

Практическое занятие 1. Допуски и посадки. Основные положения

Цель работы: знакомство с основными понятиями в области основных норм взаимозаменяемости, правилами расчета допусков, посадок.

Задачи работы: изучить основные термины ГОСТ 25346-2013 «Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Основные положения, допуски, отклонения и посадки» [24]. Получить навыки расчета предельных размеров, допусков, посадок, построения схем расположения полей допусков.

Теоретические сведения.

Размерный элемент – геометрическая форма, определяемая линейным или угловым размером. Размерными элементами могут быть цилиндр, сфера, две противоположающиеся параллельные плоскости [24].

Номинальный размер – размер геометрического элемента идеальной формы, определенной чертежом [24]. Номинальный размер устанавливается конструктором, исходя из функционального назначения, и используется для расчета предельных размеров. Номинальный размер обозначается заглавными буквами для внутренних размерных элементов (отверстие), например, D – номинальный размер отверстия, B – ширина паза, и строчными буквами для наружных размерных элементов (вал), d – номинальный размер вала, b – ширина шпонки.

Действительный размер – размер присоединенного полного элемента [24]. Действительный размер получают путем измерения с определенной погрешностью.

Предельные размеры – предельно допустимые размеры размерного элемента.

Верхний предельный размер – наибольший допустимый размер размерного элемента [24].

D_{max} – верхний предельный размер отверстия.

d_{max} – верхний предельный размер вала.

Нижний предельный размер – наименьший допустимый размер размерного элемента [24].

D_{min} – нижний предельный размер отверстия.

d_{min} – нижний предельный размер вала.

Предельное отклонение – верхнее предельное отклонение или нижнее предельное отклонение от номинального размера.

Верхнее предельное отклонение – алгебраическая разность между верхним предельным размером и номинальным размером [24].

ES – верхнее предельное отклонение внутренних размерных элементов (отверстий), расчетная формула $ES = D_{max} - D$.

es – верхнее предельное отклонение наружных размерных элементов (валов), расчетная формула $es = d_{max} - d$.

Нижнее предельное отклонение – алгебраическая разность между нижним предельным размером и номинальным размером [24].

EI – нижнее предельное отклонение внутренних размерных элементов (отверстий), расчетная формула $EI = D_{min} - D$.

ei – нижнее предельное отклонение наружных размерных элементов (валов), расчетная формула $ei = d_{min} - d$.

Предельные отклонения могут быть отрицательными, положительными и равными нулю.

Основное отклонение – предельное отклонение, определяющее расположение интервала допуска относительно номинального размера [24]. **Основным отклонением** является одно из предельных отклонений ближайшее к номинальному размеру.

Основные отклонения обозначают:

- для внутренних размерных элементов (отверстий) прописной буквой (буквами) латинского алфавита (A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H, JS, J, K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC);

- для наружных размерных элементов (валов) строчной буквой (буквами) латинского алфавита (a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h, js, j, k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc).

Допуск (T) – разность между верхним и нижним предельными размерами [24].

Допуск — положительное число.

$TD = D_{max} - D_{min}$ – допуск отверстия.

$Td = d_{max} - d_{min}$ – допуск вала.

Допуск также может быть определен как разность между верхним и нижним предельными отклонениями.

$TD = ES - EI$ – допуск отверстия

$Td = es - ei$ – допуск вала.

Стандартный допуск (IT) – допуск, установленный системой допусков ИСО на линейные размеры [24].

Квалитет – группа допусков на линейные размеры, характеризующаяся общим обозначением [24].

В системе допусков ИСО на линейные размеры обозначение квалитета состоит из номера, следующего за аббревиатурой IT (например, IT7).

Каждый конкретный квалитет соответствует одному уровню точности для любых номинальных размеров.

Стандартом ГОСТ 25346-2013 [24] установлены двадцать квалитетов: IT01, IT0, IT1, IT2, IT3, IT4, IT5, IT6, IT7, IT8, IT9, IT10, IT11, IT12, IT13, IT14, IT15, IT16, IT17, IT18. Таблица значений допусков для номинальных размеров до 3150 мм приведена в приложении 1.

Интервал допуска – совокупность значений размера между пределами допуска, включая эти пределы [24]. В предыдущей версии стандарта [24] интервал допуска называли *полем допуска*.

Класс допуска – сочетание основного отклонения и квалитета [24]. В системе допусков ИСО на линейные размеры класс допуска указывают комбинацией символов, состоящей из обозначения основного отклонения и следующего за ним номера квалитета (например, D13; h9 и т. д.).

Зазор (S) – разность между размерами отверстия и вала, когда диаметр вала меньше диаметра отверстия. Зазор – положительное число [24].

Наименьший зазор (S_{min}) – разность между нижним предельным размером отверстия и верхним предельным размером вала, т.е. $S_{min} = D_{min} - d_{max}$ или $S_{min} = EI - es$.

Наибольший зазор (S_{max}) – разность между верхним предельным размером отверстия и нижним предельным размером вала, т.е. $S_{max} = D_{max} - d_{min}$ или $S_{max} = ES - ei$.

Натяг (N) – разность размеров отверстия и вала до сборки, когда диаметр вала больше диаметра отверстия. Натяг — отрицательное число [24].

Наименьший натяг (N_{min}) – разность между верхним предельным размером отверстия и нижним предельным размером вала, т.е. $N_{min} = D_{max} - d_{min}$ или $N_{min} = ES - ei$.

Наибольший натяг (N_{max}) – разность между нижним предельным размером отверстия и верхним предельным размером вала, т.е. $N_{max} = D_{min} - d_{max}$ или $N_{max} = EI - es$.

Посадка – соединение наружного размерного элемента и внутреннего размерного элемента (отверстия и вала), участвующих в сборке [24].

Посадка с зазором – посадка, при которой в соединении отверстия и вала всегда образуется зазор, т. е. нижний предельный размер отверстия больше или равен верхнему предельному размеру вала [24]. Основные отклонения $A - H$ ($a - h$) предназначены для образования посадок с зазором.

Посадка с натягом – посадка, при которой в соединении отверстия и вала всегда образуется натяг, т. е. верхний предельный размер отверстия меньше или равен нижнему предельному размеру вала. Основные отклонения $P - Z$ ($p - z$) предназначены для образования посадок с натягом.

Переходная посадка – посадка, при которой в соединении отверстия и вала возможно получение, как зазора, так и натяга. Основные отклонения J, Js, K, M, N (j, js, k, m, n) предназначены для образования переходных посадок.

В переходной посадке интервал допуска отверстия и интервал допуска вала перекрываются частично или полностью, поэтому наличие зазора или натяга в соединении зависит от действительных размеров отверстия и вала.

На чертежах посадка обозначается дробью, в числителе которой указан класс допуска отверстия (внутреннего размерного элемента), а в знаменателе класс допуска вала (наружного размерного элемента), например,

$$\frac{H7}{g6} \text{ или } H7/g6.$$

Посадки могут назначаться в двух системах: системе основного отверстия (системе отверстия) и системе основного вала (системе вала).

Посадки в системе отверстия - посадки, в которых нижний предельный размер отверстия равен номинальному размеру. Требуемые зазоры или натяги образуются сочетанием валов, имеющих различные классы допуска, с основными отверстиями (отверстие имеет основное отклонение H , для которого $EI = 0$).

Посадки в системе вала - посадки, в которых верхний предельный размер вала равен номинальному размеру. Требуемые зазоры или натяги образуются сочетанием отверстий, имеющих различные классы допуска, с основными валами (вал имеет основное отклонение h , для которого $es = 0$).

Задания для самостоятельного выполнения.

1. Задан номинальный размер и обозначение посадок (таблица 1.1). Изобразить схему расположения интервалов допусков посадок. Определить:

- систему посадок (система отверстия или система вала). Ответ обоснуйте;
- предельные отклонения отверстия и вала (приложения 2, 3 или ГОСТ 25347-2013), указать их на схеме;
- предельные размеры отверстия и вала;
- допуск отверстия, допуск вала и допуск посадки (допуск отверстия и вала определить расчетным путем, результат сравнить с табличным значением по приложению 1);
- предельные зазоры (натяги), средний зазор (натяг), изобразить их на схеме.

Таблица 1.1 – Исходные данные к заданию 1

Предпоследняя цифра номера варианта	Номинальный размер соединения, мм		Последняя цифра номера варианта	Посадка для соединения	
	1	2		1	2

0	500	72	0	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{N9}{h9}$
1	18	56	1	$\frac{H8}{d9}$	$\frac{M8}{h7}$
2	75	450	2	$\frac{R8}{h7}$	$\frac{H7}{m6}$
3	200	36	3	$\frac{H10}{k6}$	$\frac{D9}{h8}$
4	25	170	4	$\frac{T7}{h6}$	$\frac{H8}{e6}$
5	103	7	5	$\frac{H10}{d10}$	$\frac{P9}{h9}$
6	30	117	6	$\frac{H8}{u8}$	$\frac{N9}{h9}$
7	12	430	7	$\frac{F7}{h5}$	$\frac{H7}{k6}$
8	105	54	8	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{U8}{h6}$
9	6	265	9	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H7}{s5}$

2. В ходе контроля размеров отверстий, изготовленных по заданному номинальному размеру и классу допуска, получены действительные размеры (данные представлены в таблице 1.2). Определить:

- допуск на обработку отверстия;
- годность отверстия. Для негодных отверстий установить вид брака.

Построить схему расположения интервала допуска с указанием на них предельных отклонений, предельных и действительных размеров.

Таблица 1.2 – Исходные данные к заданию 2

Предпоследняя цифра номера варианта	Номинальный размер D , мм	Последняя цифра номера варианта	Класс допуска	Действительный размер, мм		
				$D1$	$D2$	$D3$
0	14	0	$H7$	$D,003$	$D,030$	$D-1,778$
1	20	1	$Js7$	$D-1,986$	$D,000$	$D,025$
2	50	2	$K7$	$D,012$	$D-1,995$	$D,100$
3	82	3	$N7$	$D-1,986$	$D,005$	$D,057$
4	124	4	$P7$	$D,000$	$D,120$	$D,086$

5	30	5	<i>F8</i>	<i>D</i> ,087	<i>D</i> ,013	<i>D</i> -1,997
6	6	6	<i>E9</i>	<i>D</i> ,002	<i>D</i> -1,990	<i>D</i> ,063
7	67	7	<i>G7</i>	<i>D</i> ,128	<i>D</i> ,096	<i>D</i> ,260
8	200	8	<i>D10</i>	<i>D</i> -1,987	<i>D</i> -1,896	<i>D</i> -1,900
9	7	9	<i>U7</i>	<i>D</i> ,050	<i>D</i> ,079	<i>D</i> ,111

Примечание: Целая часть действительного размера равна *D* или *D*-1 (уменьшенная на 1)

3. В ходе контроля размеров валов, изготовленных по заданному номинальному размеру и классу допуска, получены действительные размеры (данные представлены в таблице 1.3). Определить:

- допуск на обработку вала;
- годность валов. Для негодных валов установить вид брака.

Построить схему расположения интервала допуска с указанием на ней предельных отклонений, предельных и действительных размеров.

Таблица 1.3 – Исходные данные к заданию 3

Предпоследняя цифра номера варианта	Номинальный размер <i>d</i> , мм	Последняя цифра номера варианта	Класс допуска	Действительный размер, мм		
				<i>d</i> 1	<i>d</i> 2	<i>d</i> 3
0	40	0	<i>d9</i>	<i>d</i> ,000	<i>d</i> ,012	<i>d</i> -1,978
1	30	1	<i>h8</i>	<i>d</i> -1,986	<i>d</i> ,002	<i>d</i> ,035
2	80	2	<i>e8</i>	<i>d</i> ,012	<i>d</i> -1,995	<i>d</i> ,080
3	34	3	<i>f7</i>	<i>d</i> -1,986	<i>d</i> ,015	<i>d</i> -1,957
4	120	4	<i>p6</i>	<i>d</i> ,000	<i>d</i> -1,980	<i>d</i> ,086
5	45	5	<i>g6</i>	<i>d</i> ,045	<i>d</i> ,013	<i>d</i> -1,997
6	63	6	<i>js6</i>	<i>d</i> ,002	<i>d</i> -1,990	<i>d</i> ,063
7	100	7	<i>t7</i>	<i>d</i> ,091	<i>d</i> ,046	<i>d</i> ,013
8	25	8	<i>m7</i>	<i>d</i> -1,999	<i>d</i> -1,896	<i>d</i> -1,900
9	28	9	<i>k6</i>	<i>d</i> ,005	<i>d</i> ,008	<i>d</i> ,101

Примечание: Целая часть действительного размера равна *d* или *d*-1 (уменьшенная на 1)

Пример выполнения задач.

Пример 1. Задан номинальный размер и обозначение посадки $\varnothing 47 \frac{H7}{k6}$.

Изобразить схему расположения интервалов допусков посадок. Определить:

- систему посадок (система отверстия или система вала). Ответ обоснуйте;
- предельные отклонения отверстия и вала, указать их на схеме;
- предельные размеры отверстия и вала;

- допуск отверстия, допуск вала и допуск посадки (допуск отверстия и вала определить расчетным путем, результат сравнить с табличным значением по приложению 1);

- предельные зазоры (натяги), средний зазор (натяг), изобразить их на схеме.

Решение.

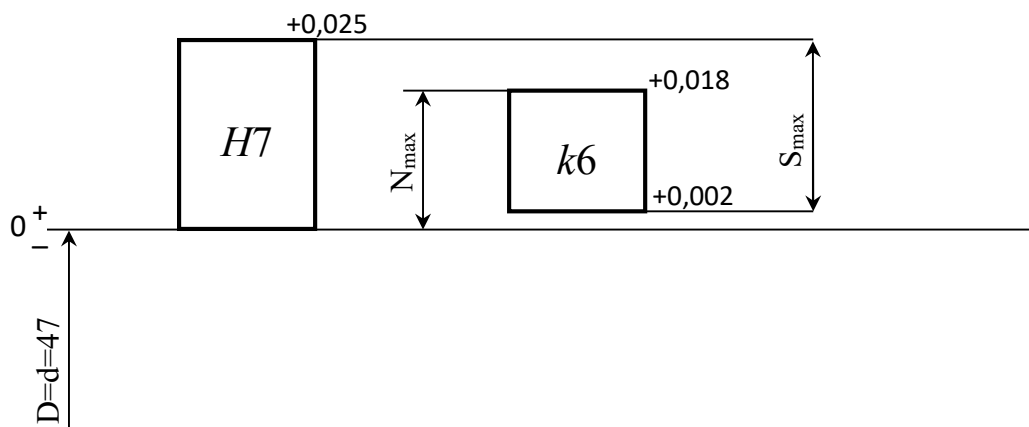
Посадка задана в системе основного отверстия, т.к. отверстие обозначено буквой «H» и имеет $EI = 0$. Посадка переходная.

По приложениям 2 и 3 определим предельные отклонения и вала:

$$ES = +25 \text{ мкм} = 0,025 \text{ мм}, EI = 0;$$

$$es = +18 \text{ мкм} = +0,018 \text{ мм}, ei = +2 \text{ мкм} = +0,002 \text{ мм}.$$

Построим схему расположения интервалов допусков.



Допуск отверстия, мкм:

$$TD = ES - EI,$$

$$TD = +25 - 0 = 25.$$

Допуск вала, мкм:

$$Td = es - ei,$$

$$Td = +18 - 2 = 16.$$

Допуск посадки, мкм:

$$T(S, N) = TD + Td,$$

$$T(S, N) = 25 + 16 = 41.$$

Сравним допуск размера отверстия и вала с табличным значением, найденному по приложению 1. Для номинального размера 47 мм находим для 7-го качества $TD^{\text{табл}} = 25$ мкм, для 6-го качества $Td^{\text{табл}} = 16$ мкм. Так как $TD = TD^{\text{табл}}$, $Td = Td^{\text{табл}}$, то наши расчеты верны.

Определяем зазоры и натяги в соединении в мкм.

$$\begin{aligned} S_{\max} &= ES - ei, \\ S_{\max} &= +25 - (+2) = 23, \\ N_{\max} &= es - EI, \\ N_{\max} &= +18 - 0 = 18. \end{aligned}$$

Предельные размеры отверстия и вала, мм:

$$\begin{aligned} D_{\max} &= D + ES, \\ D_{\max} &= 47 + 0,025 = 47,025, \\ D_{\min} &= D + EI, \\ D_{\min} &= 47 + 0 = 47, \\ d_{\max} &= d + es, \\ d_{\max} &= 47 + 0,018 = 47,018, \\ d_{\min} &= d + ei, \\ d_{\min} &= 47 + 0,002 = 47,002. \end{aligned}$$

Пример 2. В ходе контроля размеров отверстий, изготовленных по заданному номинальному размеру и классу допуска, получены действительные размеры.

	D_1	D_2	D_3
20Js9	20,018	20,030	19,984

Определить:

- допуск на обработку отверстия;
- годность отверстия. Для негодных отверстий установить вид брака.

Построить схему расположения интервала допуска с указанием на них предельных отклонений, предельных и действительных размеров.

Решение.

По приложению 2 находим предельные отклонения отверстия:

$$ES = +26 \text{ мкм} = +0,026 \text{ мм},$$

$$EI = -26 \text{ мкм} = -0,026 \text{ мм.}$$

Допуск на обработку отверстия, мм:

$$TD = ES - EI,$$

$$TD = +0,026 - (-0,026) = 0,052.$$

Годность изготовленных отверстий по их действительным размерам оценивается по условию:

$$D_{\min} \leq D_{\text{д}} \leq D_{\max}.$$

Предельные размеры отверстия, мм:

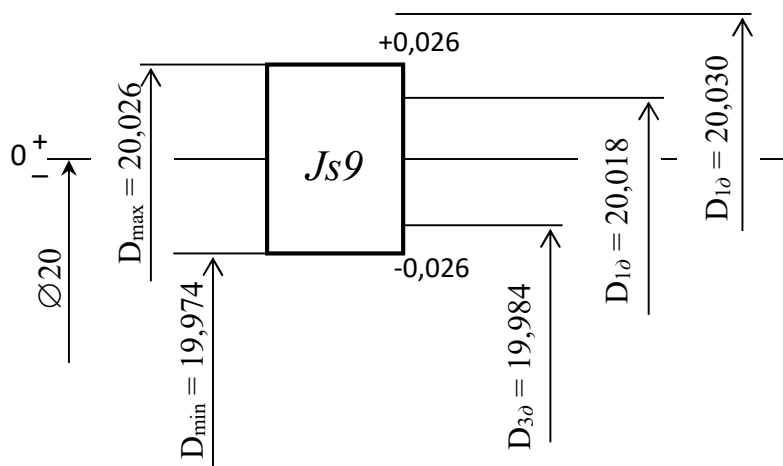
$$D_{\max} = D + ES,$$

$$D_{\max} = 20 + 0,026 = 20,026,$$

$$D_{\min} = D + EI,$$

$$D_{\min} = 20 + (-0,026) = 19,974.$$

Сравнивая полученные результаты измерений действительных размеров отверстий с предельными размерами, делаем вывод о годности D_1 и D_3 , а отверстие с размером $D_2 = 20,030$ мм является негодным, так как его размер больше предельного $D_2 > D_{\max}$. Такой вид брака для отверстия является неисправимым.



Контрольные вопросы для самоподготовки и защиты практической работы.

1. Поясните суть понятия допуск размера.
2. Какой вид взаимозаменяемости является наиболее предпочтительным?
3. Полная и неполная взаимозаменяемость: их суть и условия применения.
4. Внешняя и внутренняя взаимозаменяемость.

5. Влияние точности геометрических параметров на взаимозаменяемость изделий.

6. Что такое точность размера и чем она характеризуется?

7. Какие размеры называют номинальными и как их определяют?

8. Какие размеры называются действительными? От чего зависят и в каких пределах должны находиться их числовые значения?

9. Что называют допуском? Запишите формулы для вычисления допуска через предельные размеры отверстия и вала.

10. Может ли допуск равняться нулю или быть отрицательным? Ответ обоснуйте.

11. Можно ли учитывать отклонения только по абсолютной величине, и какие они могут иметь числовые значения?

12. В какой размерности указывают отклонения и допуски на чертежах и в справочниках?

13. Правила обозначения допусков и предельных отклонений на чертежах.

14. Что характеризует единица допуска, и в зависимости от какого параметра детали она определяется?

15. Что называют квалитетом? Как вычисляют допуски для различных квалитетов?

16. Что называют посадкой? Какими параметрами они характеризуются?

17. Что называют допуском посадки? Запишите формулы для вычисления допуска посадки: а) с зазором; б) с натягом; в) переходной.

18. Системы посадок. Какая система посадок предпочтительнее и почему?

19. Какую деталь называют основной деталью системы? Какие поля допусков приняты основными в системах отверстия и вала? Какими признаками они характеризуются?

20. Запишите посадку с минимальным гарантированным зазором равным нулю ($S_{min} = 0$). Начертите схему интервалов допусков этой посадки.

21. Запишите посадку в системе основного отверстия с зазором, с натягом, переходную. Начертите схемы интервалов допусков этих посадок.

22. Запишите посадку в системе основного вала с зазором, с натягом, переходную. Начертите схемы интервалов допусков этих посадок.

23. Запишите посадку с наибольшим гарантированным зазором в системе отверстия; в системе вала.
24. Запишите посадку с наибольшим гарантированным натягом в системе отверстия; в системе вала.
25. Запишите условие годности отверстия; вала. Какой вид брака является устранимым?
26. Расшифруйте условные обозначения: T , IT , TD , Td , $IT8$, $g7$, $H9$, es , El .
27. Какое отклонение называется основным? Как обозначается?
28. Для каких классов допусков основное отклонение не установлено, и для каких равно нулю?
29. Как обозначаются посадки?

