. 120 до 140 | +1,2 | +0,60 | +2,0 | +1,00 | +3,5 | +1,75 | +5,0 | +2,50 | +8,0 | +4,00 | +12 | +6,0 |
| Св. 140 до 160 | 0 | -0,60 | 0 | -1,00 | 0 | -1,75 | 0 | -2,50 | 0 | -4,00 | 0 | -6,0 |
| Св. 160 до 180 | | | | | | | | | | | | |
| Св. 180 до 200 | +2,0 | +1,00 | +3,0 | +1,50 | +4,5 | +2,25 | +7,0 | +3,50 | +10,0 | +5,00 | +14 | +7,0 |
| Св. 200 до 225 | 0 | -1,00 | 0 | -1,50 | 0 | -2,25 | 0 | -3,50 | 0 | -5,00 | 0 | -7,0 |
| Св. 225 до 250 | | | | | | | | | | | | |
| Св. 250 до 280 | +2,5 | +1,25 | +4,0 | +2,00 | +6,0 | +3,00 | +8,0 | +4,00 | +12,0 | +6,00 | +16 | +8,0 |
| Св. 280 до 315 | 0 | -1,25 | 0 | -2,00 | 0 | -3,00 | 0 | -4,00 | 0 | -6,00 | 0 | -8,0 |
| Св. 315 до 355 | +3,0 | +1,50 | +5,0 | +2,50 | +7,0 | +3,50 | +9,0 | +4,50 | +13,0 | +6,50 | +18 | +9,0 |
| Св. 355 до 400 | 0 | -1,50 | 0 | -2,50 | 0 | -3,50 | 0 | -4,50 | 0 | -6,50 | 0 | -9,0 |
| Св. 400 до 450 | +4,0 | +2,00 | +6,0 | +3,00 | +8,0 | +4,00 | +10,0 | +5,00 | +15,0 | +7,50 | +20 | +10,0 |
| Св. 450 до 500 | 0 | -2,00 | 0 | -3,00 | 0 | -4,00 | 0 | -5,00 | 0 | -7,50 | 0 | -10,0 |

Продолжение таблицы А2

| Интервал размеров, мм | Поля допусков | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------------|----------|----------------|-----------|------------|------------|------------|----------|----------------|-----------|------------|------------|------------|
| | G5 | H5 | Js5 | K5 | M5 | N5 | G6 | H6 | Js6 | K6 | M6 | N6 | P6 |
| | Предельные отклонения, мкм | | | | | | | | | | | | |
| От 1 до 3 | +6 +2 | +4 0 | +2,0 -2,0 | 0 -4 | -2 -6 | -4 -8 | +8 +2 | +6 0 | +3,0 -3,0 | 0 -6 | -2 -8 | -4 -10 | -6 -12 |
| Св. 3 до 6 | +9 +4 | +5 0 | +2,5 -2,5 | 0 -5 | -3 -8 | -7 -12 | +12 +4 | +8 0 | +4,0 -4,0 | +2 -6 | -1 -9 | -5 -13 | -9 -17 |
| Св. 6 до 10 | +11 +5 | +6 0 | +3,0 -3,0 | +1 -5 | -4 -10 | -8 -14 | +14 +5 | +9 0 | +4,5 -4,5 | +2 -7 | -3 -12 | -7 -18 | -12 -21 |
| Св. 10 до 14 | +14 | +8 | +4,0 | +2 | -4 | -9 | +17 | +11 | +5,5 | +2 | -4 | -9 | -15 |
| Св. 14 до 18 | +6 | 0 | -4,0 | -6 | -12 | -17 | +8 | 0 | -5,5 | -9 | -15 | -20 | -26 |
| Св. 18 до 24 | +16 | +9 | +4,5 | +1 | -5 | -12 | +20 | +13 | +6,5 | +2 | -4 | -11 | -18 |
| Св. 24 до 30 | +7 | 0 | -4,5 | -8 | -14 | -21 | +7 | 0 | -6,5 | -11 | -17 | -24 | -31 |
| Св. 30 до 40 | +20 | +11 | +5,5 | +2 | -5 | -13 | +25 | +16 | +8,0 | +3 | -4 | -12 | -21 |
| Св. 40 до 50 | +9 | 0 | -5,5 | -9 | -16 | -24 | +9 | 0 | -8,0 | -13 | -20 | -28 | -37 |
| Св. 50 до 65 | +23 | +13 | +6,5 | +3 | -6 | -15 | +29 | +19 | +9,5 | +4 | -5 | -14 | -28 |
| Св. 65 до 80 | +10 | 0 | -6,5 | -10 | -19 | -28 | +10 | 0 | -9,5 | -15 | -24 | -33 | -45 |
| Св. 80 до 100 | +27 | +15 | +7,5 | +2 | -8 | -18 | +34 | +22 | +11,0 | +4 | -6 | -16 | -30 |
| Св. 100 до 120 | +12 | 0 | -7,5 | -13 | -23 | -33 | +12 | 0 | -11,0 | -18 | -28 | -38 | -52 |
| Св. 120 до 140 | +32 +14 | +18 0 | +9,0 -9,0 | +3 -15 | -9 -27 | -21 -39 | +39 +14 | +25 0 | +12,5 -12,5 | +4 -21 | -8 -33 | -20 -45 | -36 -61 |
| Св. 140 до 160 | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 160 до 180 | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 180 до 200 | +35 +15 | +20 0 | +10,0 -10,0 | +2 -18 | -11 -31 | -25 -45 | +44 +15 | +29 0 | +14,5 -14,5 | +5 -24 | -8 -37 | -22 -51 | -41 -70 |
| Св. 200 до 225 | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 225 до 250 | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 250 до 280 | +40 +17 | +23 0 | +11,5 -11,5 | +3 -20 | -13 -36 | -27 -50 | +49 +17 | +32 0 | +16,0 -16,0 | +5 -27 | -9 -41 | -25 -57 | -47 -79 |
| Св. 280 до 315 | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 315 до 355 | +43 +18 | +25 0 | +12,5 -12,5 | +3 -22 | -14 -39 | -30 -55 | +54 +18 | +36 0 | +18,0 -18,0 | +7 -29 | -10 -46 | -26 -62 | -51 -87 |
| Св. 355 до 400 | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 400 до 450 | +47 +20 | +27 0 | +13,5 -13,5 | +2 -25 | -16 -43 | -33 -60 | +60 +20 | +40 0 | +20,0 -20,0 | +8 -32 | -10 -50 | -27 -67 | -55 -95 |
| Св. 450 до 500 | | | | | | | | | | | | | |

Продолжение таблицы А2

| Интервал размеров, мм | Поля допусков | | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|
| | F7 | G7 | H7 | Js7 | K7 | M7 | N7 | P7 | R7 | S7 | T7 |
| | Предельные отклонения, мкм | | | | | | | | | | |
| От 1 до 3 | +16 +6 | +12 +2 | +10 0 | +5 -5 | 0 -10 | -2 -12 | -4 -14 | -6 -16 | -10 -20 | -14 -24 | - |
| Св. 3 до 6 | +22 +10 | +16 +4 | +12 0 | +6 -6 | +3 -9 | 0 -12 | -4 -16 | -8 -20 | -11 -23 | -15 -27 | - |
| Св. 6 до 10 | +28 +13 | +20 +5 | +15 0 | +7 -7 | +5 -10 | 0 -15 | -4 -19 | -9 -24 | -13 -28 | -17 -32 | - |
| Св. 10 до 14 | +34 | +24 | +18 | +9 | +6 | 0 | -5 | -11 | -16 | -21 | - |
| Св. 14 до 18 | +16 | +6 | 0 | -9 | -12 | -18 | -23 | -29 | -34 | -39 | - |
| Св. 18 до 24 | +41 | +28 | +21 | +10 | +6 | 0 | -7 | -14 | -20 | -27 | - |
| Св. 24 до 30 | +20 | +7 | 0 | -10 | -15 | -21 | -28 | -35 | -41 | -48 | -33 -54 |
| Св. 30 до 40 | +50 | +34 | +25 | +12 | +7 | 0 | -8 | -17 | -25 | -34 | -39 -64 |
| Св. 40 до 50 | +25 | +9 | 0 | -12 | -18 | -25 | -33 | -42 | -50 | -59 | -45 -70 |
| Св. 50 до 65 | +60 | +40 | +30 | +15 | +9 | 0 | -9 | -21 | -30 -60 | -42 -72 | -55 -85 |
| Св. 65 до 80 | +30 | +10 | 0 | -15 | -21 | -30 | -39 | -51 | -32 -62 | -48 -78 | -64 -94 |
| Св. 80 до 100 | +71 | +47 | +35 | +17 | +10 | 0 | -10 | -24 | -38 -73 | -58 -93 | 78 -113 |
| Св. 100 до 120 | +36 | +12 | 0 | -17 | -25 | -35 | -45 | -59 | -41 -76 | -66 -101 | -91 -126 |
| Св. 120 до 140 | | | | | | | | | -48 -88 | -77 -117 | -107 -147 |
| Св. 140 до 160 | +83 | +54 | +40 | +20 | +12 | 0 | -12 | -28 | -50 -90 | -85 -125 | -119 -159 |
| Св. 160 до 180 | +43 | +14 | 0 | -20 | -28 | -40 | -52 | -68 | -53 -93 | -93 -133 | -131 -171 |
| Св. 180 до 200 | | | | | | | | | -60 -106 | -105 -151 | -149 -195 |
| Св. 200 до 225 | +96 | +61 | +46 | +23 | +13 | 0 | -14 | -33 | -63 -109 | -113 -159 | -163 -209 |
| Св. 225 до 250 | +50 | +15 | 0 | -23 | -33 | -46 | -60 | -79 | -67 -113 | -123 -169 | -179 -225 |
| Св. 250 до 280 | +108 | +69 | +52 | +26 | +16 | 0 | -14 | -36 | -74 -126 | -138 -190 | -198 -250 |
| Св. 280 до 315 | +56 | +17 | 0 | -26 | -36 | -52 | -66 | -88 | -78 -130 | -150 -202 | -220 -272 |
| Св. 315 до 355 | +119 | +75 | +57 | +28 | +17 | 0 | -16 | -41 | -87 -144 | -169 -226 | -247 -304 |
| Св. 355 до 400 | +62 | +18 | 0 | -28 | -40 | -57 | -73 | -98 | -93 -150 | -187 -244 | -273 -330 |
| Св. 400 до 450 | +131 | +83 | +63 | +31 | +18 | 0 | -17 | -45 | -103 -166 | -209 -272 | -307 -370 |
| Св. 450 до 500 | +68 | +20 | 0 | -31 | -45 | -63 | -80 | -108 | -109 -172 | -229 -292 | -337 -400 |

Продолжение таблицы А2

| Интервал размеров, мм | Поля допусков | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------------------|------------|------------|----------|------------|-----------|-----------|-----------|--------------|------------|------------|------------|----------|------------------|
| | D8 | E8 | F8 | H8 | Js8 | K8 | M8 | N8 | U8 | D9 | E9 | F9 | H9 | Js9 ^x |
| | Предельные отклонения, мкм | | | | | | | | | | | | | |
| От 1 до 3 | +34 +20 | +28 +14 | +20 +6 | +14 0 | +7 -7 | 0 -14 | - | -4 -18 | -18 -32 | +45 +20 | +39 +14 | +31 +6 | +25 0 | +12 -12 |
| Св. 3 до 6 | +48 +30 | +38 +20 | +28 +10 | +18 0 | +9 -9 | +5 -13 | +2 -16 | -2 -20 | -23 -41 | +60 +30 | +50 +20 | +40 +10 | +30 0 | +15 -15 |
| Св. 6 до 10 | +62 +40 | +47 +25 | +35 +13 | +22 0 | +11 -11 | +6 -16 | +1 -21 | -3 -25 | -28 -50 | +76 +40 | +61 +25 | +49 +13 | +36 0 | +18 -18 |
| Св. 10 до 14 | +77 | +59 | +43 | +27 | +13 | +8 | +2 | -3 | -33 | +93 | +75 | +59 | +43 | +21 |
| Св. 14 до 18 | +50 | +32 | +16 | 0 | -13 | -19 | -25 | -30 | -60 | +50 | +32 | +16 | 0 | -21 |
| Св. 18 до 24 | +98 | +73 | +53 | +33 | +16 | +10 | +4 | -3 | -41 -74 | +117 | +92 | +72 | +52 | +26 |
| Св. 24 до 30 | +65 | +40 | +20 | 0 | -16 | -23 | -29 | -36 | -48 -81 | +65 | +40 | +20 | 0 | -26 |
| Св. 30 до 40 | +119 | +89 | +64 | +39 | +19 | +12 | +5 | -3 | -60 -99 | +142 | +112 | +87 | +62 | +31 |
| Св. 40 до 50 | +80 | +50 | +25 | 0 | -19 | -27 | -34 | -42 | -70 -109 | +80 | +50 | +25 | 0 | -31 |
| Св. 50 до 65 | +146 | +106 | +76 | +46 | +23 | +14 | +5 | -4 | -87 -133 | +174 | +134 | +104 | +74 | +37 |
| Св. 65 до 80 | +100 | +60 | +30 | 0 | -23 | -32 | -41 | -50 | -102 -148 | +100 | +60 | +30 | 0 | -37 |
| Св. 80 до 100 | +174 | +126 | +90 | +54 | +27 | +16 | -6 | -4 | -124 -178 | +207 | +159 | +123 | +87 | +43 |
| Св. 100 до 120 | +120 | +72 | +36 | 0 | -27 | -38 | -48 | -58 | -144 -198 | +120 | +72 | +36 | 0 | -43 |
| Св. 120 до 140 | +208 | +148 | +106 | +63 | +31 | +20 | +8 | -4 | -170 -233 | +245 | +185 | +143 | +100 | +50 |
| Св. 140 до 160 | | | | | | | | | -190 -253 | | | | | |
| Св. 160 до 180 | | | | | | | | | +145 | | | | | |
| Св. 180 до 200 | +242 | +172 | +122 | +72 | +36 | +22 | +9 | -5 | -236 -308 | +285 | +215 | +165 | +115 | +57 |
| Св. 200 до 225 | | | | | | | | | -258 -330 | | | | | |
| Св. 225 до 250 | | | | | | | | | +170 | | | | | |
| Св. 250 до 280 | +271 | +191 | +137 | +81 | +40 | +25 | +9 | -5 | -315 -396 | +320 | +240 | +186 | +130 | +65 |
| Св. 280 до 315 | +190 | +110 | +56 | 0 | -40 | -56 | -72 | -86 | -350 -431 | +190 | +110 | +56 | 0 | -65 |
| Св. 315 до 355 | +299 | +214 | +151 | +89 | +44 | +28 | +11 | -5 | -390 -479 | +350 | +265 | +202 | +140 | +70 |
| Св. 355 до 400 | +210 | +125 | +62 | 0 | -44 | -61 | -78 | -94 | -435 -524 | +210 | +125 | +62 | 0 | -70 |
| Св. 400 до 450 | +327 | +232 | +165 | +97 | +48 | +29 | +11 | -6 | -490 -587 | +385 | +290 | +223 | +155 | +77 |
| Св. 450 до 500 | +230 | +135 | +68 | 0 | -48 | -68 | -86 | -103 | -540 -637 | +230 | +135 | +68 | 0 | -77 |

Продолжение таблицы А2

| Интервал размеров, мм | Поля допусков | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------------|-----------|-------------------|----------------|---------------|--------------|--------------|-----------|-------------------|---------------|-----------|-------------------|
| | D10 | H10 | Js10 ^x | A11 | B11 | C11 | D11 | H11 | Js11 ^x | B12 | H12 | Js12 ^x |
| | Предельные отклонения, мкм | | | | | | | | | | | |
| От 1 до 3 | +60 +20 | +40 0 | +20 -20 | +330 +270 | +200 +140 | +120 +60 | +80 +20 | +60 0 | +30 -30 | +240 +140 | +100 0 | +50 -50 |
| Св. 3 до 6 | +78 +30 | +48 0 | +24 -24 | +345 +270 | +215 +140 | +145 +70 | +105 +30 | +75 0 | +37 -37 | +260 +140 | +120 0 | +60 -60 |
| Св. 6 до 10 | +98 +40 | +58 0 | +29 -29 | +370 +280 | +240 +150 | +170 +80 | +130 +40 | +90 0 | +45 -45 | +300 +150 | +150 0 | +75 -75 |
| Св. 10 до 14 | +120 | +70 | +35 | +400 | +260 | +205 | +160 | +110 | +55 | +330 | +180 | +90 |
| Св. 14 до 18 | +50 | 0 | -35 | +290 | +150 | +95 | +50 | 0 | -55 | +150 | 0 | -90 |
| Св. 18 до 24 | +149 | +84 | +42 | +430 | +290 | +240 | +195 | +130 | +65 | +370 | +210 | +105 |
| Св. 24 до 30 | +65 | 0 | -42 | +300 | +160 | +110 | +65 | 0 | -65 | +160 | 0 | -105 |
| Св. 30 до 40 | +180 | +100 | +50 | +470 +310 | +330 +170 | +280 +120 | +240 | +160 | +80 | +420 +170 | +250 | +125 |
| Св. 40 до 50 | +80 | 0 | -50 | +480 +320 | +340 +180 | +290 +130 | +80 | 0 | -80 | +430 +180 | 0 | -125 |
| Св. 50 до 65 | +220 | +120 | +60 | +530 +340 | +380 +190 | +330 +140 | +290 | +190 | +95 | +490 +190 | +300 | +150 |
| Св. 65 до 80 | +100 | 0 | -60 | +550 +360 | +390 +200 | +340 +150 | +100 | 0 | -95 | +500 +200 | 0 | -150 |
| Св. 80 до 100 | +260 | +140 | +70 | +600 +380 | +440 +220 | +390 +170 | +340 | +220 | +110 | +570 +220 | +350 | +175 |
| Св. 100 до 120 | +120 | 0 | -70 | +630 +410 | +390 +170 | +400 +180 | +120 | 0 | -110 | +590 +240 | 0 | -175 |
| Св. 120 до 140 | | | | +710 +460 | +510 +260 | +450 +200 | | | | +660 +260 | | |
| Св. 140 до 160 | +305 +145 | +160 0 | +80 -80 | +770 +520 | +530 +280 | +460 +210 | +395 +145 | +250 0 | +125 -125 | +580 +280 | +400 0 | +200 -200 |
| Св. 160 до 180 | | | | +830 +580 | +560 +310 | +480 +230 | | | | +710 +310 | | |
| Св. 180 до 200 | | | | +950 +660 | +630 +340 | +530 +240 | | | | +800 +340 | | |
| Св. 200 до 225 | +355 +170 | +185 0 | +92 -92 | +1030 +740 | +670 +380 | +550 +260 | +460 +170 | +290 0 | +145 -145 | +840 +380 | +460 0 | +230 -230 |
| Св. 225 до 250 | | | | +1110 +820 | +710 +420 | +570 +280 | | | | +880 +420 | | |
| Св. 250 до 280 | +400 | +210 | +105 | +1240 +920 | +800 +480 | +620 +300 | +510 | +320 | +160 | +1000 +480 | +520 | +260 |
| Св. 280 до 315 | +190 | 0 | -105 | +1370 +1050 | +860 +540 | +650 +330 | +190 | 0 | -160 | +1060 +540 | 0 | -260 |
| Св. 315 до 355 | +440 | +230 | +115 | +1560 +1200 | +960 +600 | +720 +360 | +570 | +360 | +180 | +1170 +600 | +570 | +285 |
| Св. 355 до 400 | +210 | 0 | -115 | +1710 +1350 | +1040 +680 | +760 +400 | +210 | 0 | -180 | +1250 +680 | 0 | -285 |
| Св. 400 до 450 | +480 | +250 | +125 | +1900 +1500 | +1160 +760 | +840 +440 | +630 | +400 | +200 | +1390+760 | +630 | +315 |
| Св. 450 до 500 | +230 | 0 | -125 | +2050 +1650 | +1240 +840 | +880 +480 | +230 | 0 | -200 | +1470+840 | 0 | -315 |

Продолжение таблицы А2

| Интервал размеров, мм | Поля допусков | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | H13 ^x | Js13 ^x | H14 ^x | Js14 ^x | H15 ^x | Js15 ^x | H16 ^x | Js16 ^x | H17 ^x | Js17 ^x |
| | Предельные отклонения, мкм | | | | | | | | | |
| От 1 до 3 | +140 0 | +70 -70 | +250 0 | +125 -125 | +400 0 | +200 -200 | +600 0 | +300 -300 | +1000 0 | +500 -500 |
| Св. 3 до 6 | +180 0 | +90 -90 | +300 0 | +150 -150 | +480 0 | +240 -240 | +750 0 | +375 -375 | +1200 0 | +600 -600 |
| Св. 6 до 10 | +220 0 | +110 -110 | +360 0 | +180 -180 | +580 0 | +290 -290 | +900 0 | +450 -450 | +1500 0 | +750 -750 |
| Св. 10 до 14 | +270 | +135 | +430 | +215 | +700 | +350 | +1100 | +550 | +1800 | +900 |
| Св. 14 до 18 | 0 | -135 | 0 | -215 | 0 | -350 | 0 | -550 | 0 | -900 |
| Св. 18 до 24 | +330 | +165 | +520 | +260 | +840 | +420 | +1300 | +650 | +2100 | +1050 |
| Св. 24 до 30 | 0 | -165 | 0 | -260 | 0 | -420 | 0 | -650 | 0 | -1050 |
| Св. 30 до 40 | +390 | +195 | +620 | +310 | +1000 | +500 | +1600 | +800 | +2500 | +1250 |
| Св. 40 до 50 | 0 | -195 | 0 | -310 | 0 | -500 | 0 | -800 | 0 | -1250 |
| Св. 50 до 65 | +460 | +230 | +740 | +370 | +1200 | +600 | +1900 | +950 | +3000 | +1500 |
| Св. 65 до 80 | 0 | -230 | 0 | -370 | 0 | -600 | 0 | -950 | 0 | -1500 |
| Св. 80 до 100 | +540 | +270 | +870 | +435 | +1400 | +700 | +2200 | +1100 | +3500 | +1750 |
| Св. 100 до 120 | 0 | -270 | 0 | -435 | 0 | -700 | 0 | -1100 | 0 | -1750 |
| Св. 120 до 140 | +630 0 | +315 -315 | +1000 0 | +500 -500 | +1600 0 | +800 -800 | +2500 0 | +1250 -1250 | +4000 0 | +2000 -2000 |
| Св. 140 до 160 | | | | | | | | | | |
| Св. 160 до 180 | | | | | | | | | | |
| Св. 180 до 200 | +720 0 | +360 -360 | +1150 0 | +575 -575 | +1850 0 | +925 -925 | +2900 0 | +1450 -1450 | +4600 0 | +2300 -2300 |
| Св. 200 до 225 | | | | | | | | | | |
| Св. 225 до 250 | | | | | | | | | | |
| Св. 250 до 280 | +810 0 | +405 -405 | +1300 0 | +650 -650 | +2100 0 | +1050 -1050 | +3200 0 | +1600 -1600 | +5200 0 | +2600 -2600 |
| Св. 280 до 315 | | | | | | | | | | |
| Св. 315 до 355 | +890 0 | +445 -445 | +1400 0 | +700 -700 | +2300 0 | +1150 -1150 | +3600 0 | +1800 -1800 | +5700 0 | +2850 -2850 |
| Св. 355 до 400 | | | | | | | | | | |
| Св. 400 до 450 | +970 0 | +485 -485 | +1550 0 | +775 -775 | +2500 0 | +1250 -1250 | +4000 0 | +2000 -2000 | +6300 0 | +3150 -3150 |
| Св. 450 до 500 | | | | | | | | | | |

Таблица А3 – Средние значения коэффициентов линейного расширения α

| Наименование материала | α , град ⁻¹ | Наименование материала | α , град ⁻¹ | Наименование материала | α , град ⁻¹ |
|------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| Алюминий | $23,8 \cdot 10^{-6}$ | Латунь | $18 \cdot 10^{-6}$ | Стекло | $8,5 \cdot 10^{-6}$ |
| Бронза | $17,6 \cdot 10^{-6}$ | Медь | $16,9 \cdot 10^{-6}$ | Титан ВТ1 | $8 \cdot 10^{-6}$ |
| Вольфрам | $3,3 \cdot 10^{-6}$ | Сталь | $12 \cdot 10^{-6}$ | Чугун | $10 \cdot 10^{-6}$ |
| Инвар | $1,6 \cdot 10^{-6}$ | Сталь Х | $11,5 \cdot 10^{-6}$ | Тв. сплав ВК | $4,5 \cdot 10^{-6}$ |

Таблица А4 – Передаточные коэффициенты К для различных углов призм и разного числа граней проверяемой детали

| Число граней | Угол призмы, град | | | | Число граней | Угол призмы, град | | | |
|--------------|-------------------|-----|-----|-----|--------------|-------------------|----|-----|-----|
| | 60 | 90 | 108 | 120 | | 60 | 90 | 108 | 120 |
| 3 | 3,0 | 2,0 | 1,6 | 1,0 | 7 | 0 | 0 | 1,3 | 2,0 |
| 5 | 0 | 2,0 | 2,2 | 2,0 | 9 | 3,0 | 0 | 0 | 1,0 |

Таблица А5 – Допуски формы и расположения поверхностей

| Интервалы номинальных размеров, мм | Степень точности | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | Допуски плоскостности и прямолинейности, мкм | | | | | | | | | |
| До 10 | 0,25 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 |
| Св. 10 до 16 | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 |
| » 16 » 25 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 |
| » 25 » 40 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 |
| » 40 » 63 | 0,6 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 |
| » 63 » 100 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 |
| » 100 » 160 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 |
| » 160 » 250 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 |
| » 250 » 400 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 | 100 |
| » 400 » 630 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 | 120 |
| » 630 » 1000 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 | 100 | 160 |

Примечание – Под номинальным размером понимается номинальная длина нормируемого участка. Если нормируемый участок не задан, то под номинальным размером понимается номинальная длина большей стороны поверхности или номинальный большой диаметр торцевой поверхности.

Продолжение таблицы А5

| Интервалы номинальных размеров, мм | Степень точности | | | | | | | | | |
|---|---|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | Допуски цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения, мкм | | | | | | | | | |
| Св. 3 до 10 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 |
| » 10 » 18 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 |
| » 18 » 30 | 0,6 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 |
| » 30 » 50 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 |
| » 50 » 120 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 |
| » 120 » 250 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 |
| » 250 » 400 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 | 100 |
| » 400 » 630 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 | 120 |
| Примечание – Под номинальным размером понимается номинальный диаметр | | | | | | | | | | |
| Интервалы номинальных размеров, мм | Степень точности | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | Допуски параллельности, перпендикулярности, наклона и торцового биения, мкм | | | | | | | | | |
| До 10 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 |
| Св. 10 до 16 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 |
| » 16 » 25 | 0,6 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 |
| » 25 » 40 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 |
| » 40 » 63 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 |
| » 63 » 100 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 |
| » 100 » 160 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 | 100 |
| » 160 » 250 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 | 120 |
| » 250 » 400 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 | 100 | 160 |
| » 400 » 630 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 | 120 | 200 |
| Примечание – При назначении допусков параллельности, перпендикулярности, наклона под номинальным размером понимается номинальная длина нормируемого участка или номинальная длина всей нормируемой поверхности. При назначении допусков торцового биения под номинальным размером понимается заданный номинальный диаметр торцевой поверхности. | | | | | | | | | | |
| Интервалы номинальных размеров, мм | Степень точности | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | Допуски радиального биения. Допуски соосности, симметричности, пересечения осей, мкм | | | | | | | | | |
| Св. 3 до 10 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 |
| » 10 » 18 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 |
| » 18 » 30 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 | 100 |
| » 30 » 50 | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 | 120 |
| » 50 » 120 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 | 100 | 160 |
| » 120 » 250 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 | 120 | 200 |
| » 250 » 400 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 40 | 60 | 100 | 160 | 250 |
| » 400 » 630 | 5 | 8 | 12 | 20 | 30 | 50 | 80 | 120 | 200 | 300 |
| Примечание – При назначении допусков радиального биения под номинальным размером понимается номинальный диаметр рассматриваемой поверхности. При назначении допусков соосности, симметричности, пересечения осей под номинальным размером понимается номинальный диаметр рассматриваемой поверхности вращения или номинальный размер между поверхностями, образующими рассматриваемый симметричный элемент. | | | | | | | | | | |

Таблица А6 – Параметры шероховатости поверхности

| Значения Ra, мкм ГОСТ 2789 – 73 | | | | | | Значения Rz и Rmax, мкм ГОСТ 2789 – 73 | | | | | |
|------------------------------------|------|------|-------|-------|-------|---|------|------|------|-------|-------|
| – | 100 | 10,0 | 1,00 | 0,100 | 0,010 | – | 1000 | 100 | 10,0 | 1,00 | 0,100 |
| – | 80 | 8,0 | 0,80 | 0,080 | 0,008 | – | 800 | 80 | 8,0 | 0,80 | 0,080 |
| – | 63 | 6,3 | 0,63 | 0,063 | – | – | 630 | 63 | 6,3 | 0,63 | 0,063 |
| – | 50 | 5,0 | 0,50 | 0,050 | – | – | 500 | 50 | 5,0 | 0,50 | 0,050 |
| 400 | 40 | 4,0 | 0,40 | 0,040 | – | – | 400 | 40 | 4,0 | 0,40 | 0,040 |
| 320 | 32 | 3,2 | 0,32 | 0,032 | – | – | 320 | 32 | 3,2 | 0,32 | 0,032 |
| 250 | 25 | 2,5 | 0,25 | 0,025 | – | – | 250 | 25 | 2,5 | 0,25 | 0,025 |
| 200 | 20 | 2,0 | 0,20 | 0,020 | – | – | 200 | 20 | 2,0 | 0,20 | – |
| 160 | 16 | 1,6 | 0,160 | 0,016 | – | 1600 | 160 | 16 | 1,6 | 0,160 | – |
| 125 | 12,5 | 1,25 | 0,125 | 0,012 | – | 1250 | 125 | 12,5 | 1,25 | 0,125 | – |

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Текст расчетно-графической работы
«Система допусков и посадок гладких соединений»

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет механизации
Кафедра ремонта машин и материаловедения

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Система допусков и посадок гладких соединений

Расчетно-графическая работа

Выполнил

Студент _____

Группа _____

Вариант _____

Принял

Краснодар

КубГАУ

201

Задание № 1

Определить годность трех валов или отверстий по результатам их измерений, установить вид брака – исправимый или неисправимый. Определить d , d_{\max} , d_{\min} , d_c , ei , es , e_c или D , D_{\max} , D_{\min} , D_c , EI , ES , E_c . Построить схему поля допуска.

Таблица 1 – Вариант индивидуального задания № 1

| Вариант № | | |
|---------------------------|------------|--|
| Обозначение на чертеже | | |
| Действительный размер, мм | $d_1(D_1)$ | |
| | $d_2(D_2)$ | |
| | $d_3(D_3)$ | |

Решение:

Таблица 2 – Размерный анализ размера

| | | |
|---------------------|----------------------------|--|
| Размер на чертеже | d , мм | |
| Номинальный размер | $d (D)$, мм | |
| Максимальный размер | $d_{\max} (D_{\max})$, мм | |
| Минимальный размер | $d_{\min} (D_{\min})$, мм | |
| Средний размер | $d_c (D_c)$, мм | |
| Верхнее отклонение | $es (ES)$, мкм | |
| Нижнее отклонение | $ei (EI)$, мкм | |
| Среднее отклонение | $e_c (E_c)$, мкм | |
| Допуск размера | $Td (TD)$, мкм | |

Таблица 3 – Определение годности деталей

| Действительный размер | Значение, мм | Годен (+, -) | Брак | |
|-----------------------|--------------|--------------|------------|--------------|
| | | | исправимый | неисправимый |
| $d_1(D_1)$ | | | | |
| $d_2(D_2)$ | | | | |
| $d_3(D_3)$ | | | | |

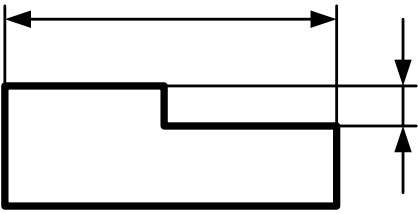
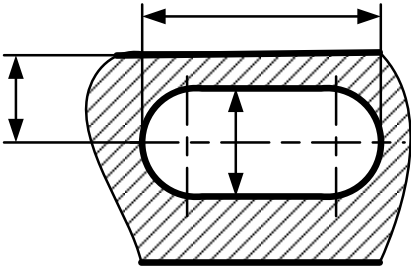
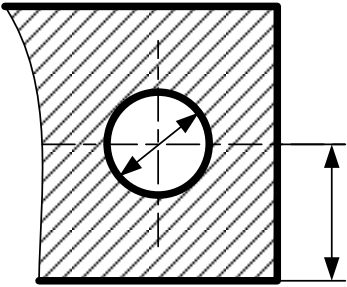
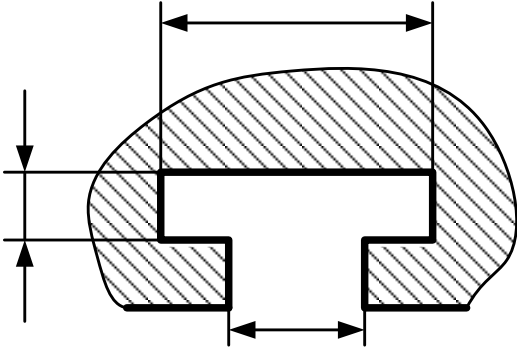
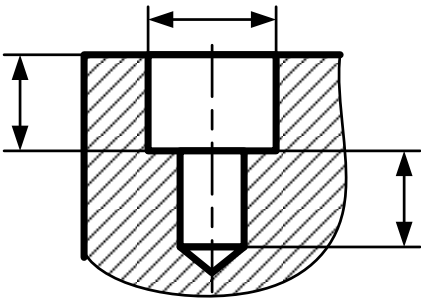
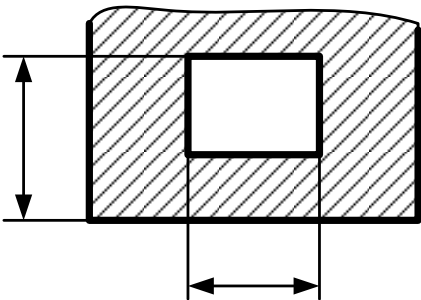
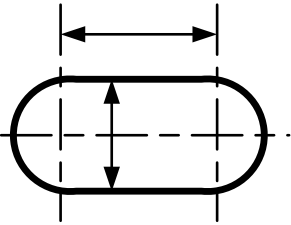
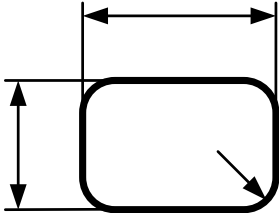
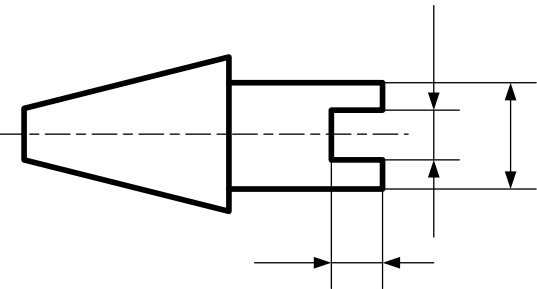
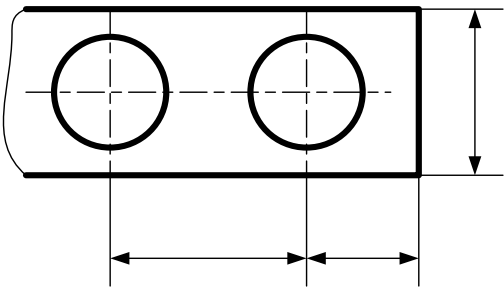
Схема поля допуска.

Рисунок 1 – Схема поля допуска

Задание № 2

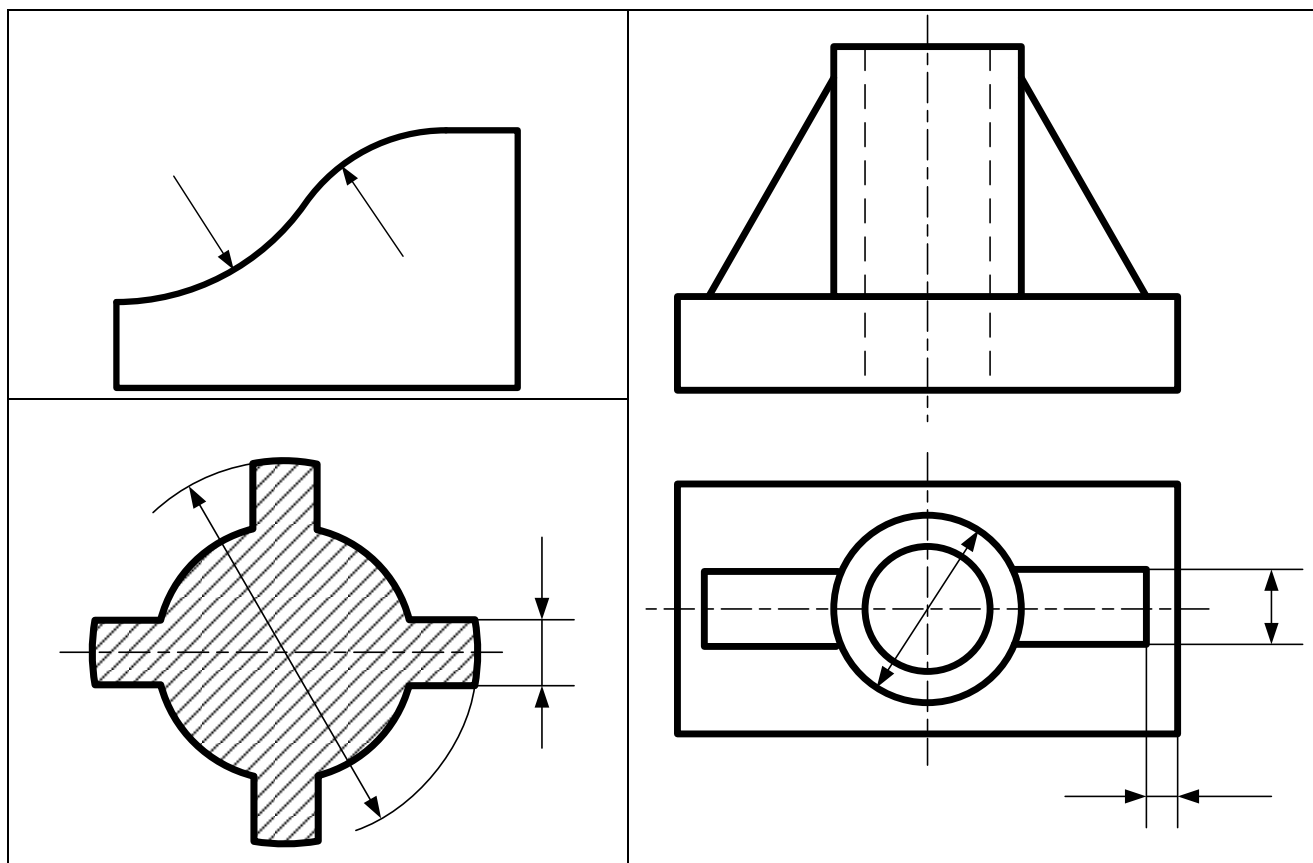
Определить вид допуска на размеры. Обозначить: вал – В, отверстие – О, не вал и не отверстие – Н. Объяснить выбор.

Таблица 4 – Определение вида допуска на размер

| | |
|---|--|
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

| | |
|--|--|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

| | |
|--|--|
| | |
| | |
| | |
| | |



Задание № 3

На чертеже записано: «Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий – H14, валов – h14, остальных $\pm \frac{IT14}{2}$ ». Определить предельные размеры и величины допусков свободных размеров деталей, указанных на рисунке.

Рисунок 2 – Эскиз с решением задания № 3

Задание № 4

Определить квалитет, по которому назначен допуск на изготовление.

Таблица 5 – Вариант индивидуального задания № 3

| | |
|-------------------------|--|
| Вариант | |
| Номинальный диаметр, мм | |
| Величина допуска, мкм | |

Решение:

Задание № 5

Температура воздуха в цехе $+20^{\circ}\text{C}$. Средства измерения, изготовленные из стали, имеют ту же температуру. Определить допуск размера, погрешность измерения размера детали и погрешность от температурной деформации. Сравнить погрешность от температурной деформации детали с погрешностью измерения.

Таблица 6 – Вариант индивидуального задания № 4

| | |
|--|--|
| Вариант | |
| Номинальный размер, мм | |
| Обозначения поля допуска | |
| Температура детали, $^{\circ}\text{C}$ | |
| Материал детали | |

Решение:

Задание № 6

Расшифровать условные обозначения предельных отклонений формы и расположения поверхностей на эскизе.

Рисунок 3 – Эскиз задания № 6

Решение:

Задание № 7

Рисунок 4 – Эскиз с решением задания № 7

Задание № 8

Решение:

Задание № 9

Изошенную инструментальную линейку проверили на прямолинейность. По результатам измерений построить график и указать максимальную величину отклонения от прямолинейности линейки (измерение проводилось в точках, расположенных через равные интервалы).

Таблица 7 – Вариант индивидуального задания № 9

| Вариант | Δ_1 , мкм | Δ_2 , мкм | Δ_3 , мкм | Δ_4 , мкм | Δ_5 , мкм | Δ_6 , мкм | Δ_7 , мкм | L, мм |
|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|
| | | | | | | | | |

Эскиз с решением:

Рисунок 5 – Эскиз с решением задания № 9

Задание № 10

Определить значение параметра шероховатости Rz по приведенным результатам обработки профилограммы поверхности. Коэффициент вертикального увеличения $U_V = 2000$, коэффициент горизонтального увеличения $U_H = 60$. (Эскиз к заданию № 9 вклеить ниже).

Рисунок 6 – Эскиз к заданию № 10 (вклейка)

Решение:

Задание № 11

Расшифровать обозначения шероховатости на чертеже.

Рисунок 7 – Эскиз к заданию № 11

Решение:

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Текст расчетно-графической работы
«Решение проверочной задачи теории размерных цепей»

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет механизации
Кафедра ремонта машин и материаловедения

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Решение проверочной задачи теории размерных цепей

Расчетно-графическая работа

Выполнил

Студент _____

Группа _____

Вариант _____

Принял

Краснодар

КубГАУ

201

Задание

Даны две детали 1 и 2 с соответствующими размерами. После сборки деталь 1 вставляется в отверстие детали 2, при этом происходит соприкосновение деталей по одному из трех торцов. Определить номинальную, максимальную и минимальную возможную величину зазоров между двумя оставшимися свободными торцами деталей после сборки. Методы расчета: максимум-минимум и вероятностный (если число составляющих звеньев не менее четырех).

Таблица 1 – Вариант индивидуального задания

| Вариант | A_1 | A_2 | A_3 | A_4 | B_1 | B_2 | B_3 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | | | | |

Рисунок 1 – Эскиз к заданию

Решение:

Учебное издание

Чеботарёв Михаил Иванович
Кадыров Михаил Реминович

**НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ
ДЕТАЛЕЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ И СБОРКЕ**

Практикум

В авторской редакции

Подписано в печать 00.02.2016 г. Формат 60 × 84 ¹/₈.

Усл. печ. л. – 12,4. Уч.-изд. л. – 7,3.

Тираж 100 экз. Заказ №

Типография
Кубанского государственного аграрного университета.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13