

Московский Государственный Технический Университет  
им. Н. Э. Баумана

Домашнее задание №1  
по курсу  
“Метрология, взаимозаменяемость, стандартизация”

Выполнил  
Студент группы МТ5-51

-----

<i>Вар</i>	<i>ДЗ</i>	<i>Сдано</i>	<i>Пров.</i>	<i>Исп.</i>	<i>Зач.</i>	<i>Защ.</i>	<i>Отч.</i>
<i>И-6</i>	<i>1</i>						
	<i>2</i>						

Москва 2015г.

### Эскиз II, вариант 6.

#### Исходные данные (рисунок 1):

- класс точности подшипника 5;
- номер подшипника 7511;
- расчетная радиальная реакция опоры:  $F_r=6000\text{ Н}$ ;
- осевая нагрузка на опору:  $F_a=2400\text{ Н}$
- перегрузка до 300%;
- вал не имеет уступа, полый с диаметром отверстия  $d_{отв} = 0,5d$ ;
- внутреннее кольцо удерживается от осевых смещений втулкой и торцом зубчатого колеса, наружное кольцо – выступом крышки, входящим в корпус;
- корпус разъемный;
- номинальные размеры, мм:  $d_1=D$ ,  $d_2=d$ ,  $d_3=d+10$ ;
- натяги в сопряжении вал – зубчатое колесо (по  $d_3$ ): наибольший – 140 мкм; наименьший – 35 мкм.

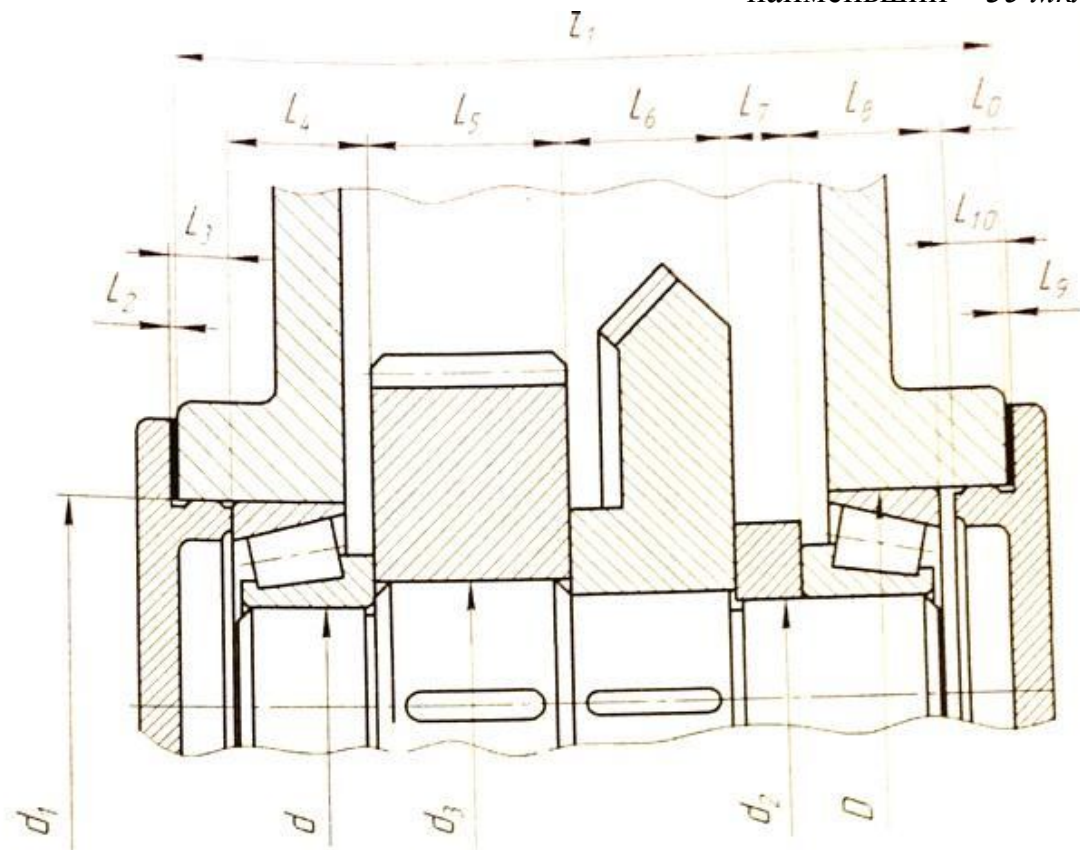


Рисунок 1

#### Решение

Для подшипника 5-7511 находим посадочные размеры:

- диаметр наружного кольца  $D=100\text{ мм}$ ;
- диаметр внутреннего кольца  $d=55\text{ мм}$ ;
- ширина колец подшипника  $B=25\text{ мм}$ ;
- ширина фаски кольца подшипника,  $r=2,5\text{ мм}$ ;
- угол контакта  $\alpha = 12^\circ$ .

Определяем отклонения посадочных размеров по ГОСТ 520-2011 (таблица 14 методички):

$$D = 100_{-0,010}; d = 55_{-0,009}.$$

Определяем вид нагружения колец подшипника. Т.к. радиальная сила, постоянная по направлению, приложена к валу, который вращается, а корпус неподвижный, то наружное кольцо подшипника имеет местное нагружение, а внутреннее кольцо – циркуляционное.

*Посадка внутреннего кольца с валом (по d)*

Нагружение – циркуляционное. Необходимо рассчитать интенсивность нагружения по формуле:

$$P_R = \frac{F_r}{b} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

где  $F_r$  – радиальная реакция опоры:  $F_r = 6000 \text{ Н}$ ;

$b$  – рабочая ширина посадочного места,  $b = B - 2r = 25 - 2 \cdot 2,5 = 20 \text{ мм}$ ;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий динамические нагрузки, для перегрузок до 300%  $K_1 = 1,8$  (таблица 16 методички);

$K_2$  – коэффициент, учитывающий ослабление посадки при полом вале, для  $\frac{d_{\text{омс.}}}{d} = 0,5$  и  $\frac{D}{d} = 1,82$   $K_2 = 1,4$  (таблица 17 методички);

$K_3$  – коэффициент, учитывающий влияние осевых сил на перераспределение радиальных сил в случаях применения двухрядных конических роликовых подшипников и сдвоенных шарикоподшипников, т.к. подшипник однорядный несдвоенный, то  $K_3 = 1$ ;

$$P_R = \frac{F_r}{b} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = \frac{6000}{20} \cdot 1,8 \cdot 1,4 \cdot 1,0 = 756 \text{ Н / мм}.$$

Этой интенсивности и 5-ому классу точности подшипника соответствует поле допуска k5 (таблица 19 методички).

Строим схему полей допусков посадки  $\varnothing 55 \frac{L5(-0,009)}{k5(+0,015/+0,002)}$  (рисунок 2).

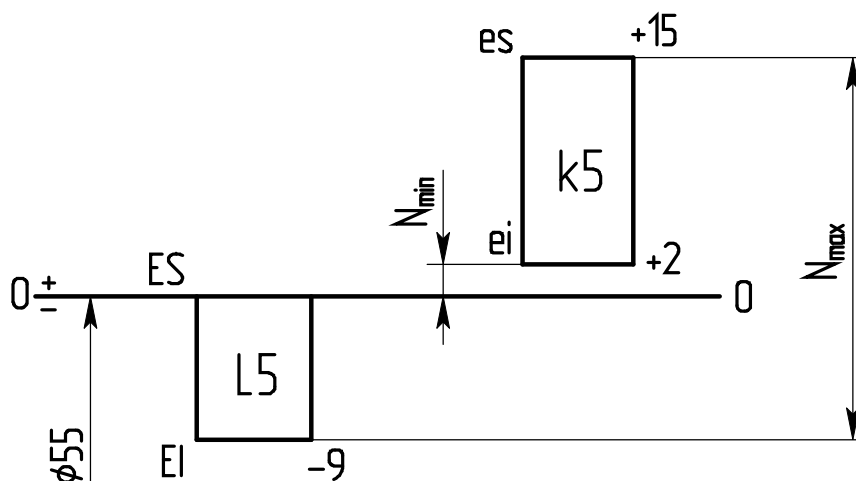


Рисунок 2

Рассчитываем характеристики посадки.

Математическое ожидание посадки:

$$S_m = E_m - e_m,$$

где

$$E_m = \frac{ES + EI}{2} = \frac{0 + (-9)}{2} = -4,5 \text{ мкм};$$

$$e_m = \frac{es + ei}{2} = \frac{15 + 2}{2} = 8,5 \text{ мкм};$$

$$S_m = -4,5 - 8,5 = -13 \text{ мкм}.$$

Так как  $S_m < 0$ , то математическим ожиданием посадки будет натяг, т.е. средний натяг равен:

$$N_m = -S_m = 13 \text{ мкм}.$$

Допуск посадки равен сумме допусков отверстия и вала:

$$TN = TD + Td = 9 + 13 = 22 \text{ мкм}.$$

Минимальный натяг

$$N_{\min} = N_m - 0,5TN = 13 - 0,5 \cdot 22 = 2 \text{ мкм}.$$

Максимальный натяг

$$N_{\max} = N_m + 0,5TN = 13 + 0,5 \cdot 22 = 24 \text{ мкм}.$$

*Посадка наружного кольца подшипника с корпусом (по D)*

Нагружение – местное. Для  $D=100$  мм наружного кольца и разъемного корпуса, принимая во внимание перегрузку до 300%, учитывая класс точности подшипника, находим поле допуска  $J_5 6$  (таблица 15 методички).

Строим схему полей допусков посадки  $\varnothing 100 \frac{J_5 6 \begin{pmatrix} +0,011 \\ -0,011 \end{pmatrix}}{15 \begin{pmatrix} -0,010 \end{pmatrix}}$  (рисунок 3).

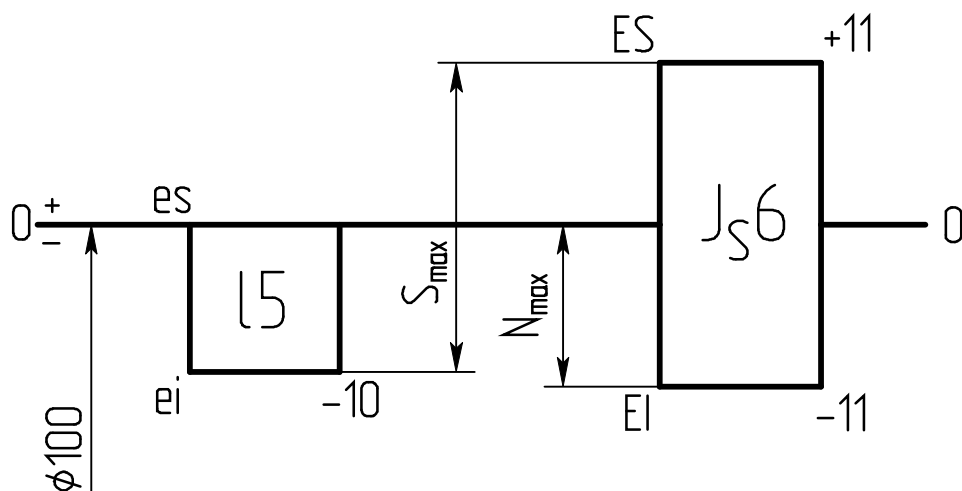


Рисунок 3

Рассчитываем характеристики посадки.

Математическое ожидание посадки:

$$S_m = E_m - e_m,$$

где

$$E_m = \frac{ES + EI}{2} = \frac{11 + (-11)}{2} = 0;$$

$$e_m = \frac{es + ei}{2} = \frac{0 + (-10)}{2} = -5 \text{ мкм};$$

$$S_m = 0 - (-5) = 5 \text{ мкм}.$$

Так как  $S_m > 0$ , то математическим ожиданием посадки будет зазор, т.е. средний зазор равен:

$$S_m = 5 \text{ мкм}.$$

Допуск посадки равен сумме допусков отверстия и вала:

$$TSN = TD + Td = 22 + 10 = 32 \text{ мкм}.$$

Максимальный зазор

$$S_{\max} = S_m + 0,5TSN = 5 + 0,5 \cdot 32 = 21 \text{ мкм}.$$

Максимальный натяг

$$N_{\max} = -S_{\min} = -(S_m - 0,5TSN) = -(5 - 0,5 \cdot 32) = 11 \text{ мкм}.$$

*Посадка крышки с корпусом (по  $d_1$ )*

Для легкости сборки крышки с корпусом рекомендуется посадки с зазором невысокой точности. Для унифицированных в ряде отраслей крышек подшипников рекомендованы поля допусков предпочтительного применения:  $d11$  – для глухих крышек,  $d9$  – для крышек с отверстием. Таким образом, для нашего случая выберем поле допуска  $d11$ .

Строим схему полей допусков посадки  $\varnothing 100 \frac{J_s 6 \begin{pmatrix} +0,011 \\ -0,011 \end{pmatrix}}{d11 \begin{pmatrix} -0,120 \\ -0,207 \end{pmatrix}}$  (рисунок 4).

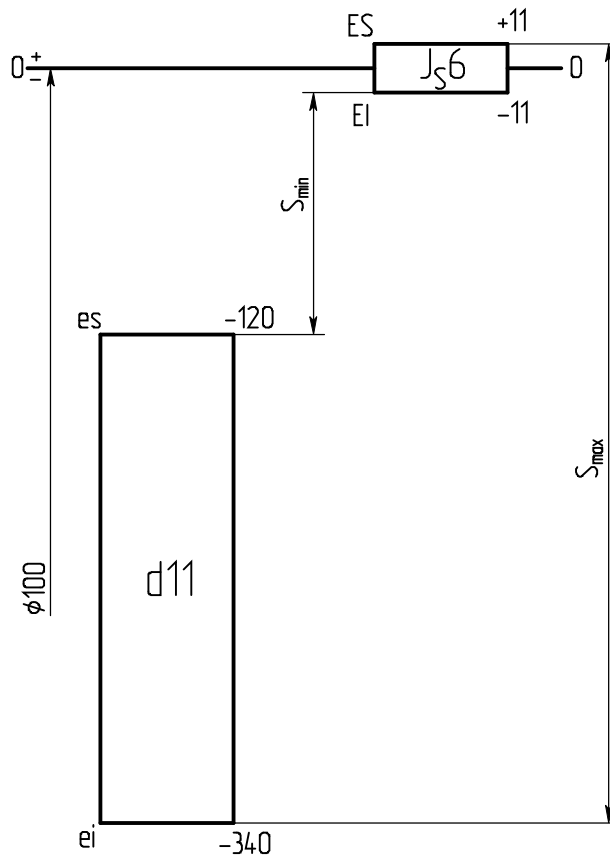


Рисунок 4

Рассчитываем характеристики посадки.

Математическое ожидание посадки:

$$S_m = E_m - e_m,$$

где

$$E_m = \frac{ES + EI}{2} = \frac{11 + (-11)}{2} = 0;$$

$$e_m = \frac{es + ei}{2} = \frac{-120 + (-340)}{2} = -230 \text{ мкм};$$

$$S_m = 0 - (-230) = 230 \text{ мкм}.$$

Так как  $S_m > 0$ , то математическим ожиданием посадки будет зазор, т.е. средний зазор равен:

$$S_m = 230 \text{ мкм}.$$

Допуск посадки равен сумме допусков отверстия и вала:

$$TS = TD + Td = 22 + 220 = 242 \text{ мкм}.$$

Максимальный зазор

$$S_{\max} = S_m + 0,5TS = 230 + 0,5 \cdot 242 = 351 \text{ мкм}.$$

Минимальный зазор

$$S_{\min} = S_m - 0,5TS = 230 - 0,5 \cdot 242 = 109 \text{ мкм}.$$

*Посадка распорной втулки с валом (по  $d_2$ )*

Для легкости сборки посадка распорной втулки с валом должна иметь зазор не менее 20...30 мкм. Отклонения вала определены посадкой внутреннего кольца подшипника, тогда для получения необходимого зазора подбираем такое поле допуска отверстия, у которого основное отклонение больше, чем верхнее отклонение вала на 20...30 мкм. Получаем поле допуска отверстия E9.

Строим схему полей допусков посадки  $\varnothing 55 \frac{E9 \left( \begin{smallmatrix} +0,134 \\ +0,060 \end{smallmatrix} \right)}{k5 \left( \begin{smallmatrix} +0,015 \\ +0,002 \end{smallmatrix} \right)}$  (рисунок 5).

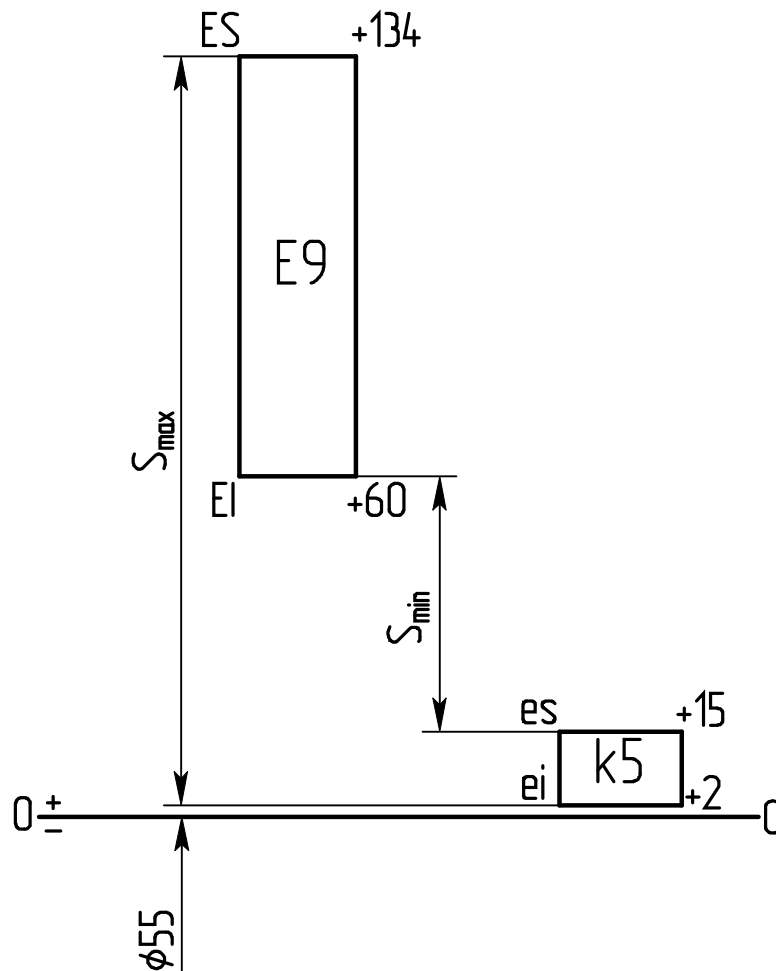


Рисунок 5

Рассчитываем характеристики посадки.

Математическое ожидание посадки:

$$S_m = E_m - e_m,$$

где

$$E_m = \frac{ES + EI}{2} = \frac{134 + 60}{2} = 97 \text{ мкм};$$

$$e_m = \frac{es + ei}{2} = \frac{15 + 2}{2} = 8,5 \text{ мкм};$$

$$S_m = 97 - 8,5 = 88,5 \text{ мкм}.$$

Так как  $S_m > 0$ , то математическим ожиданием посадки будет зазор, т.е. средний зазор равен:

$$S_m = 88,5 \text{ мкм.}$$

Допуск посадки равен сумме допусков отверстия и вала:

$$TS = TD + Td = 74 + 13 = 87 \text{ мкм.}$$

Максимальный зазор

$$S_{\max} = S_m + 0,5TS = 88,5 + 0,5 \cdot 87 = 132 \text{ мкм.}$$

Минимальный зазор

$$S_{\min} = S_m - 0,5TS = 88,5 - 0,5 \cdot 87 = 45 \text{ мкм.}$$

*Посадка вала с зубчатым колесом (по  $d_3$ )*

Посадочный диаметр  $d_3$  определен заданием:

$$d_3 = d + 10 = 55 + 10 = 65 \text{ мм.}$$

Предельные функциональные натяги также определены заданием:

$$N_{\max F} = 140 \text{ мкм;}$$

$$N_{\min F} = 35 \text{ мкм.}$$

Выбираем посадку наименьшей точности в системе отверстия, для которого соблюдаются следующие условия:

$$N_{\min} \geq N_{\min F};$$

$$N_{\max} \leq N_{\max F}.$$

Имеем

$$TD + Td = N_{\max} - N_{\min} \leq N_{\max F} - N_{\min F} = 140 - 35 = 105 \text{ мкм,}$$

или

$$TD + Td \leq 105 \text{ мкм.}$$

Допуск для 6-ого качества  $IT6 = 19 \text{ мкм}$ ; для 7-ого качества  $IT7 = 30 \text{ мкм}$ ; для 8-ого качества  $IT8 = 46 \text{ мкм}$ ; для 9-ого качества  $IT9 = 74 \text{ мкм}$ . Из посадок наименьшей точности подходить будут сочетания 7-ого и 8-ого качества, 8-ого и 8-ого качества.

Заданным условиям ( $N_{\min} \geq N_{\min F} = 35 \text{ мкм}$  и  $N_{\max} \leq N_{\max F} = 140 \text{ мкм}$ ) удовлетворяют посадка  $\varnothing 65H8/v7$  и  $\varnothing 65H8/u8$ . Выбираем посадку  $\varnothing 65H8/v7$ , поскольку в этом случае будет больший запас на смятие неровностей шероховатости поверхностей отверстия и вала.

Строим схему полей допусков посадки  $\varnothing 65 \frac{H8 \left( \begin{smallmatrix} +0,046 \\ \end{smallmatrix} \right)}{v7 \left( \begin{smallmatrix} +0,132 \\ +0,102 \end{smallmatrix} \right)}$  (рисунок 6).



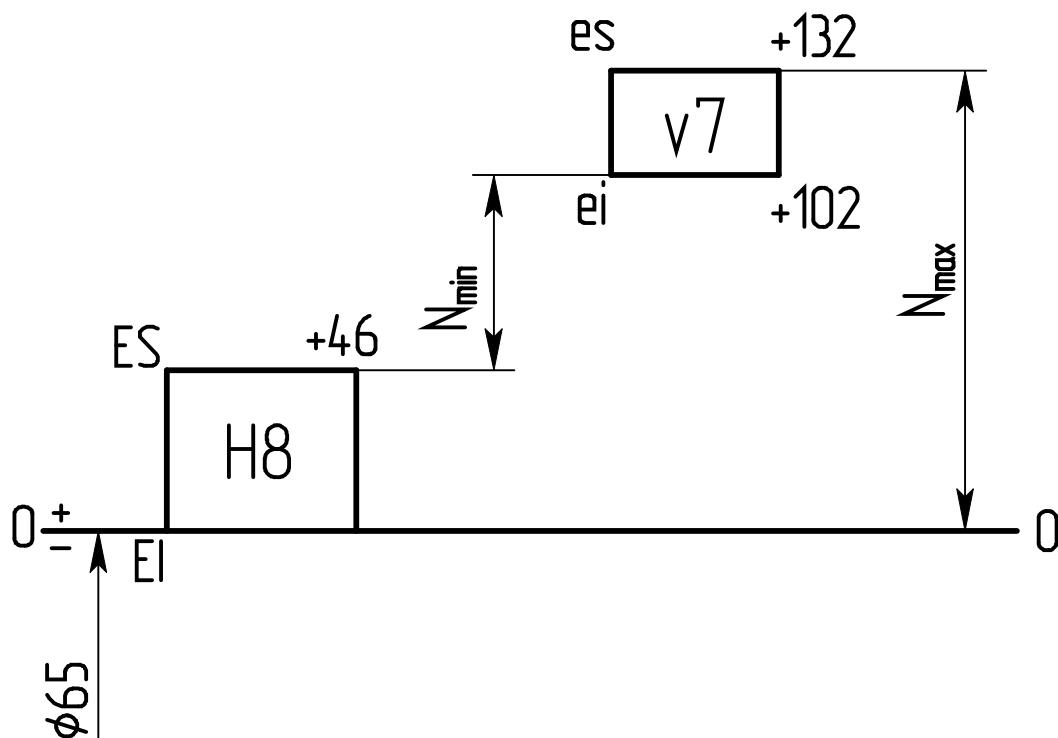


Рисунок 6

Рассчитываем характеристики посадки.

Математическое ожидание посадки:

$$S_m = E_m - e_m,$$

где

$$E_m = \frac{ES + EI}{2} = \frac{46 + 0}{2} = 23 \text{ мкм};$$

$$e_m = \frac{es + ei}{2} = \frac{132 + 102}{2} = 117 \text{ мкм};$$

$$S_m = 23 - 117 = -94 \text{ мкм}.$$

Так как  $S_m < 0$ , то математическим ожиданием посадки будет натяг, т.е. средний натяг равен:

$$N_m = -S_m = 94 \text{ мкм}.$$

Допуск посадки равен сумме допусков отверстия и вала:

$$TN = TD + Td = 46 + 30 = 76 \text{ мкм}.$$

Минимальный натяг

$$N_{\min} = N_m - 0,5TN = 94 - 0,5 \cdot 76 = 56 \text{ мкм}.$$

Максимальный натяг

$$N_{\max} = N_m + 0,5TN = 94 + 0,5 \cdot 76 = 132 \text{ мкм}.$$

*Требования, предъявляемые к поверхностям корпуса и вала, предназначенным для посадок подшипников качения*

1. Отклонения формы поверхностей корпуса и вала не должны превышать для подшипника 5 класса точности значений, равных  $IT/8$ . Особенно опасны для подшипников качения конусообразность и овальность посадочных поверхностей. Поэтому укажем допуски круглости и профиля продольного сечения, а не допуск цилиндричности, который вызывает затруднения при контроле. В данном случае допуски формы равны:

для корпуса  $FT = 2,5 \text{ мкм} < IT6 / 8 = 22/8 = 2,75 \text{ мкм}$ ,

для вала  $FT = 1,6 \text{ мкм} < IT5 / 8 = 13/8 = 1,625 \text{ мкм}$ .

Допуск параллельности опорных торцов распорных втулок  $FT = 6 \text{ мкм}$ , перпендикулярности опорных торцов крышек  $FT = 8 \text{ мкм}$ .

2. Шероховатость поверхностей устанавливается в зависимости от класса точности подшипника и диаметра различной для корпуса и вала и торцов заплечиков в корпусе, на валу или распорной втулки. Для данного варианта находим среднее арифметическое отклонение: поверхности корпуса  $R_a = 1,25$ , вала  $R_a = 0,63$ , для торцов распорных втулок  $R_a = 1,25$ , крышек  $R_a = 2,5$  (таблица 21 методички).

Для всех указанных на сборке соединений проставим условные обозначения посадок (рисунок 7).

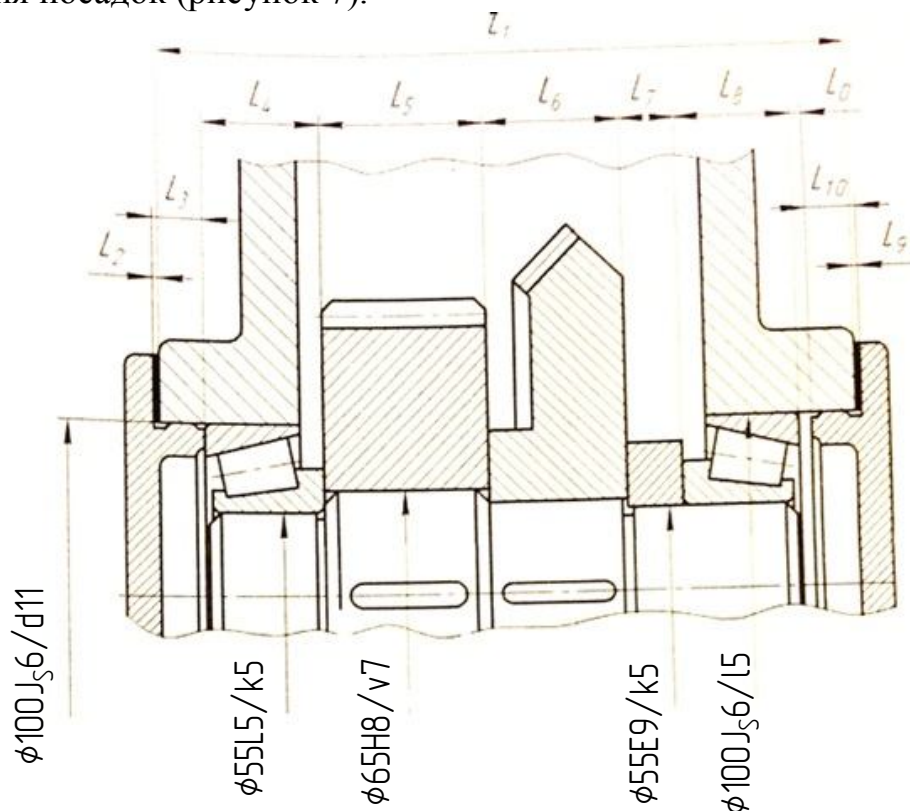


Рисунок 7

Начертим эскизы следующих деталей: вала, корпуса, распорной втулки, крышки и зубчатого колеса (рисунок 8).

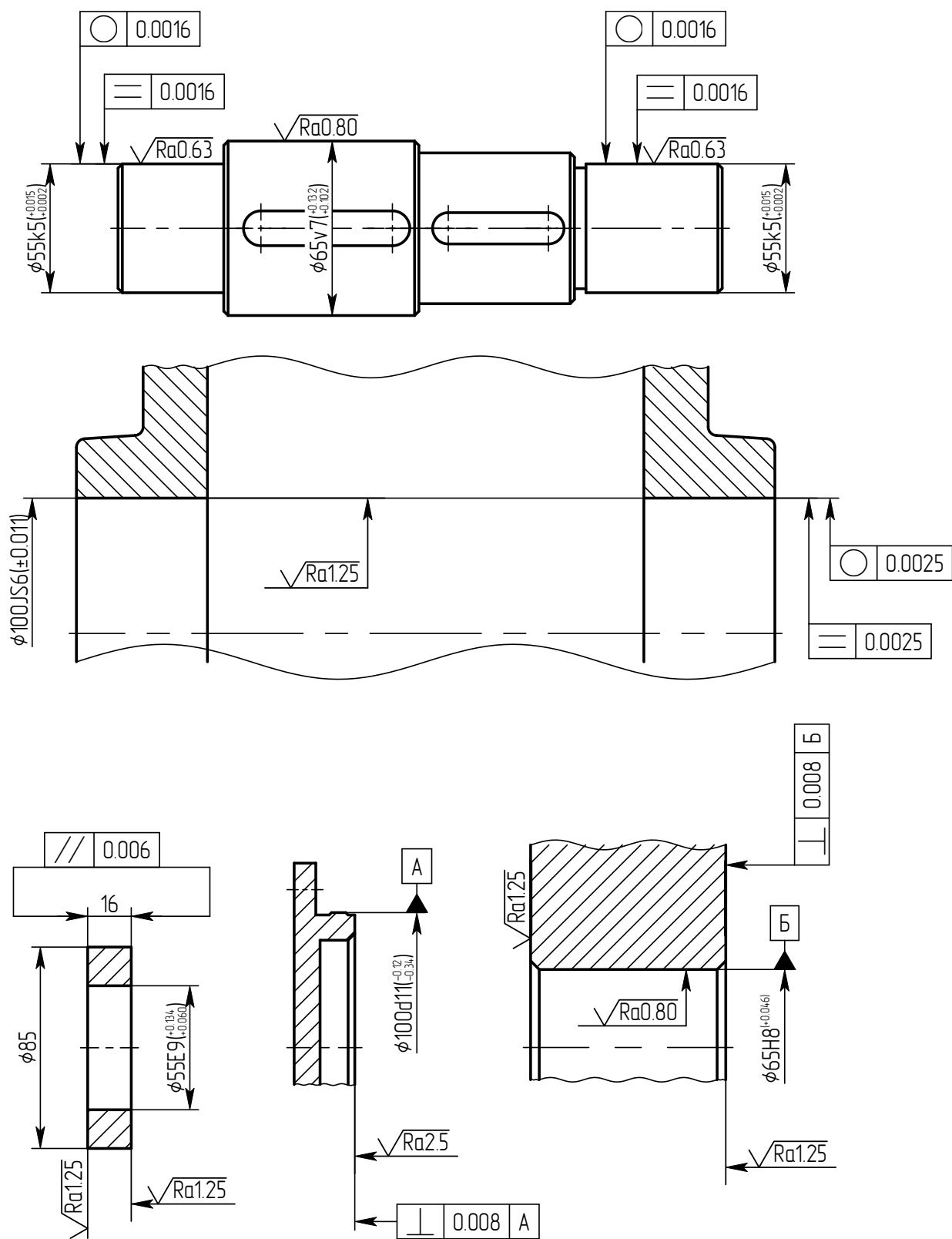


Рисунок 8

### Выбор средств контроля деталей соединения по $d_2$

В качестве средств контроля деталей соединения по  $d_2$  принимаем жесткие калибры. Необходимо рассчитать исполнительные размеры калибров для втулки, т.е. в данном случае для отверстия  $\varnothing 55E9 \begin{pmatrix} +0,134 \\ +0,060 \end{pmatrix}$  и вала  $\varnothing 55k6 \begin{pmatrix} +0,021 \\ +0,002 \end{pmatrix}$  (принят шестой квалитет для вала, поскольку для пятого квалитета калибры-скобы не предусмотрены).

#### 1. Расчет исполнительных размеров калибров для контроля отверстия.

Исходный размер отверстия  $\varnothing 55E9 \begin{pmatrix} +0,134 \\ +0,060 \end{pmatrix}$ .

Определяем значения по ГОСТ 24853-81:

$H$  – допуск на изготовление калибра,  $H = 5 \text{ мкм}$ ;

$Z$  – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для отверстия относительно наименьшего предельного размера изделия,  $Z = 13 \text{ мкм}$ ;

$y$  – допустимый выход размера изношенного проходного калибра для отверстия за границу поля допуска изделия,  $y = 0$ .

Отверстие  $\varnothing 55E9 \begin{pmatrix} +0,134 \\ +0,060 \end{pmatrix}$ :

– верхнее отклонение  $ES = 134 \text{ мкм} = 0,134 \text{ мм}$ ;

– нижнее отклонение  $EI = 60 \text{ мкм} = 0,060 \text{ мм}$ .

Предельные размеры отверстия:

$$D_{\max} = D + ES = 55 + 0,134 = 55,134 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = 55 + 0,060 = 55,060 \text{ мм}.$$

Вычисляем по ГОСТ 24853-81:

– наибольший размер нового проходного калибра

$$PP_{\max} = D_{\min} + Z + \frac{H}{2} = 55,060 + 0,013 + \frac{0,005}{2} = 55,0755 \text{ мм};$$

– наибольший размер изношенного калибра

$$PP_{\text{изн}} = D_{\min} - y = 55,060 - 0 = 55,060 \text{ мм};$$

– наибольший размер непроходного нового калибра

$$HE_{\max} = D_{\max} + \frac{H}{2} = 55,134 + \frac{0,005}{2} = 55,1365 \text{ мм}.$$

Исполнительные размеры для калибра-пробки  $\varnothing 55E9$ :

$$PP_{\max} = 55,0755_{-0,005};$$

$$HE_{\max} = 55,1365_{-0,005}.$$



## 2. Расчет исполнительных размеров калибров для контроля вала.

Исходный размер вала  $\varnothing 55k6 \begin{pmatrix} +0,021 \\ +0,002 \end{pmatrix}$ .

Определяем значения по ГОСТ 24853-81:

$H_1$  – допуск на изготовление калибра-скобы,  $H_1 = 5 \text{ мкм}$ ;

$Z_1$  – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для вала относительно наименьшего предельного размера изделия,  
 $Z_1 = 4 \text{ мкм}$ ;

$y_1$  – допустимый выход размера изношенного проходного калибра для вала за границу поля допуска изделия,  $y_1 = 3 \text{ мкм}$ .

Вал  $\varnothing 55k6 \begin{pmatrix} +0,021 \\ +0,002 \end{pmatrix}$ :

– верхнее отклонение  $es = 21 \text{ мкм} = 0,021 \text{ мм}$ ;

– нижнее отклонение  $ei = 2 \text{ мкм} = 0,002 \text{ мм}$ .

Предельные размеры вала:

$$d_{\max} = d + es = 55 + 0,021 = 55,021 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d + ei = 55 + 0,002 = 55,002 \text{ мм}.$$

Вычисляем по ГОСТ 24853-81:

– наименьший размер нового проходного калибра

$$PP_{\min} = d_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2} = 55,021 - 0,004 - \frac{0,005}{2} = 55,0145 \text{ мм};$$

– наибольший размер изношенного калибра

$$PP_{\text{изн}} = d_{\max} + y_1 = 55,021 + 0,003 = 55,024 \text{ мм};$$

– наименьший размер непроходного нового калибра

$$HE_{\min} = d_{\min} - \frac{H_1}{2} = 55,002 - \frac{0,005}{2} = 54,9995 \text{ мм}.$$

Исполнительные размеры для калибра-скобы  $\varnothing 55k6$ :

$$PP_{\min} = 55,0145^{+0,005};$$

$$HE_{\min} = 54,9995^{+0,005}.$$

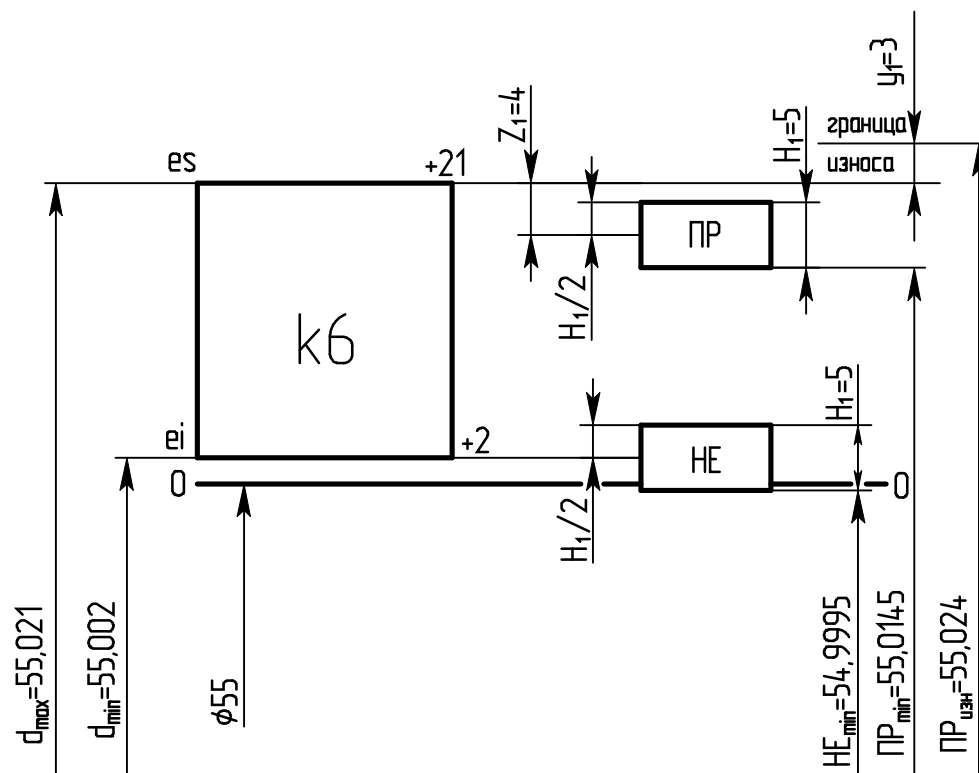


Рисунок 11 – Схема расположения полей допусков калибра-скобы

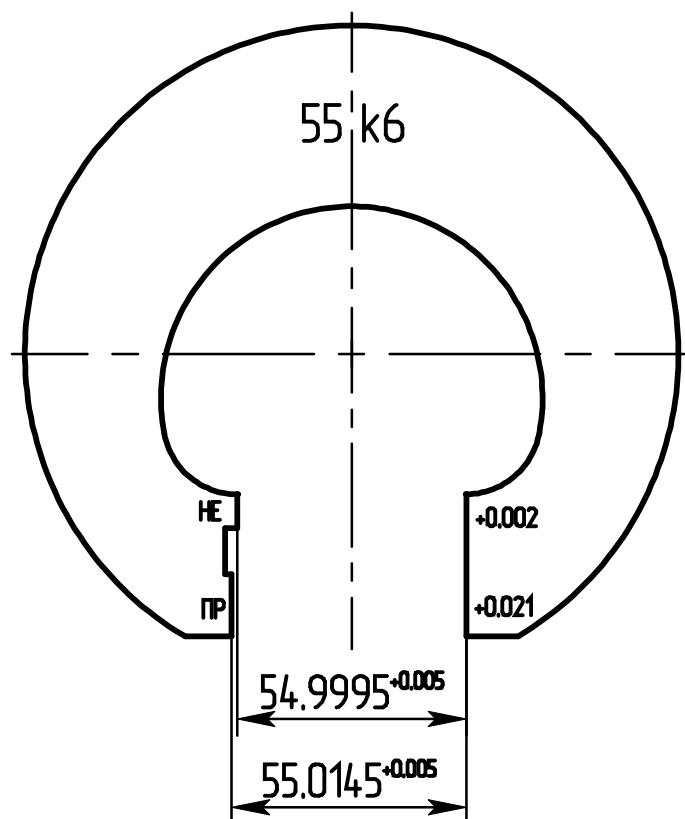


Рисунок 12 – Эскиз калибра-скобы