Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Расчет стандартных посадок гладких соединений № 2

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по курсу «Технические измерения»
для студентов направления

15.03.05 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

очной и заочной форм обучения

Энгельс 2025

1. Основные понятия, обозначения и методика решения задач

Под системой допусков и посадок понимают совокупность допусков и посадок, оформленных в виде стандартов.

Основополагающими для гладких цилиндрических соединений являются ГОСТ 25346-89 (СТ СЭВ 145-88, ИСО 286/1 - 88) "Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений". Согласно указанным стандартам рекомендуются посадки в системе отверстия и в системе вала.

Посадкой в системе отверстия называют посадку, в которой требуемые зазоры или натяги получаются соединением различных полей допусков валов с полем допуска основного отверстия.

Посадкой в системе вала называют посадку, в которой требуемые зазоры или натяги получаются соединением различных полей допусков отверстий с полем допуска основного вала.

Под ***основным отверстием*** понимается отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю.

Под ***основным валом*** понимают вал, верхнее отклонение которого равно нулю.

Положение поля допуска относительно нулевой линии определяется основным отклонением. ***Основное отклонение*** – одно из двух предельных отклонений (верхнее или нижнее) ближайшее к нулевой линии. Установлено 27 основных отклонений для отверстий и 27 основных отклонений для валов. Основные отклонения обозначаются буквами латинского алфавита, прописными для отверстий и строчными для валов (рис. 1). Отклонения JS и js симметричные, поэтому основными не являются. Второе предельное отклонение определяется через основное отклонение и допуск (рис. 2).

Величину допуска для любого размера можно найти по формуле

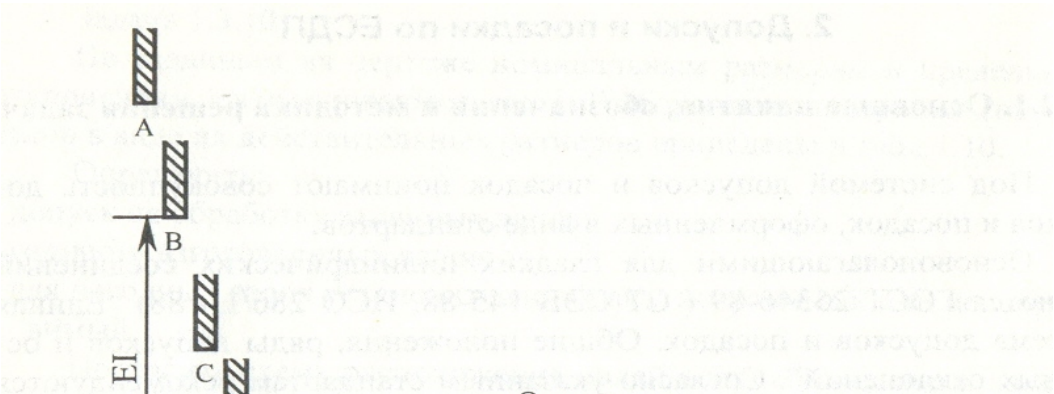
$$T=k*i \qquad (1)$$

где T – допуск размера, мкм;

k – число единиц допуска (коэффициент точности);

i – единица допуска, мкм.

В ЕСДП единица допуска для размеров от 1 до 500 мм определяется по формуле



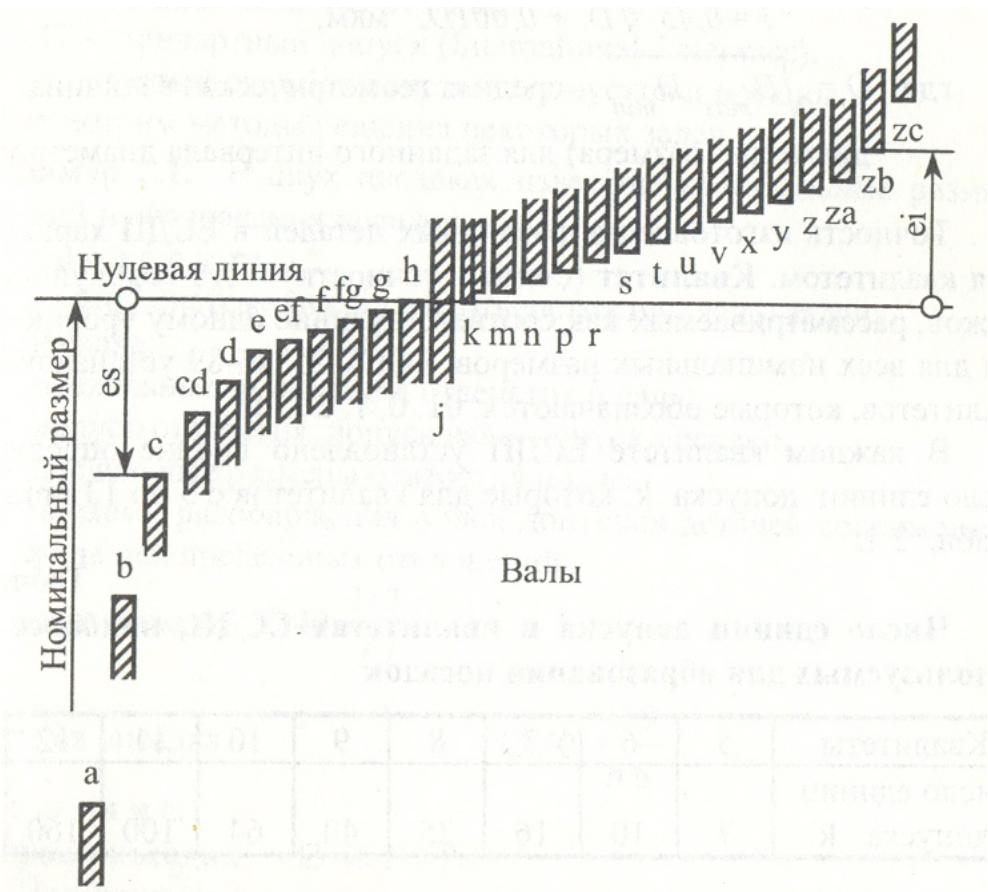
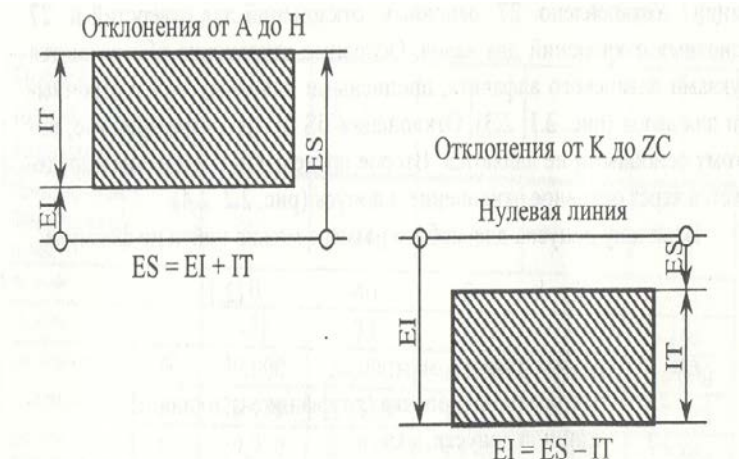


Рис. .1. Схема расположения и обозначение основных отклонений



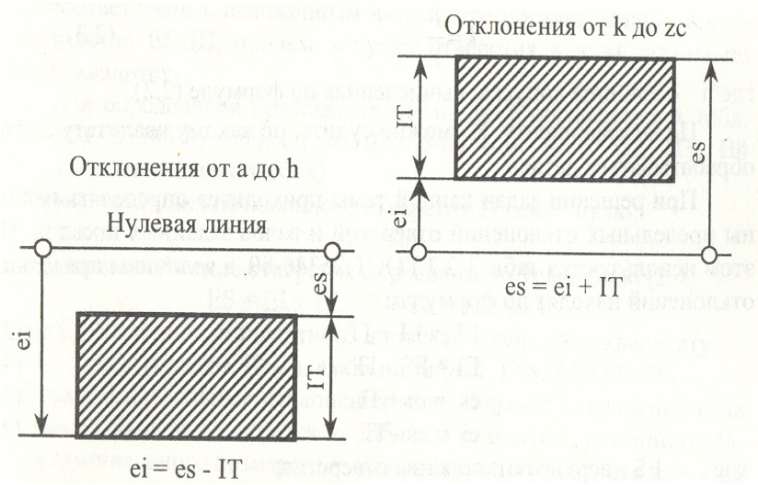


Рис. 2. Определение второго предельного отклонения вала
через основное отклонение и допуск

$$i = 0{,}45\sqrt[3]{D} + 0{,}001D \text{, мкм} \qquad (2)$$

где $D = \sqrt{D_{\max} \times D_{\min}}$ – средняя геометрическая величина диаметра (размера) для заданного интервала диаметров, мм.

Точность изготовления различных деталей в ЕСДП характеризуется квалитетом. ***Квалитет*** (степень точности) – это совокупность допусков, рассматриваемых как соответствующие одному уровню точности для всех номинальных размеров. ГОСТ 25346-89 устанавливает 20 квалитетов, которые обозначаются: 01,0, 1, 2 ... 18.

В каждом квалитете ЕСДП установлено вполне определенное число единиц допуска k, которые для квалитетов с 5 по 13 приведены в табл. 1.

Таблица 1.1

Число единиц допуска в квалитетах ***ЕСДП,*** *наиболее часто используемых для образования посадок*

Квалитеты	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Число единиц допуска k	7	10	16	25	40	64	100	160	250

При известной величине допуска детали и ее номинальном размере можно определить число единиц допуска (коэффициент точности) по формуле

$$k = \frac{T}{i} \qquad (3)$$

где i - единица допуска, вычисленная по формуле (2).

По коэффициенту k можно судить, по какому квалитету должна обрабатываться деталь.

При решении задач данной темы приходится определять величины предельных отклонений отверстий и валов заданных посадок. При этом используются табл. 1,2,3 ГОСТ 25346-89, а величины предельных отклонений находят по формулам:

$$ES = EI + IT; \qquad (4)$$

$$EI = ES - IT; \qquad (5)$$

$$es = ei + IT; \qquad (6)$$

$$ei = es - IT, \qquad (7)$$

ES – верхнее отклонение отверстия;
EI –нижнее отклонение отверстия;
es – верхнее отклонение вала;
ei – нижнее отклонение вала;
IT – стандартный допуск (International Tolerance), взятый из таблиц системы допусков и посадок.

Рассмотрим методы решения некоторых задач.

Пример 1.. В двух посадках известны номинальные размеры соединений и обозначения посадок.

Определить:

1) в какой системе (в системе отверстия или вала) задана посадка;
2) предельные отклонения отверстия и вала:
3) допуск отверстия, допуск вала, допуск посадки;
4) предельные размеры отверстия и вала.

Дать схему расположения полей допусков деталей сопряжения с указанием на ней предельных отклонений.

Первая посадка $Ø40\ \frac{H7}{f7}$; вторая посадка $Ø50\ \frac{E9}{h8}$

Решение.

Первая посадка $Ø40\ \frac{H7}{f7}$

1. При решении вопроса о том, в какой системе (отверстия или вала) задана посадка, следует помнить, что по ЕСДП основное отверстие обозначается буквой H, а основной вал h.

В соответствии с изложенным видим, что посадка задана в системе отверстия ЕСДП, причем допуски отверстия и вала заданы по седьмому квалитету.

2. Для определения предельных отклонений обращаемся к ГОСТ25346-89.

Нижнее отклонение основного отверстия H равно нулю: EI = 0.

Верхнее отклонение отверстия определим по уравнению (4)

ES = EI + IT = 0 + 25 = +25 мкм,

где IT – величина стандартного допуска по седьмому квалитету для размера 40 мм.

Верхнее отклонение вала es = – 25 мкм. Нижнее отклонение вычисляем по формуле (7): ei =es – IT = –25 – 25 = – 50 мкм.

Величина стандартного допуска IT седьмого квалитета для номинального размера 40 мм была найдена ранее. Строим схему расположения полей допусков рассмотренной посадки (рис. 3).

3. Определяем допуск отверстия, допуск вала, допуск посадки. Допуск отверстия и допуск вала определяются квалитетом. В нашем конкретном случае допуски отверстия и вала будут численно равны между собой, так как отверстие и вал выполнены по седьмому квалитету

$T_D = T_d = IT7_{40} = 25$ мкм.

Допуск посадки найдем по формуле :

$T_s = T_D + T_d = 25 + 25 = 50$ мкм.

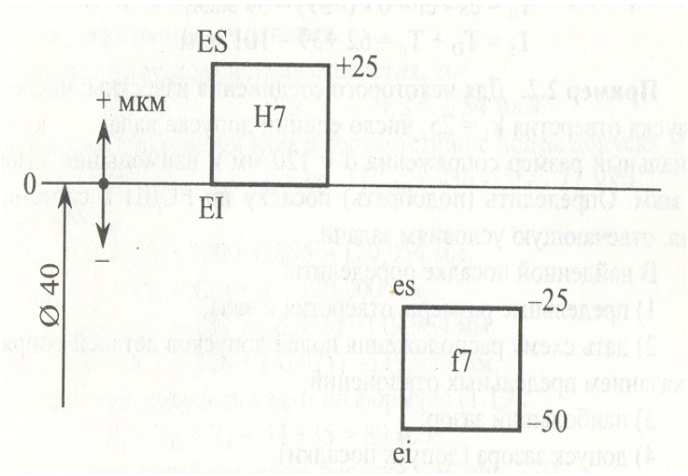


Рис.3

Находим предельные размеры отверстия и вала:

$D_{max} = D + ES = 40 + 0{,}025 = 40{,}025$ мм;

$D_{min} = D + EI = 40 + 0 = 40{,}000$ мм;

$d_{max} = d + es = 40 + (-0{,}025) = 39{,}975$ мм;

$d_{min} = d + ei = 40 + (-0{,}050) = 39{,}950$ мм.

Вторая посадка Ø50 $\frac{E9}{h8}$

1. Эта посадка задана в системе вала по ЕСДП. Основной вал восьмого квалитета, а отверстие девятого квалитета с основным отклонением Е.

2. Предельные отклонения выписываем из ГОСТ 25346-89 для заданного номинального размера посадки d = 50 мм

Имеем: EI = +50мкм; ES = EI + $1T9_{50}$ = 50 + 62 = +112 мкм.

es = 0; ei = es – $IT8_{50}$ = 0 – 39 = –39 мкм.

Строим схему расположения полей допусков деталей сопряжения (рис.4).

3. Определяем допуск отверстия, допуск вала и допуск посадки

$$T_D = ES - EI = +112 - (+50) = 62 \text{ мкм};$$
$$T_d = es - ei = 0 - (-39) = 39 \text{ мкм};$$
$$T_s = T_D + T_d = 62 + 39 = 101 \text{ мкм}.$$

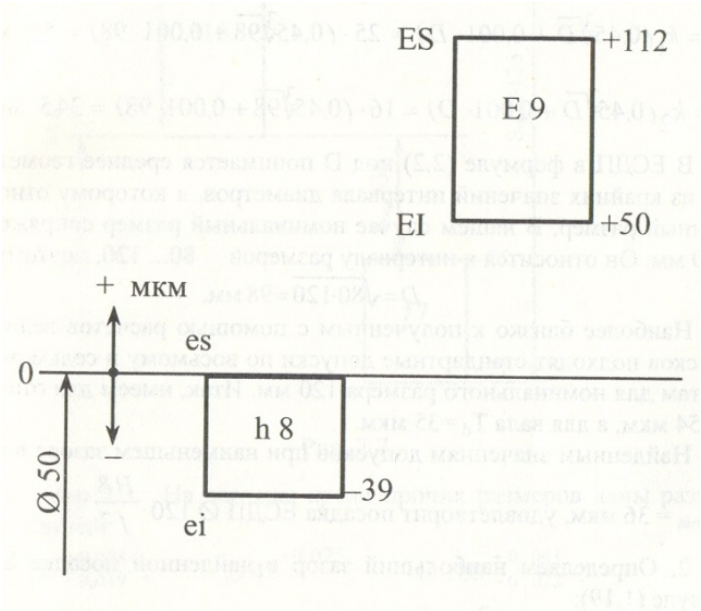


Рис.4

Пример 2. Для некоторого соединения известны: число единиц допуска отверстия k_1= 25, число единиц допуска вала k_2 = 16, номинальный размер сопряжения d = 120 мм и наименьший зазор S_{min} = 36 мкм. Определить (подобрать) посадку по ЕСДП в системе отверстия, отвечающую условиям задачи.

В найденной посадке определить:

1) предельные размеры отверстия и вала;

2) дать схему расположения полей допусков деталей сопряжения с указанием предельных отклонений;

3) наибольший зазор;

4) допуск зазора (допуск посадки).

Решение.

1. Определяем величины допусков отверстия и вала соединения по формулам (1) и (2):

$T_D = k_1\left(0{,}45\sqrt[3]{D} + 0/001 \times D\right) = 25 \times \left(0{,}45\sqrt[3]{98} + 0{,}001 \times 98\right) = 54$ мкм;

$T_d = k_2\left(0{,}45\sqrt[3]{D} + 0/001 \times D\right) = 16 \times \left(0{,}45\sqrt[3]{98} + 0{,}001 \times 98\right) = 34{,}5$ мкм.

В ЕСДП в формуле (2) под D понимается среднее геометрическое из крайних значений интервала диаметров, к которому относится заданный размер. В нашем случае номинальный размер сопряжения d = 120 мм. Он относится к интервалу размеров от 80 до 120, поэтому

$D = \sqrt{80 \times 120} = 98$мм.

Наиболее близко к полученным с помощью расчетов величинам допусков подходят стандартные допуски по восьмому и седьмому квалитетам для номинального размера 120 мм. Итак, имеем для отверстия T_D =54 мкм, а для вала T_d =35 мкм.

Найденным значениям допусков при наименьшем зазоре в посадке S_{min} = 36 мкм, удовлетворит посадка ЕСДП Ø120 $\frac{H8}{f7}$

2. Определяем наибольший зазор в найденной посадке S_{max} по формуле:

$S_{max} = S_{min} + T_D + T_d$ = 36 +54+35 =125 мкм.

3. Находим предельные размеры отверстия и вала, предварительно определив предельные отклонения.

Так как используется система отверстия, то

EI = 0 и ES = + 54 мкм.

Предельные отклонения вала в соответствии с полем допуска *f*7:

es = – 36 мкм, ei = es – $IT7_{l20}$ = –36 –35 = – 71 мкм .

Далее имеем:

D_{max} = D + ES = 120 + 0,054 = 120,054 мм;

D_{min} = D + EI = 120 + 0 = 120,000 мм;

d_{max} = d + es = 120 + (– 0,036) =119,964 мм;

d_{min} = d + ei = 120+ (– 0,071) =119,929 мм.

4. Определяем допуск посадки:

$T_s = T_D + T_d = 54 + 35 = 89$ мкм.

Строим схему полей допусков посадки (см. рис. 5).

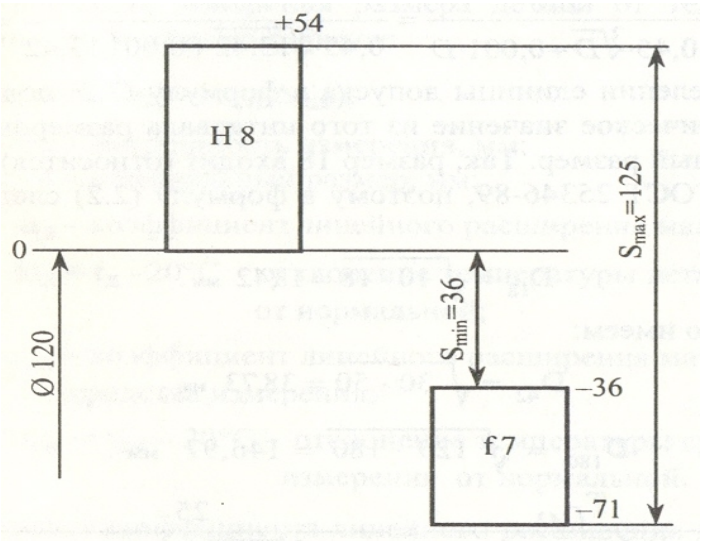


Рис.5

Пример3. На чертеже среди прочих размеров даны размеры трех отверстий:

$Ø18^{+0,008}_{-0,019}$ $Ø42^{+0,025}$ $Ø180^{+0,041}_{-0,022}$

Определить, какое из отверстий требует более точной обработки и, примерно, по какому квалитету ЕСДП. Размеры даны в миллиметрах.

Решение.

Для решения данной задачи необходимо определить число единиц допуска в допуске каждого размера и сравнить их между собой. Тот из размеров, в допуске которого будет содержаться меньше единиц допуска, будет требовать более точной обработки. Для нахождения квалитета воспользуемся табл. 1.1.

1. Определяем величину допуска для каждого размера:

$T_{D18} = ES - EI = +0,008 - (-0,019) = 0,027$ мм = 27 мкм;

$T_{D42} = ES - EI = +0,025 - 0 = 0,025$ мм = 25 мкм;

$T_{D180} = ES - EI = +0,041 - (-0,022) = 0,063$ мм = 63 мкм.

2. Определяем число единиц допуска в допуске каждого размера по формуле (3)

$$k_{18} = \frac{T}{i} = \frac{T_{D18}}{0,45\sqrt[3]{D} + 0,001D} = \frac{27}{0,45\sqrt[3]{13,42} + 0,001 \times 13,42} \approx 25$$

При определении единицы допуска в формулу (2) подставляем среднее геометрическое значение из того интервала размеров, в который

входит данный размер. Так, размер 18 входит (относится) в интервал от 10 до 18 мм ГОСТ 25346-89, поэтому в формулу (2) следует подставить

$$D_{18} = \sqrt{10 \times 18} = 13{,}42$$

Аналогично имеем:

$$D_{42} = \sqrt{30 \times 50} = 38{,}73$$

$$D_{180} = \sqrt{120 \times 180} = 146{,}97$$

$$k_{42} \approx 16;$$

$$k_{180} \approx 25.$$

Сравнивая полученные значения k, видим, что коэффициент k = 16 меньше других, поэтому делаем заключение, что размер 42 требует более точной обработки, чем остальные. По табл. 1.1 находим, что размер отверстия диаметром 42 мм необходимо изготавливать по седьмому квалитету ЕСДП, а размеры 18 и 180 мм по восьмому квалитету.

Пример 4. Температура воздуха в цехе машиностроительного завода +20°С. Средства измерения, изготовленные из стали, имеют ту же температуру. Рабочий выполняет измерение детали сразу после ее изготовления.

Номинальный размер 180 мм; обозначение поля допуска g6; температура детали +36°С; материал детали – сталь 45.

Определить:

- погрешность измерения размера детали;
- сравнить погрешность от температурной деформации детали с допуском на ее обработку.

Построить схему расположения поля допуска на заданный размер с предельными отклонениями и предельными размерами.

Решение.

Погрешность измерения размера детали от температурной деформации определяем по формуле

$$\Delta d = d\left(\alpha_Д \times \Delta t_Д - \alpha_{си} \times \Delta t_{си}\right),$$

где Δd - погрешность измерения, мм;

d - номинальный размер, мм;

$\alpha_д$ - коэффициент линейного расширения материала детали;

$\Delta t_д = t_д - 20°C$ – отклонение температуры детали от нормальной;

$\alpha_{си}$ – коэффициент линейного расширения материала средства измерения;

$\Delta t_{си} = t_{си} - 20°C$ – отклонение температуры средства измерения от нормальной.

Значение коэффициента линейного расширения для стали принимаем по справочнику [4, с. 203].

$\alpha_д = \alpha_{си} = 11{,}5 * 10^{-6}$град$^{-1}$

Погрешность измерения

$$\Delta d = d\,(\alpha_д \Delta t_д - \alpha_{си}\,\Delta t_{си}) = 180 - [11{,}5 * 10^{-6}\,(36° - 20°) - 11{,}5 * 10^{-6}\,(20° - 20°)] = 0{,}03312 \text{ мм} = 33{,}12 \text{ мкм}.$$

Допуск размера Ø180 g6 по ГОСТ 25346-89 составляет $IT6_{180} = 25$ мкм.

Сравнивая допуск размера (допуск на обработку) с погрешностью при измерении видим, что погрешность измерения превышает допуск размера (33 мкм > 25 мкм) в 1,32 раза.

Поэтому, такие, кажущиеся незначительными, нарушения при измерении допускать нельзя. Температуру детали необходимо выравнивать до нормальной + 20°С.

Предельные отклонения и предельные размеры определяются по методике, приведенной в примере 1.

Схема расположения поля допуска на заданный размер с предельными отклонениями и предельными размерами представлена на рис. 6.

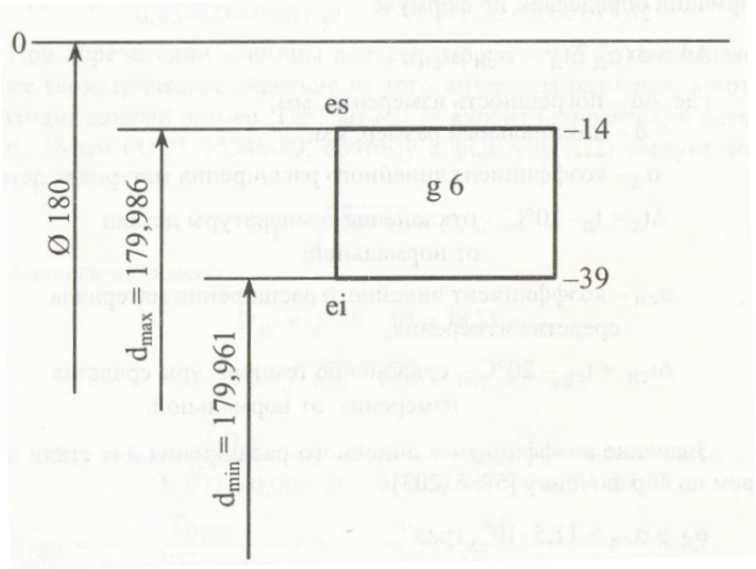


Рис. 6

2. Задачи для самостоятельного решения

Задача 2.1

По известным номинальным размерам сопряжений и обозначению посадок (табл. 2.1) изобразить схему расположения полей допусков посадок.

В заданных посадках определить:

-в какой системе задана посадка (в системе отверстия или в системе вала);

-предельные отклонения отверстия и вала и указать их на схеме;

-допуск отверстия, допуск вала и допуск посадки;

-предельные, средние зазоры или натяги и указать их на схеме;

-предельные размеры отверстия и вала

Таблица 2.1

Предпосл. цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номинал диаметр сопряжения, мм	500	18	75	28	50	170	200	36	340	105
Обозначение посадки	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H8}{d9}$	$\frac{R9}{h7}$	$\frac{H10}{a10}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{T8}{h6}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H11}{h11}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{U8}{h6}$

Таблица 2.1 (продолжение)

Последняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номинал диаметр сопряжения, мм	75	48	100	30	38	12	60	10	95	25
Обозначение посадки	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{F7}{h5}$	$\frac{F8}{h6}$	$\frac{H8}{u8}$	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H9}{f8}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{D9}{h8}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{T7}{h6}$

Задача 2. 2

В двух посадках по ЕСДП известны номинальные диаметры сопряжений и обозначения посадок (табл. 2.2).

Необходимо определить:

-в какой системе задана посадка (в системе отверстия или в системе вала);

-предельные отклонения отверстия и вала;

-допуск отверстия, допуск вала и допуск посадки;

-предельные размеры отверстия и вала.

Изобразить схемы расположения полей допусков посадок. На схемах указать предельные отклонения.

Таблица 2.2

Предпослед цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номинал диаметр сопряжения, мм	180	300	10	50	30	18	120	3	250	6
Обознач-ие посадки	G7	M8	H7	M7	H6	H7	H7	H6	K8	H7
	h6	h7	m6	h6	s5	k6	h6	к5	h7	j6

Таблица 2.2 (продолжение)

Предпосле дняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номинал диаметр сопряж., мм	105	8	280	36	170	450	75	200	28	340
Обозначен ие посадки	H6	H8	H10	H7	H6	D9	H7	B11	H7	F9
	k5	m7	h10	m6	h5	h8	js6	h11	k6	h8

Задача 2.3

Определить допуски на изготовление отверстия и вала при известном номинальном размере и числе единиц допуска, содержащихся в допусках отверстия и вала (табл. 2.3).

По полученным результатам подобрать посадку по ЕСДП в системе отверстия с минимальным зазором, равным нулю.

Для найденной посадки дать схему расположения полей допусков отверстия и вала с указанием на ней предельных отклонений.

В посадке определить:

- предельные отклонения отверстия и вала;
- допуск посадки;
- предельные размеры отверстия и вала.

Таблица 2.3

Предпосл цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номинал диаметр сопряж-ия, мм	90	190	28	53	4,8	36	6,3	130	14	240

Таблица 2.3 (продолжение)

Последняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Число единиц допуска отверстия, k_1	25	10	40	16	16	64	64	25	40	10
Число единиц допуска вала, k_2	25	10	25	16	10	40	64	16	40	7

Задача 2.4

Для некоторого сопряжения известны число единиц допуска в допуске отверстия k_1, число единиц допуска в допуске вала k_2, номинальный размер сопряжения и наименьший зазор S_{min} (табл. 2.4)

Определить (подобрать) посадку по ЕСДП в системе отверстия, отвечающую условиям задачи.

В найденной посадке определить:

- наибольший зазор;
- предельные размеры отверстия и вала;
- допуск зазора (допуск посадки).

Дать схему расположения полей допусков отверстия и вала с указанием на ней предельных отклонений.

Таблица 2.4

Предпосл цифра номера варианта	0	1		3	4	5	6	7	8	9
Номинал диаметр сопряж-ия, мм	220	180	42	140	100	67	15	400	300	26
S_{min}, мкм	50	310	80	85	120	60	50	125	330	40

Таблица 2.4 (продолжение)

Послед цифра номера вар-та	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Число единиц допуска отверст, k_1	64	16	25	40	16	64	100	25	7	40
Число единиц допуска отверст, k_2	40	16	16	25	10	64	64	25	7	40

Задача 2.5

Определить число единиц допуска, содержащихся в допусках размеров отверстий D_1; D_2; D_3 и D_4 (табл. 2.5) с округлением до целого числа единиц и установить, по какому квалитету ЕСДП должна производиться обработка. Размеры даны в миллиметрах.

Построить схемы расположения полей допусков.

Таблица 2.5

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D_1	$24^{+0,020}_{-0,013}$	$45^{+0,024}_{-0,015}$	$30^{+0,010}_{-0,023}$	$130^{+0,105}_{+0,050}$	$80^{+0,008}_{+0,023}$	$200^{+0,120}_{+0,060}$	$30^{+0,020}_{-0,013}$	$50^{+0,005}_{-0,034}$	$40^{-0,003}_{-0,042}$	$90^{-0,004}_{-0,058}$
D_2	$71^{+0,02}_{-0,01}$	$10^{+0,012}_{-0,010}$	$120^{+0,034}_{+0,012}$	$48^{+0,024}_{-0,015}$	$150^{+0,027}_{+0,014}$	$60^{+0,07}_{+0,03}$	$130^{+0,105}_{-0,038}$	$120^{+0,016}_{-0,038}$	$80^{+0,07}_{+0,03}$	$220^{+0,022}_{-0,051}$

Таблица 2.5. (продолжение)

Последняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D_3	$100^{+0,230}_{-0,012}$	$50^{+0,060}_{+0,025}$	$10^{+0,006}_{-0,004}$	$120^{+0,016}_{-0,038}$	$24^{+0,008}_{+0,023}$	$40^{+0,120}_{+0,060}$	$10^{+0,020}_{-0,013}$	$18^{+0,005}_{-0,034}$	$85^{-0,003}_{-0,042}$	$130^{-0,004}_{-0,058}$
D_4	$18^{+0,007}_{-0,005}$	$200^{+0,016}_{-0,011}$	$50^{-0,07}_{-0,035}$	$16^{+0,017}_{+0,006}$	$100^{+0,027}_{+0,014}$	$80^{+0,07}_{+0,03}$	$30^{+0,105}_{-0,038}$	$75^{+0,016}_{-0,038}$	$50^{+0,07}_{+0,03}$	$80^{+0,022}_{-0,051}$

Задача 2.6

Температура воздуха в цехе машиностроительного завода +20°С. Средства измерения, изготовленные из стали, имеют ту же температуру. Рабочий выполняет измерение детали сразу после ее изготовления.

Определить:

-погрешность измерения размера детали;

-сравнить погрешность измерения от температурной деформации детали с допуском на ее обработку и сделать вывод. Построить схемы расположения полей допусков на заданные размеры с предельными отклонениями и предельными размерами.

Таблица 2.6

Предпослед цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номинальн размер, мм	180	360	200	160	250	280	320	220	400	190
Обозначение поля допуска	g6	h6	r6	js6	s6	k6	F 7	n6	h7	p6
Температура детали, °С	+36	+45	+35	+42	+38	+40	+37	+41	+39	+42
Материал детали	Сталь 45		Чугун СЧ15		Алюминиевый сплав АЛ1		Бронза Бр05Ц5С5		Латунь Л63	

Таблица 2.6 (продолжение)

Послед цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номинал размер, мм	360	190	220	280	300	200	160	400	320	180
Обознач-ие поля допуска	H7	JS6	K6	JS7	K7	N7	H6	P7	JS6	Kб
Темпера-ра детали, °С	+40	+42	+32	+41	+39	+40	+38	+40	+37	+39
Материал детали	Алюминиевый сплав АЛ1		Сталь 45		Бронза Бр05Ц5С5		Чугун СЧ15		Латунь Л63	

Литература

1. Аристов А.И., Приходько В. М., Сергеев И. Д., Фатюхин Д. С. Метрология, стандартизация и сертификация: Учеб. пособие/кол. авторов. М.:ИНФРА-М, 2012. – 256с.

2. Коротков В.С. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Коротков В.С., Афонасов А.И. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский политехнический университет, 2015. — 187 с. –
Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/34681 .— ЭБС «IPRbooks», по паролю
3. Радкевич Я. М. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров/ Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе. – 5 изд., перераб. И доп. – М.: Издательство Юрайт, 2012. – 813 с. – Имеется электрон. аналог печ. изд. (Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/34757 .— ЭБС «IPRbooks», по паролю) Экземпляры всего: 5
4. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т. 1. – М.: Машиностроение, 1979. 728 с.

Интернет-ресурсы

1. http://www.twirpx.com/files/machineri/metrology/ (Интернет-библиотека по различным отраслям знаний)
2. http://metrologyia.ru/ (информационный сайт по метрологии)