

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра эксплуатации и ремонта машин

КУРСОВАЯ РАБОТА

По дисциплине: «Основы взаимозаменяемости и технические измерения»

Разработал: студент группы Б 202-06у
Проверил: доцент

Зянкин А.А.
Гималтдинов И.Х.

КАЗАНЬ
2023

Хорошо.
В.О. 23
[Подпись]

ВВЕДЕНИЕ

Целью курсовой работы является закрепление теоретических знаний, полученных студентами в процессе самостоятельного изучения курса МСС по учебникам, развитие у них практических навыков в выборе допусков, посадок, шероховатости поверхности, параметров формы, средств измерения и контроля, а также в пользовании справочной литературой и стандартами.

Настоящие методические указания составлены в соответствии с программой дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация», предназначенной для высших учебных заведений по специальностям «Механизация сельского хозяйства», «Сервис и техническая эксплуатация транспортных и технологических машин и оборудования в с.-х.».

В них приведены методика выборы допусков и посадок цилиндрических соединений, шпоночных и шлицевых, резьбовых соединений, зубчатых передач, допусков (формы и расположения поверхностей, а также указания относительно выбора шероховатости поверхности и контрольно-измерительных приборов, изложена методика расчета размерных цепей.

Прежде чем приступить к выполнению курсовой работы студенту рекомендуется усвоить теоретический курс по учебникам [1-8]. В этих учебниках по каждой теме имеется раздел соответствующего названия.

Курсовая работа включает в зависимости от формы обучения и специализации 6-10 перечисленных ниже разделов.

1. Определение параметров гладкого цилиндрического соединения и выбор средств измерения.
2. Расчет и выбор посадок для соединении с натягом.
3. Расчет и выбор посадок для колец подшипников качения.
4. Выбор посадок и определение параметров детали шпоночного соединения.
5. Выбор посадок и определение параметров деталей прямобочных шлицевых соединений.
6. Расчет размеров гладких калибров.
7. Расчет и выбор параметров резьбового соединения.
8. Определение точностных параметров зубчатых колес.

К каждой задаче приведены основные положения, перечень вопросов, подлежащих разработке, указания по выполнению заданий и рекомендуемая литература, в приложении помещен справочный материал.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГЛАДКОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ И ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ.

1.1. Исходные данные:

Условное обозначение соединения: $\varnothing 170 \text{ H8/r7}$.

1.2. Определить величину допусков, предельные отклонения размеров вала и отверстия.

Величина допуска и предельные отклонения отверстия и вала определяются по таблице ГОСТ 25346-82 или [1] стр. 335..339.

$$T_D = 63 \text{ мкм.}$$

$$T_d = 40 \text{ мкм.}$$

$$ES = 0 + 63 = 63 \text{ мкм}$$

$$EJ = 0 \text{ мкм}$$

$$es = 68 \text{ мкм}$$

$$ei = 68 + 40 = 108 \text{ мкм.}$$

1.3. Определить предельные размеры отверстия и вала.

Предельные размеры отверстия и вала определяются по формулам:

$$D_{\max} = D + ES = 170 + 0,063 = 170,063 \text{ мм.}$$

$$D_{\min} = D + EJ = 170 + 0,000 = 170,000 \text{ мм.}$$

$$d_{\min} = d + es = 170 + 0,068 = 170,068 \text{ мм.}$$

$$d_{\max} = d + ei = 170 + 0,108 = 170,108 \text{ мм.}$$

1.4. Определить величины предельных зазоров (натягов), допуск посадки, вид посадки.

Предельные зазоры, натяги и допуск посадки определяются по формулам, приведенным в [1] стр. 80.

Вид посадки устанавливается по характеру соединения.

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei = 170,063 - 170,068 = -0,005 \text{ мм.}$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EJ - es = 170,000 - 170,108 = -0,108 \text{ мм.}$$

Данная посадка с натягом

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 170,108 - 170,000 = 0,108 \text{ мкм.}$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = 170,068 - 170,063 = 0,005 \text{ мкм}$$

1.5. Начертить в масштабе: а) схему расположения полей допусков отверстия и вала; б) эскизы деталей и соединения в сборе с обозначением полей допусков и отклонений.

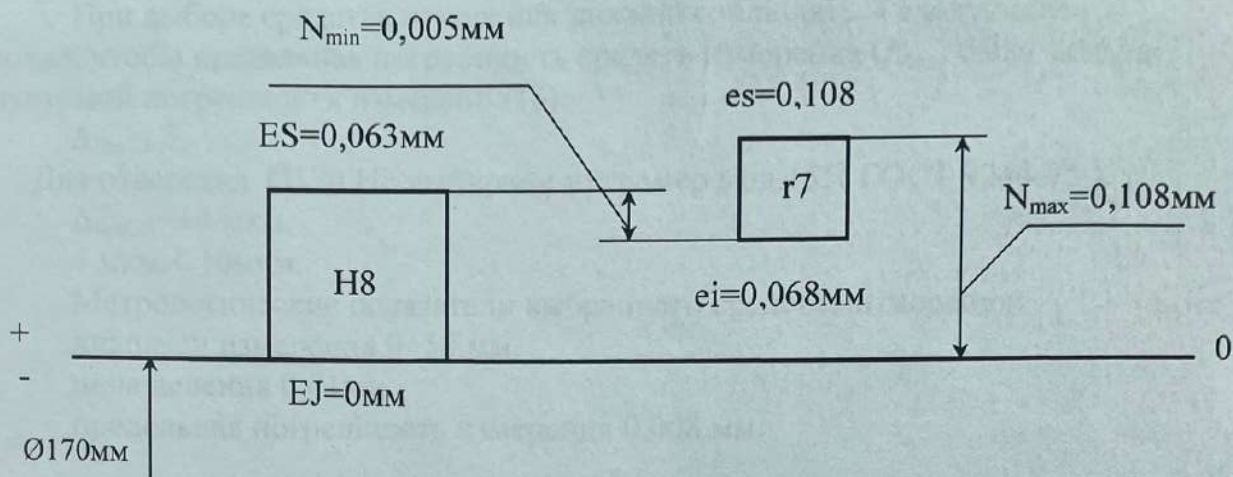


Рисунок 1.1.а - Схема расположения полей допусков отверстия и вала.

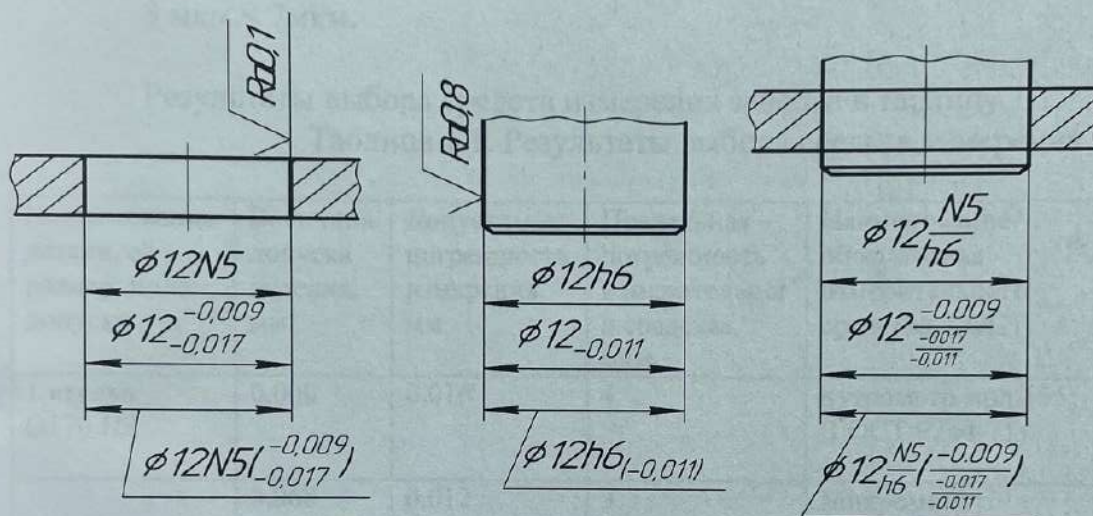


Рисунок 1.1.б - Эскизы деталей соединения.

1.6. Определить величины шероховатости поверхности отверстия и вала по параметру Ra и методы окончательной обработки, проставить их на эскизах деталей.

Шероховатость сопрягаемых поверхностей устанавливается на основании заданного номинального размера детали и посадки, пользуясь справочником [5] стр. 551,,571 (приложение 2, 3, 4).

После выбора шероховатости поверхности численное значение Ra должно быть уточнено по ГОСТ 2789-73 (см. [2] стр. 554..545).

Для отверстия $\varnothing 170 H8$ растачивание чистовое (алмазное) $Ra=0,80\text{мкм}$.

Для вала $\varnothing 170 r7$ обтачивание при продольной подаче, тонкое $Ra=0,80\text{мкм}$.

1.7. Выбрать измерительные средства для измерения размеров отверстия и вала с необходимой точностью.

а) По известным номинальному диаметру и величине допуска контролируемого размера детали по ГОСТ 8.051-81 определяем допускаемую предельную погрешность измерения для отверстия и вала (δ):

для втулки $\varnothing 170 H8$ $\delta=12,0\text{мкм}$.

для вала $\varnothing 170 r7$ $\delta=7,0\text{мкм}$.

б) По литературе [1] выбираем измерительные средства для измерения размера отверстия и вала.

При выборе средства измерения должно соблюдаться следующее условие, чтобы предельная погрешность средств измерения (Δ_{lim}) была меньше допустимой погрешности измерения (δ):

$$\Delta_{lim} \leq \delta$$

Для отверстия $\varnothing 170 \text{ H8}$ выбираем нутромер мод.155(ГОСТ 9244-75).

$$\Delta_{limСИ} = \pm 4 \text{ мкм.}$$

$$4 \text{ мкм.} < 10 \text{ мкм.}$$

Метрологические показатели выбранного средства измерения:

диапазон измерения 0÷50 мм.

цена деления 0,01мм.

предельная погрешность измерения 0,008 мм.

Для вала $\varnothing 170 \text{ г7}$ выбираем микрометр МК-25-1 (ГОСТ 6507-78).

$$\Delta_{limСИ} = \pm 3 \text{ мкм.}$$

$$3 \text{ мкм.} < 7 \text{ мкм.}$$

Результаты выбора средств измерения занести в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Результаты выбора средств измерения.

Наименование детали, её размер, поле допуска	Величина допуска изделия, мм.	Допустимая погрешность измерения, мм.	Предельная погрешность измерительного средства, мкм.	Наименование, обозначение измерительного средства, ГОСТ	Концевые меры для настройки	
					Клас с	Разряд
1.штулка $\varnothing 170 \text{ H8}$	0,000	0,016	4	нутромер мод.155 (ГОСТ 9244-75).	1	—
2.вал $\varnothing 170 \text{ г7}$	0,068	0,012	3	Микрометр МК-25-1 (ГОСТ 6507-78)	1	—

2. РАСЧЁТ РАЗМЕРОВ ГЛАДКИХ КАЛИБРОВ.

2.1. Исходные данные:

Условное обозначение соединения: $\varnothing 170 \text{ H8/r7}$.

2.2. Определить величину допусков, предельные отклонения и предельные размеры отверстия и вала.

Величина допусков, предельные отклонения вала и отверстия определяются по ГОСТ 25346-82 (СТ СЭВ 145-73).

Предельные размеры вала и отверстия вычисляются по формулам (1.1–1.4).

$$T_D = 63 \text{ мкм.}$$

$$T_d = 40 \text{ мкм.}$$

$$EJ = 0 \text{ мкм.}$$

$$ES = 63 \text{ мкм.}$$

$$es = 108 \text{ мкм.}$$

$$ei = 68 \text{ мкм.}$$

$$D_{\max} = D + ES = 170,063 \text{ мм.}$$

$$D_{\min} = D + EJ = 170,000 \text{ мм.}$$

$$d_{\min} = d + es = 170,068 \text{ мм.}$$

$$d_{\max} = d + ei = 170,108 \text{ мм.}$$

2.3. Определить исполнительные размеры калибров для контроля отверстия.

Исполнительные размеры калибров для контроля отверстия определяются по формулам:

$$HE_{\max} = D_{\min} + T_D - \alpha + H/2;$$

$$HE_{\min} = D_{\min} + T_D - \alpha - H/2;$$

$$PR_{\max} = D_{\min} + z + H/2;$$

$$PR_{\min} = D_{\min} + z - H/2;$$

$$PR_{\text{изн}} = D_{\min} - y + \alpha,$$

где

$HE_{\max}$ – наибольший размер непроходного калибра-пробки;

$HE_{\min}$ – наименьший размер непроходного калибра-пробки;

$PR_{\max}$ – наибольший размер проходного калибра-пробки;

$PR_{\min}$ – наименьший размер проходного калибра-пробки;

$PR_{\text{изн}}$ – наименьший размер проходного изношенного калибра-пробки;

$D_{\min}$ – наименьший предельный размер отверстия;

T_D – допуск отверстия;

α – величина для компенсации погрешности контроля калибрами отверстий с размерами свыше 180 мм. При $D \leq 180 \text{ мм}$. $\alpha = 0$ [3];

H – допуск на изготовление калибра-пробки;

z – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра-пробки относительно наименьшего предельного размера детали;

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

Значения α , H , z и y назначаются согласно ГОСТ 24853-81.

$$z = 9 \text{ мкм.};$$

$$y = 6 \text{ мкм}$$

$$\alpha = 0 \text{ мкм}$$

$$H = 8 \text{ мкм.}$$

$$HE_{\max} = 170,000 + 0,063 - 0 + 0,008/2 = 170,067 \text{ мм.};$$

$$HE_{\min} = 170,000 + 0,063 - 0 - 0,008/2 = 170,059 \text{ мм.};$$

$$PR_{\max} = 170,000 + 0,009 + 0,008/2 = 170,013 \text{ мм.};$$

$$PR_{\min} = 170,000 + 0,009 - 0,008/2 = 170,005 \text{ мм.};$$

$$PR_{\text{изн}} = 170,000 - 0,006 + 0 = 169,994 \text{ мм.}$$

2.4. Определить исполнительные размеры калибров для контроля вала.

Исполнительные размеры калибров для контроля вала определяются по следующим выражениям:

$$PR_{\max} = d_{\min} + T_d - z_1 + H_1/2;$$

$$PR_{\min} = d_{\min} + T_d - z_1 - H_1/2;$$

$$PR_{\text{изн}} = d_{\min} + T_d + y_1 - \alpha_1;$$

$$HE_{\max} = d_{\min} + \alpha_1 + H_1/2;$$

$$HE_{\min} = d_{\min} + \alpha_1 - H_1/2,$$

где

$d_{\min}$ – наименьший предельный размер вала;

$PR_{\max}$ – наибольший размер проходного калибра-скобы;

$PR_{\min}$ – наименьший размер проходного калибра-скобы;

$PR_{\text{изн}}$ – наибольший размер изношенного проходного калибра-скобы;

$HE_{\max}$ – наибольший размер непроходного калибра-скобы;

$HE_{\min}$ – наименьший размер непроходного калибра-скобы;

T_d – допуск на изготовление вала;

z_1 – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра-скобы относительно наибольшего предельного размера вала;

H_1 – допуск на изготовление калибра-скобы для вала;

y_1 – допустимый выход размера изношенного проходного калибра-скобы за границу поля допуска вала;

α_1 – величина для компенсации погрешности контроля калибрами валов с размерами свыше 180 мм. При $d \leq 180$ мм. $\alpha_1 = 0$ [3].

Численные значения z_1 , H_1 , y_1 и α_1 берутся согласно ГОСТ 24853-81.

$$z_1 = 6 \text{ мкм.};$$

$$y_1 = 4 \text{ мкм.};$$

$$\alpha_1 = 0 \text{ мкм}$$

$$H_1 = 8 \text{ мкм.}$$

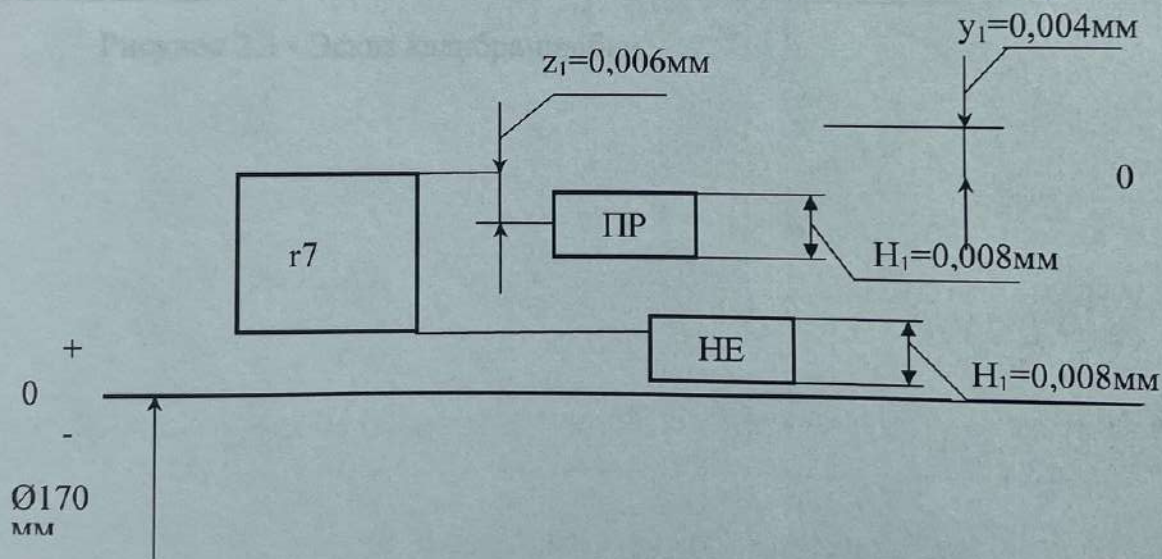
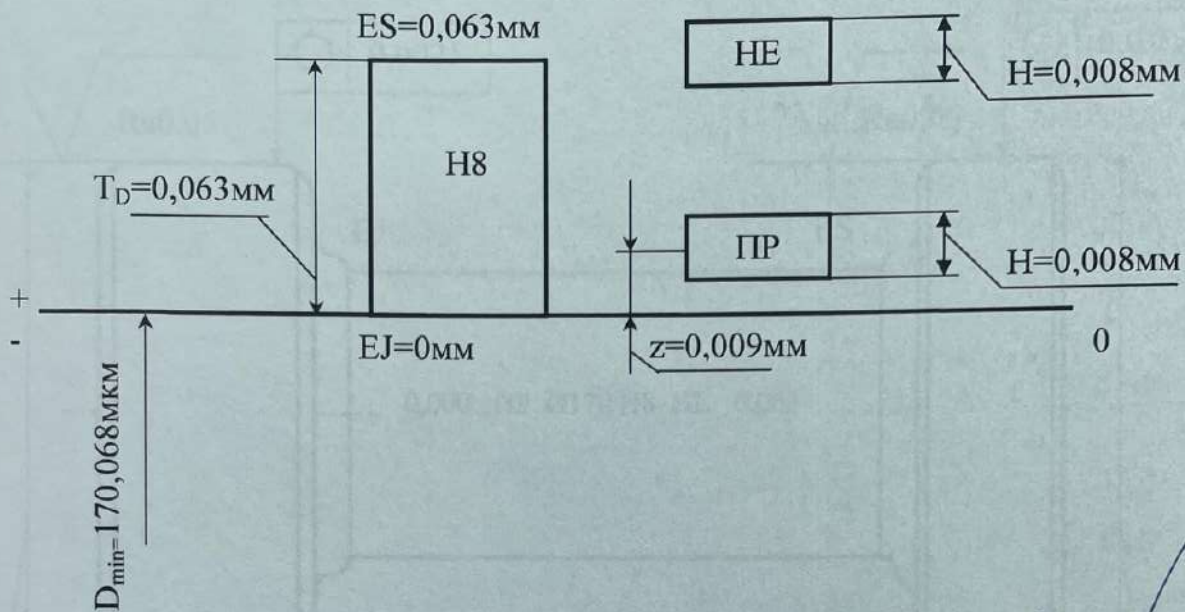
$$PR_{\max} = 170,068 + 0,040 - 0,006 + 0,008/2 = 170,106 \text{ мм.};$$

$$PR_{\min} = 170,068 + 0,040 - 0,006 - 0,008/2 = 170,098 \text{ мм.};$$

$$PR_{\text{изн}} = 170,068 + 0,040 + 0,004 - 0 = 170,112 \text{ мм.};$$

$$HE_{\max} = 170,068 + 0 + 0,008/2 = 170,072 \text{ мм.};$$

$$HE_{\min} = 170,068 + 0 - 0,008/2 = 170,064 \text{ мм.}$$



2.6. Начертить эскизы калибров для контроля размеров отверстия и вала. Маркировка калибров выполняется согласно [8].

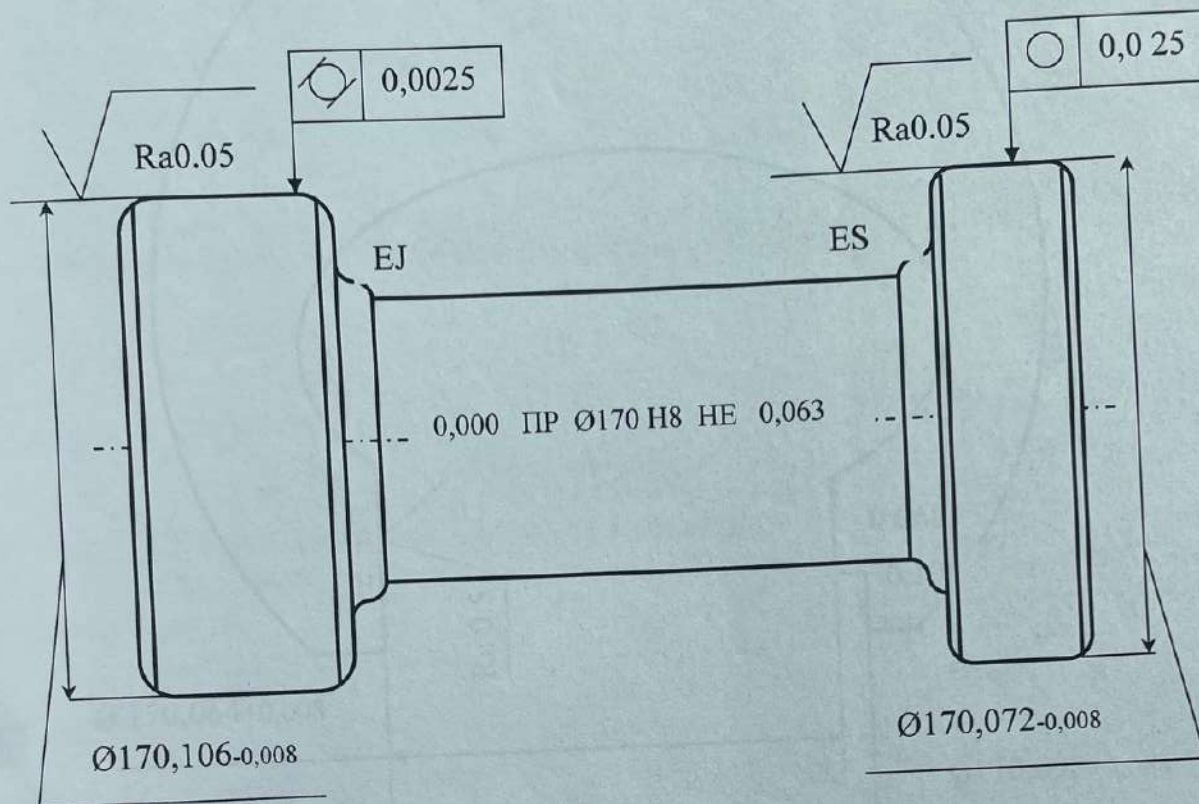


Рисунок 2.3 - Эскиз калибра-пробки.

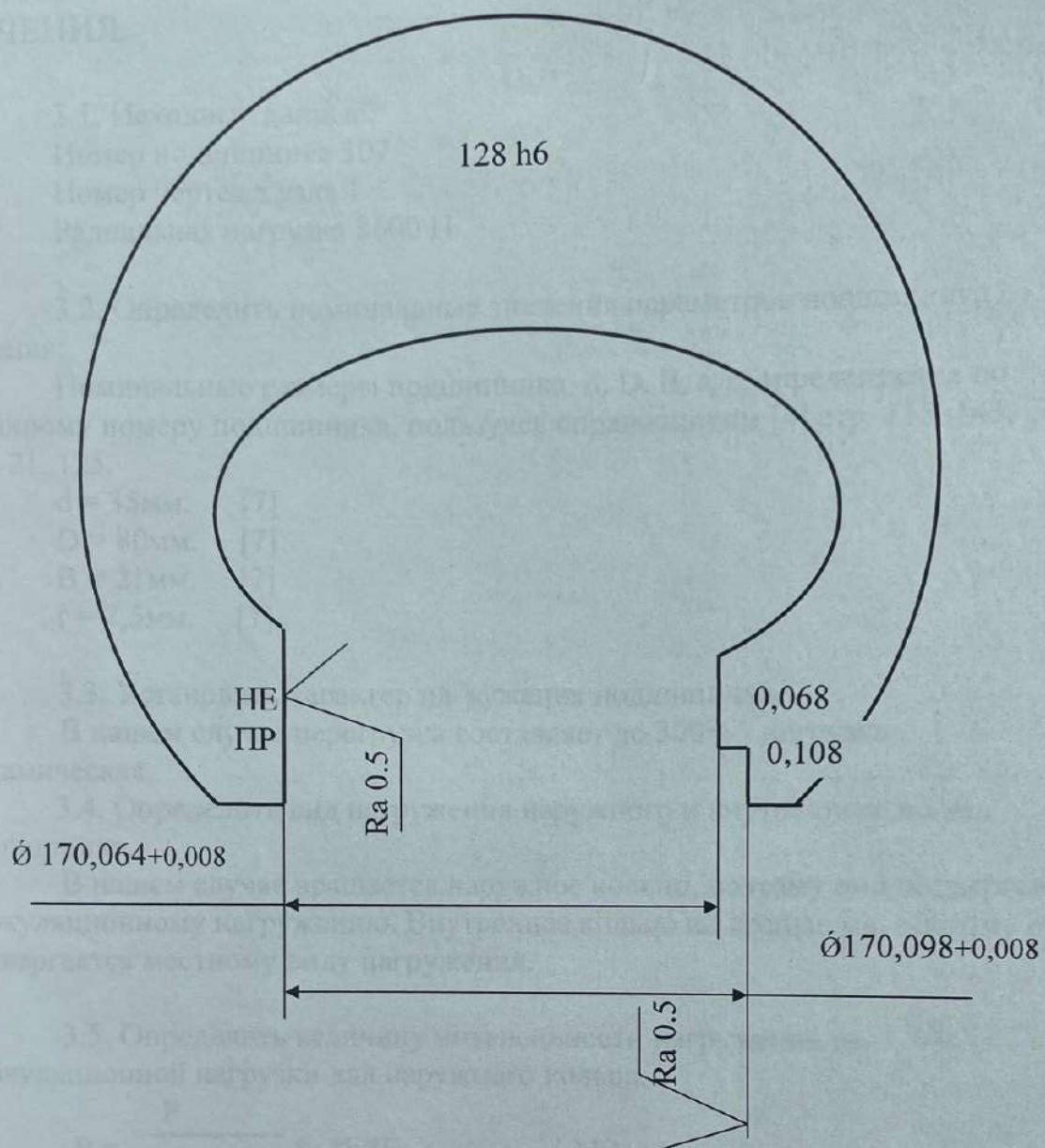


Рисунок 2.4 - Эскиз калибр - скобы.

где P - разнородная нагрузка, $P = 5000 \text{ Н}$

B - ширина дощечки, $B = 21 \text{ мм}$

r - радиус закругления колец, $r = 2,5 \text{ мм}$

k_d - динамический коэффициент, $k_d = 1,2$

1.4.

F_1 - коэффициент, учитывающий влияние жесткости материала на деформацию, $F_1 = 1$

F_2 - коэффициент, учитывающий влияние жесткости материала на деформацию, $F_2 = 1$

3. РАСЧЁТ И ВЫБОР ПОСАДОК ДЛЯ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ.

3.1. Исходные данные:

Номер подшипника 307

Номер чертежа узла 1

Радиальная нагрузка 8600 Н.

3.2. Определить номинальные значения параметров подшипника качения:

Номинальные размеры подшипника: d , D , B , r , r_c определяются по заданному номеру подшипника, пользуясь справочником [4] стр. 115..143, [7] стр. 21..125.

$$d = 35 \text{ мм.} \quad [7]$$

$$D = 80 \text{ мм.} \quad [7]$$

$$B = 21 \text{ мм.} \quad [7]$$

$$r = 2,5 \text{ мм.} \quad [7]$$

3.3. Установить характер нагружения подшипника.

В нашем случае перегрузка составляет до 300% - нагрузка динамическая.

3.4. Определить вид нагружения наружного и внутреннего колец подшипника.

В нашем случае вращается наружное кольцо, поэтому оно подвергается циркуляционному нагружению. Внутреннее кольцо не вращается, поэтому оно подвергается местному виду нагружения.

3.5. Определить величину интенсивности нагружения от циркуляционной нагрузки для наружного кольца.

$$P_r = \frac{P}{B - 2 \cdot r} \cdot k_n \cdot F_1 \cdot F_2, \quad (3.1)$$

где P – радиальная нагрузка, $P = 8600$ Н.

B – ширина подшипника, $B = 21$ мм.

r – радиус закругления колец, $r = 2,5$ мм.

k_n – динамический коэффициент, зависящий от характера нагрузки, $k_n = 1,8$;

F_1 – коэффициент, учитывающий ослабление натяга при пустотелом вале или тонкостенном корпусе, $F_1 = 1$;

F_2 – коэффициент, учитывающий равномерность распределения нагрузки между рядами шариков и осевую нагрузку, $F_2 = 1$.

$$P_r = \frac{8,6}{0,021 - 2 \cdot 0,0025} \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 1 = 967,7 \text{ кН/м.} \quad (3.1)$$

3.6. Определить посадки колец подшипника на вал и в корпус.

Выбираем поле допуска для отверстия корпуса $\varnothing 35L0/k6$.

Выбираем поле допуска для вала $\varnothing 80H7/10$.

Найти предельные размеры вала и отверстия в корпусе, а также отклонения размеров колец подшипников.

Для внутреннего кольца $\varnothing 35L0$:

$$d_n = d = 35.$$

$$es_n = 0.$$

$$ei_n = -12 \text{ мкм.}$$

$$d_{n \min} = d_n + ei_n = 35 + (-0.012) = 34.988 \text{ мм.}$$

$$d_{n \max} = d_n + es_n = 35 + 0 = 35 \text{ мм.}$$

Для вала $\varnothing 80h7$

$$T_d = 16 \text{ мкм.}$$

$$es = +2.$$

$$ei = es - T_d = -14 \text{ мкм.}$$

$$d_{\min} = d + ei = 35 + (-0.014) = 34.986 \text{ мм.}$$

$$d_{\max} = d + es = 35 + 0.002 = 35.002 \text{ мм.}$$

$$N_{\max} = d_{\max} - d_{n \min} = es - ei_n = 2 - (-12) = 14 \text{ мкм.}$$

$$S_{\max} = es_n - ei = 0 - (-14) = 14 \text{ мкм.}$$

Для наружного кольца $\varnothing 80H7/10$:

$$D_n = D = 80 \text{ мм.}$$

$$ES_n = 0.$$

$$EJ_n = -13 \text{ мкм.}$$

$$D_{n \min} = D_n + EJ_n = 80 + (-0.013) = 79.987 \text{ мм.}$$

$$D_{n \max} = D_n + ES_n = 80 + 0 = 80 \text{ мм.}$$

Для отверстия корпуса $\varnothing 35k6$:

$$D = 35 \text{ мм.}$$

$$T_D = 30 \text{ мкм.}$$

$$ES = +9 \text{ мкм.}$$

$$EJ = -21 \text{ мкм.}$$

$$D_{\max} = D + ES = 35 + 0.009 = 35.009 \text{ мм.}$$

$$D_{\min} = D + EJ = 35 + (-0.021) = 34.979 \text{ мм.}$$

$$S_{\max} = ES - EJ_n = 9 - (-13) = 22 \text{ мкм.}$$

$$S_{\min} = EJ - ES_n = -21 - 0 = -21 \text{ мкм.}$$

3.7. Начертить схему расположения полей допусков для колец подшипника качения, а также для вала и отверстия корпуса.

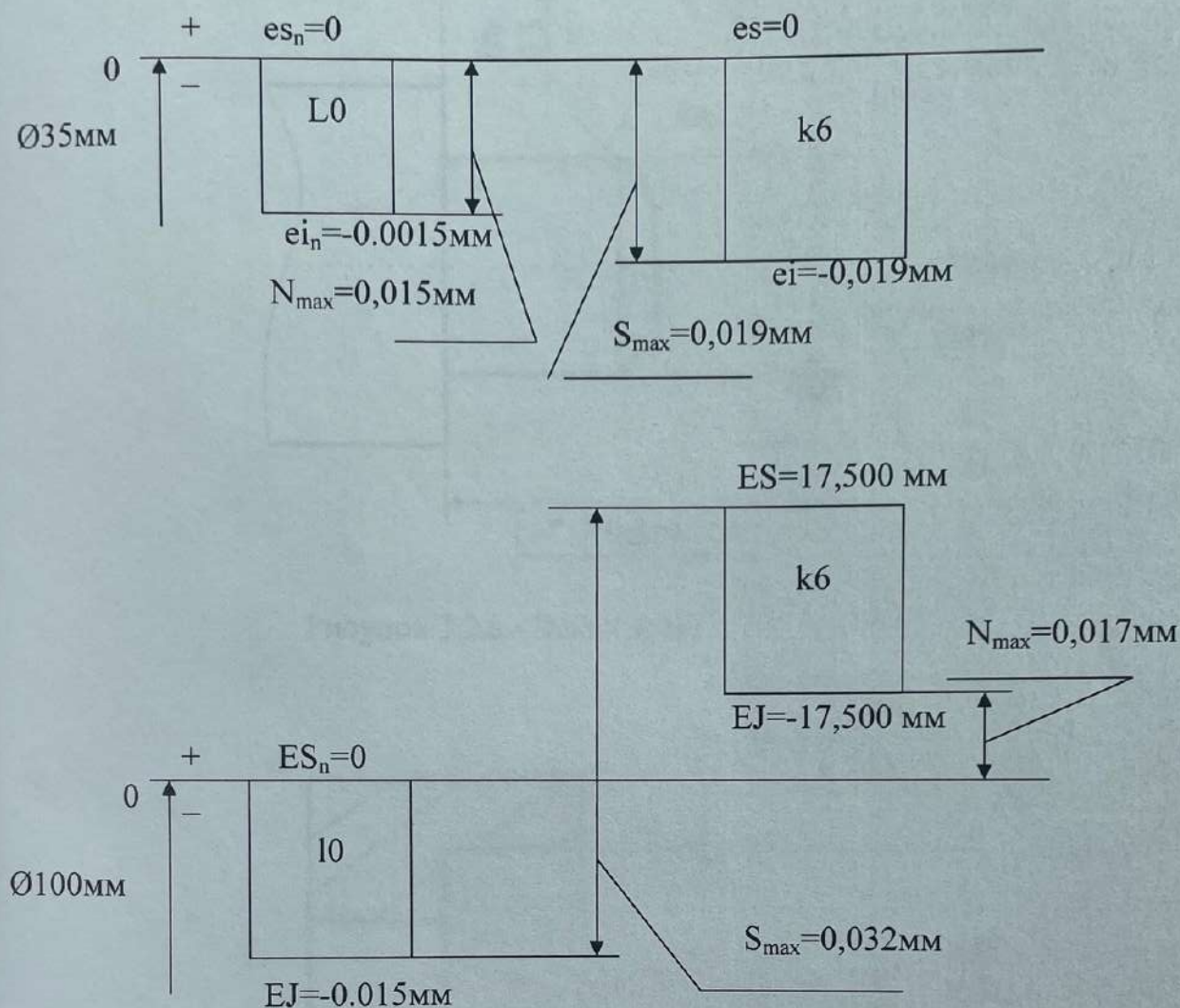


Рисунок 3.1 - Схема расположения полей допусков для деталей подшипникового узла.

3.8. Начертить эскизы деталей и соединения в сборе для подшипникового узла.

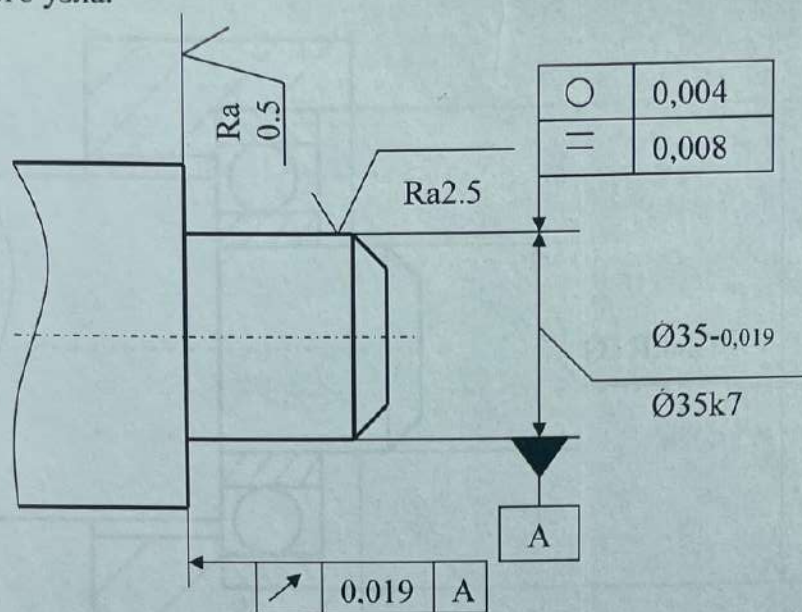


Рисунок 3.2.а.- Эскиз вала.

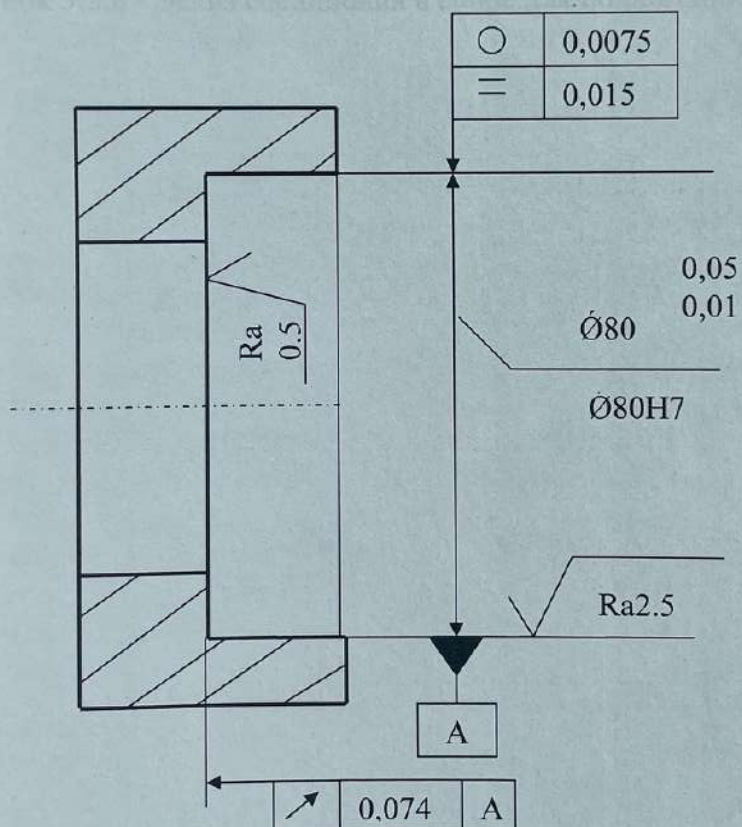


Рисунок 3.2.б - Эскиз втулки.

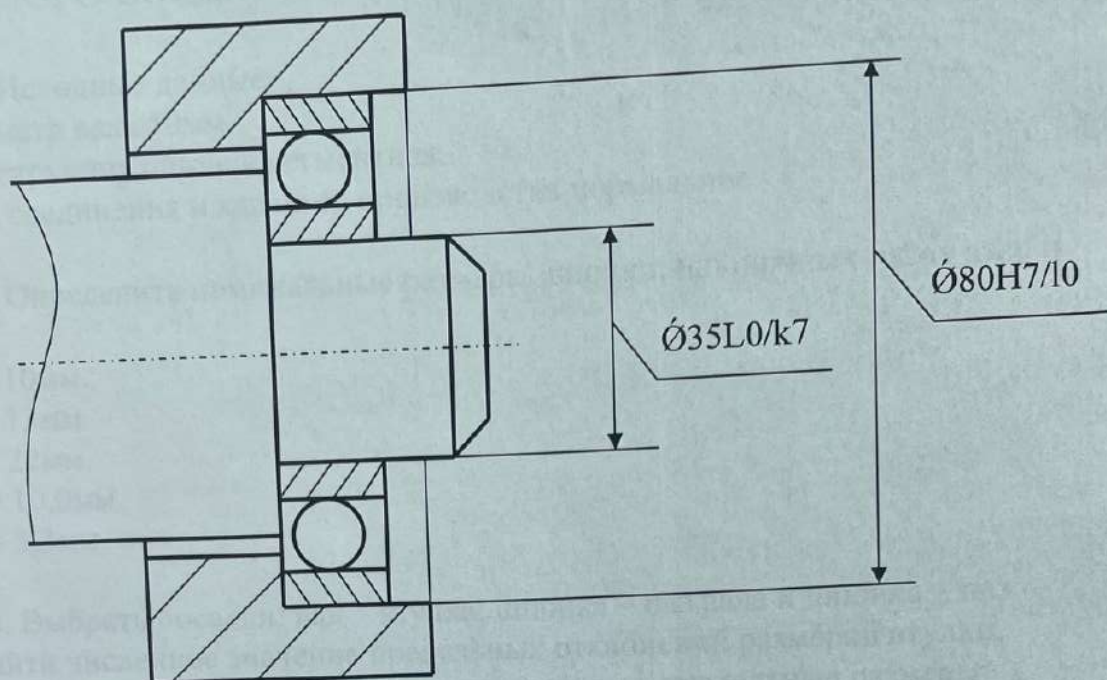


Рисунок 3.2.в - Эскиз соединения в сборе для подшипникового узла.

$$D_{\text{max}} = D + ES = 50 + 0,025 = 50,025 \text{ мм}$$

$$D_{\text{min}} = D + EI = 50 + 0 = 50 \text{ мм}$$

$$d_{\text{max}} = d + es = 30 + 0,059 = 30,059 \text{ мм}$$

$$d_{\text{min}} = d + ei = 30 + 0,043 = 30,043 \text{ мм}$$

$$N_{\text{max}} = d_{\text{max}} - D_{\text{min}} = 30,059 - 50 = -19,941 \text{ мм}$$

$$N_{\text{min}} = d_{\text{min}} - D_{\text{max}} = 30,043 - 50,025 = -19,982 \text{ мм}$$

4. ВЫБОР ПОСАДОК И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ ШПОНОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ.

4.1. Исходные данные:

Диаметр вала 50мм.

Конструкция шпонки сегментная.

Вид соединения и характер производства нормальное.

4.2. Определить номинальные размеры шпонки, шпоночных пазов вала и втулки.

$$b = 10\text{мм.}$$

$$h = 13\text{мм.}$$

$$d = 22\text{мм.}$$

$$t_1 = 10,0\text{мм.}$$

$$t_2 = 3,3\text{мм.}$$

4.3. Выбрать посадки: вал – втулка; шпонка – паз вала и шпонка – паз втулки. Найти численное значение предельных отклонений размеров втулки, вала, а также шпонки, пазов вала и втулки; рассчитать предельные размеры шпонки и пазов и допуски этих размеров.

4.3.1. Выбрать посадку вал – втулка Ø50:

$$\text{Ø}50\text{H}7/\text{s}6.$$

4.3.2. Определить допуски, предельные отклонения для отверстия и вала.

$$T_D = 25\text{мкм.}$$

$$EJ = 0.$$

$$ES = EJ + T_D = 0 + 25 = +25\text{мкм.}$$

$$T_d = 16\text{мкм.}$$

$$ei = +43\text{мкм.}$$

$$es = ei + T_d = +43 + 16 = +59\text{мкм.}$$

4.3.3. Определить предельные размеры для отверстия и вала, а также предельные натяги.

$$D_{\max} = D + ES = 50 + 0,025 = 50,025\text{мм.}$$

$$D_{\min} = D + EJ = 50 + 0 = 50\text{мм.}$$

$$d_{\max} = d + es = 50 + 0,059 = 50,059\text{мм.}$$

$$d_{\min} = d + ei = 50 + 0,043 = 50,043\text{мм.}$$

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EJ = +59 - 0 = 0,059\text{ мм.}$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES = +43 - 25 = 0,018\text{ мм.}$$

4.3.4. Начертить схему расположения полей допусков для отверстия и вала.

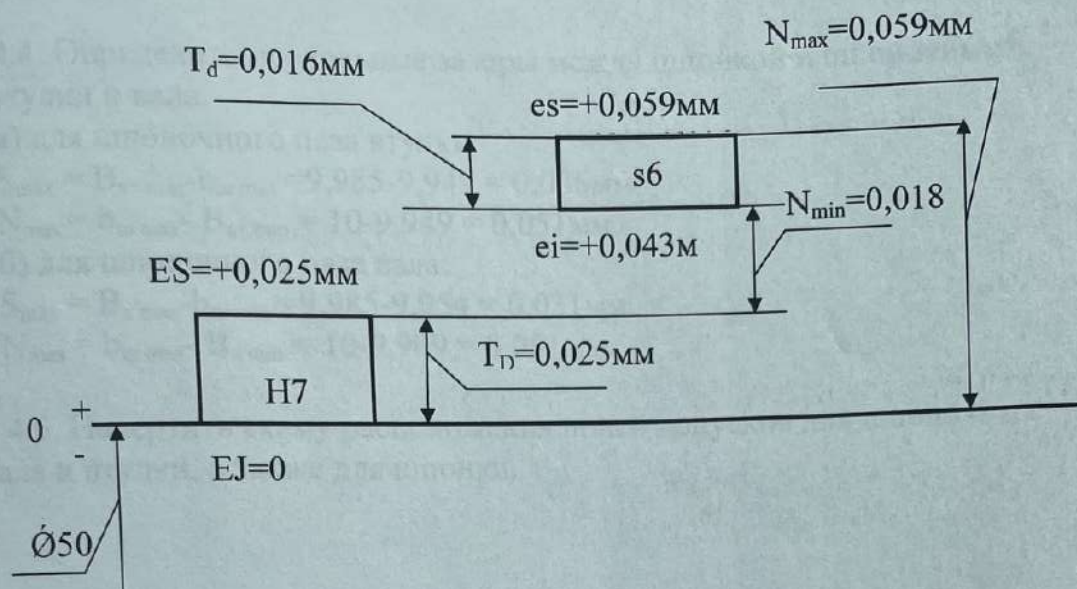


Рисунок 4.1- Схема расположения полей допусков для отверстия и вала.

4.3.5. Выбрать посадку для соединения шпонки и паза вала.
10P9/h9.

4.3.6. Определить значения допусков, предельные отклонения и предельные размеры для шпонки.

$$b = 10h9.$$

$$T_{d_{ш}} = 36 \text{ мкм.}$$

$$es = 0.$$

$$ei = es - T_{d_{ш}} = 0 - 36 = -36 \text{ мкм.}$$

$$b_{\max} = b + es = 10 + 0 = 10 \text{ мм.}$$

$$b_{\min} = b + ei = 10 + (-0.036) = 9.964 \text{ мм.}$$

4.3.7. Определить значения допусков, предельные отклонения и предельные размеры для ширины паза вала.

$$B_B = 10P9.$$

$$T_{D_B} = 36 \text{ мкм.}$$

$$ES = -15 \text{ мкм.}$$

$$EJ = -51 \text{ мкм.}$$

$$B_{B \min} = B_B + EJ = 10 + (-0.051) = 9.949 \text{ мм.}$$

$$B_{B \max} = B_B + ES = 10 - 0.015 = 9.985 \text{ мм.}$$

4.3.8. Выбрать посадку для соединения шпонка – шпоночный паз втулки.
10P9/h9.

4.3.9. Определить значения допусков, предельные отклонения и предельные размеры для ширины шпоночного паза втулки.

$$B_{\text{вт}} = 10\text{P9}.$$

$$T_{D \text{ вт}} = 36\text{мкм}.$$

$$ES = -15\text{мкм}.$$

$$EJ = -51\text{мкм}.$$

$$B_{\text{вт min}} = B_{\text{вт}} + EJ = 10 + (-0,051) = 9,949\text{мм}.$$

$$B_{\text{вт max}} = B_{\text{вт}} + ES = 10 + (0,015) = 9,985\text{мм}.$$

4.4. Определить предельные зазоры между шпонкой и шпоночными пазами втулки и вала.

а) для шпоночного паза втулки:

$$S_{\text{max}} = B_{\text{вт max}} - b_{\text{ш min}} = 9,985 - 9,949 = 0,036\text{мм}.$$

$$N_{\text{max}} = b_{\text{ш max}} - B_{\text{вт min}} = 10 - 9,949 = 0,051\text{мм}.$$

б) для шпоночного паза вала:

$$S_{\text{max}} = B_{\text{в max}} - b_{\text{ш min}} = 9,985 - 9,954 = 0,031\text{мм}.$$

$$N_{\text{max}} = b_{\text{ш max}} - B_{\text{в min}} = 10 - 9,949 = 0,051\text{мм}.$$

4.5. Начертить схему расположения полей допусков для шпоночных пазов вала и втулки, а также для шпонки.

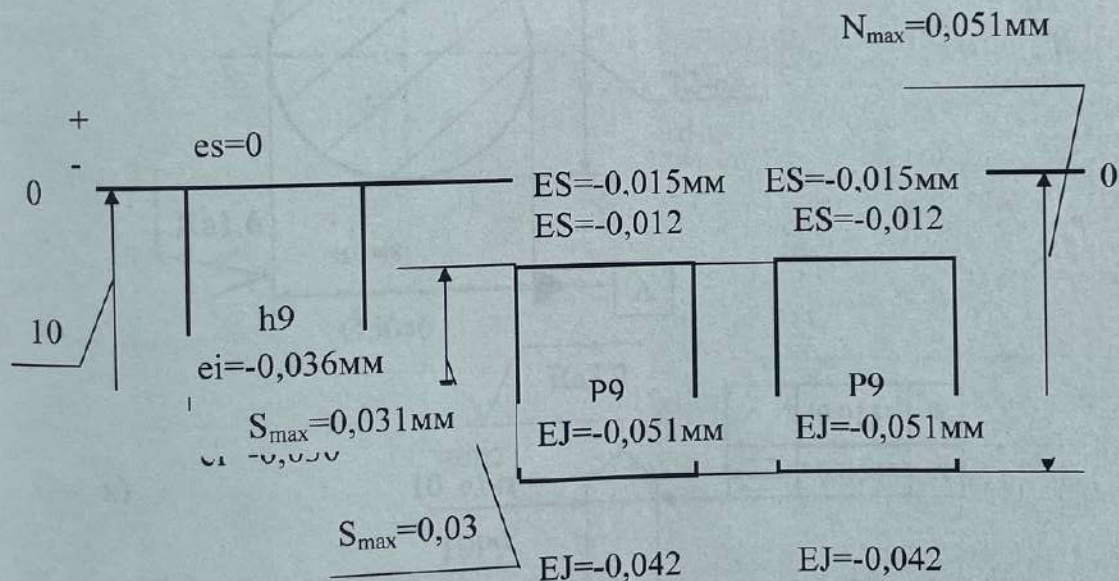
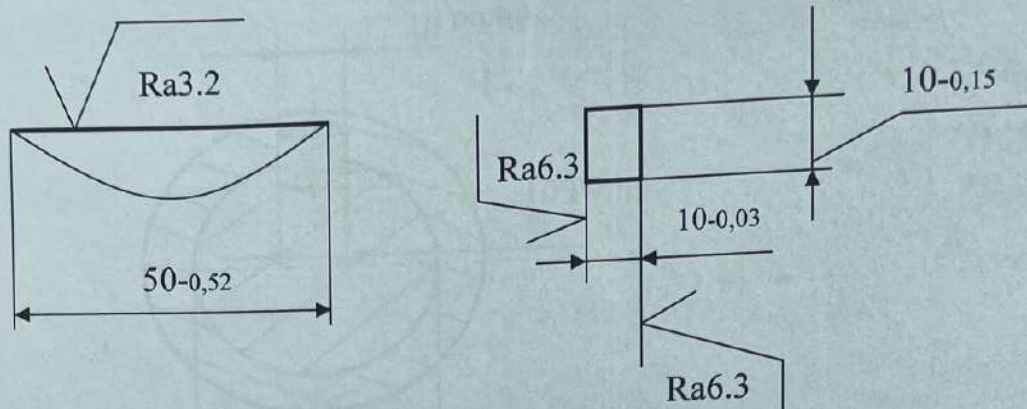


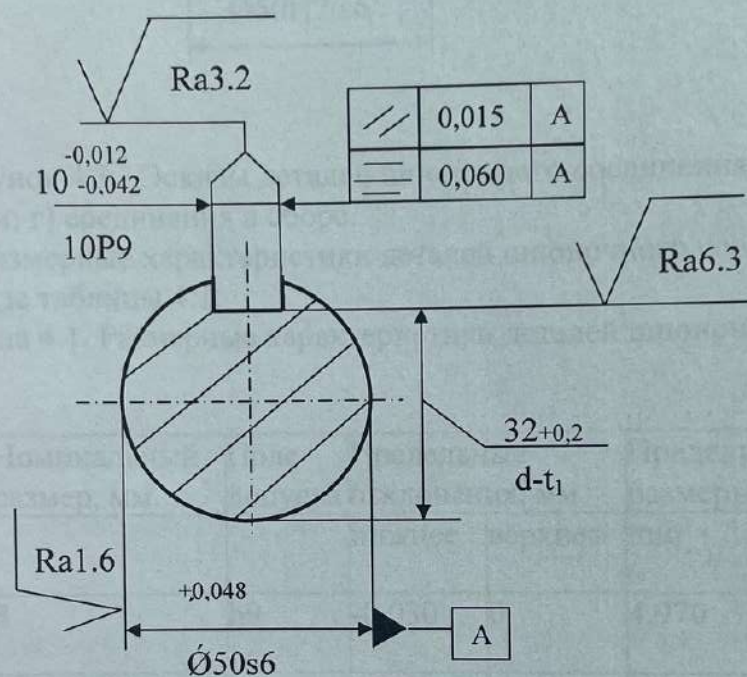
Рисунок 4.2- Схема расположения полей допусков для шпоночного соединения.

4.6. Начертить эскизы деталей шпоночного соединения, а также соединения в сборе.

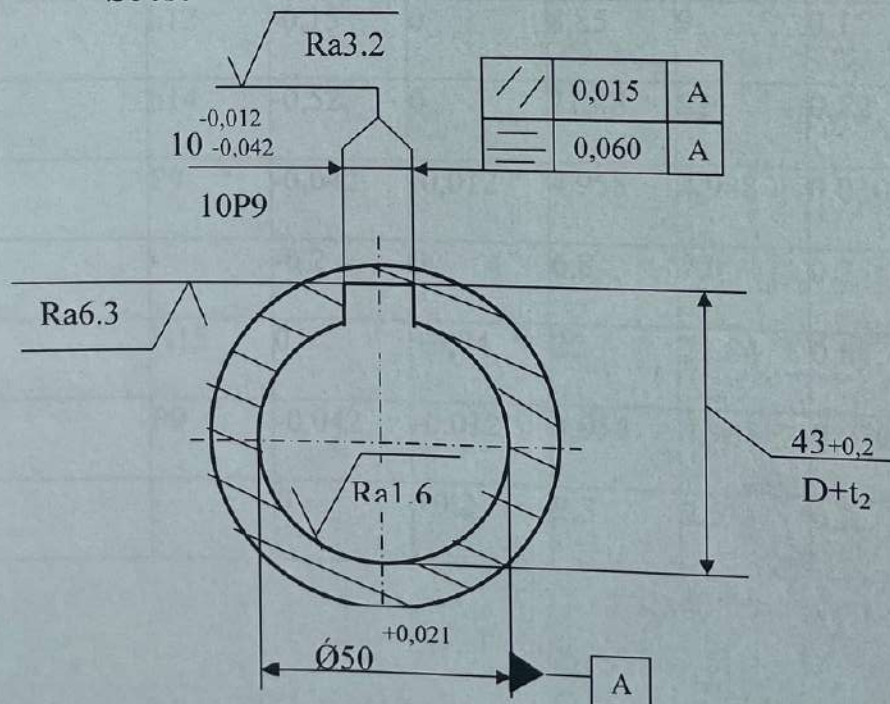
a)



б)



в)



г)

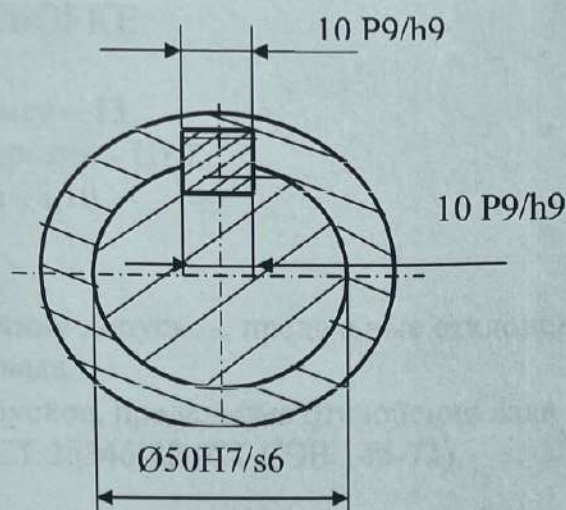


Рисунок 4.3 - Эскизы деталей шпоночного соединения: а) шпонки; б) вала; в) втулки; г) соединения в сборе.

4.7. Размерные характеристики деталей шпоночного соединения привести в виде таблицы 4.1.

Таблица 4.1. Размерные характеристики деталей шпоночного соединения.

Наименование размера	Номинальный размер, мм.	Поле допуска	Предельные отклонения, мм.		Предельные размеры, мм		Допуск размера,
			нижнее	верхнее	min	max	
Ширина шпонки	8	h9	-0,030	0	4,970	5	0,030
Высота шпонки	10	h12	-0,15	0	8,85	9	0,15
Длина шпонки	22	h14	-0,52	0	21,48	22	0,52
Ширина паза вала	5	P9	-0,042	-0,012	4,958	4,988	0,030
Глубина паза вала	7,0	-	-0,2	0	6,8	7,0	0,2
Длина паза вала	22	H15	0	+0,84	22	22,84	0,84
Ширина паза втулки	5	P9	-0,042	-0,012	4,958	4,988	0,030
Глубина паза втулки	2,3	-	0	+0,2	2,3	2,5	0,2

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СОЕДИНЕНИЙ ПОДВЕРГАЕМОЙ СЕЛЕКТИВНОЙ СБОРКЕ.

6.1 Номинальный размер – 13

Поле допуска отверстия – H10

вала – i_s10

Число групп – 2

6.2 Определить величину допусков, предельные отклонения и предельные размеры отверстия и вала.

Величина допусков, предельные отклонения вала и отверстия определяются по ГОСТ 25346-82 (СТ СЭВ 145-73).

$$T_D = 70 \text{ мкм.}$$

$$T_d = 70 \text{ мкм.}$$

$$EJ = 0 \text{ мкм.}$$

$$ES = 0 + 70 = 70 \text{ мкм.}$$

$$es = -32 \text{ мкм.}$$

$$ei = -32 - 70 = -102 \text{ мкм.}$$

$$D_{\max} = D + ES = 13 + 0,070 = 13,070 \text{ мм.}$$

$$D_{\min} = 13 + 0 = 13,000 \text{ мм.}$$

$$d_{\min} = 13 + (-0,102) = 12,968 \text{ мм.}$$

$$d_{\max} = 13 + (-0,032) = 12,898 \text{ мм.}$$

6.3 Определить величины предельных зазоров (натягов), допуск посадки, вид посадки.

Предельные зазоры, натяги и допуск посадки определяются по формулам, приведенным в [1] стр. 80.

Вид посадки устанавливается по характеру соединения.

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 13 - 12,898 = 0,172 \text{ мм.}$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 13,000 - 12,968 = -0,032 \text{ мм.}$$

6.4 Определить групповые допуски вала и отверстия.

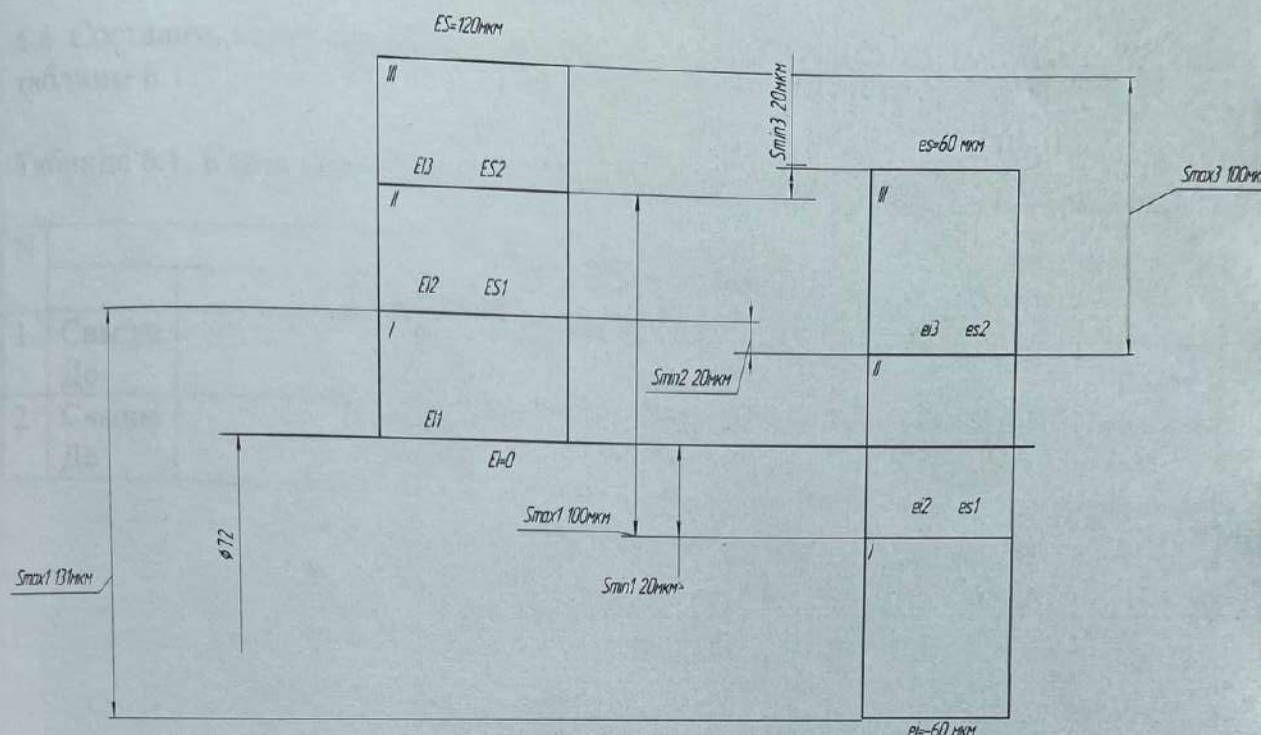
$$T'_D = T_D / n$$

$$T'_d = T_d / n$$

$$T'_D = 70 / 2 = 35 \text{ мкм.}$$

$$T'_d = 70 / 2 = 35 \text{ мкм.}$$

6.5 Начертить схему полей допусков соединения.



$$EI_1 = EI = 0 \text{ мкм.}$$

$$ES_1 = EI_1 + T_D = 0 + 35 = 35 \text{ мкм.}$$

$$EI_2 = ES_1 = 35 \text{ мкм.}$$

$$ES_2 = EI_2 + T_D = 35 + 35 = 70 \text{ мкм.}$$

$$ei_1 = ei = -102 \text{ мкм.}$$

$$es_1 = ei_1 + T_d = -102 + 35 = -67 \text{ мкм.}$$

$$ei_2 = es_1 = -67 \text{ мкм.}$$

$$es_2 = ei_2 + T_d = -67 + 35 = -32 \text{ мкм.}$$

$$D_{\max 1} = D + ES_1 = 13 + 0,035 = 13,035 \text{ мм.}$$

$$D_{\min 1} = D + EI_1 = 13 + 0 = 13 \text{ мм.}$$

$$D_{\max 2} = D + ES_2 = 13 + 0,070 = 13,070 \text{ мм.}$$

$$D_{\min 2} = D + EI_2 = 13 + 0,035 = 13,035 \text{ мм.}$$

$$d_{\max 1} = d + es_1 = 13 + (-0,067) = 12,933 \text{ мм.}$$

$$d_{\min 1} = d + ei_1 = 13 + (-0,102) = 12,898 \text{ мм.}$$

$$d_{\max 2} = d + es_2 = 13 + (-0,032) = 12,968 \text{ мм.}$$

$$d_{\min 2} = d + ei_2 = 13 + (-0,067) = 12,933 \text{ мм.}$$

$$S_{\max 1} = D_{\max 1} - d_{\min 1} = ES_1 - ei_1 = 0,035 - (-0,102) = 0,137 \text{ мкм.}$$

$$S_{\min 1} = D_{\min 1} - d_{\max 1} = E_{J1} - es_1 = 0 - (-0,067) = 0,067 \text{ мкм.}$$

$$S_{\max 2} = D_{\max 2} - d_{\min 2} = ES_2 - ei_2 = 0,070 - (-0,067) = 0,137 \text{ мкм.}$$

$$S_{\min 2} = D_{\min 2} - d_{\max 2} = EJ_2 - es_2 = 0,035 - (-0,032) = 0,067 \text{ мкм.}$$

6.6 Составить карту сортировщика. Карта сортировщика составляется в виде таблицы 6.1.

Таблица 6.1. Карта сортировщика для селективной сборки деталей соединений.

N	Предельные размеры		
		Отверстие	вал
1	Свыше	13	13,102
	До	13,035	12,933
2	Свыше	13,035	12,933
	До	13,070	12,968

БОР ПОСАДОК И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ ПРЯМОБОЧНЫХ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ.

5.1. Исходные данные:

Обозначение шлицевого соединения: D-10*102*108H7/h6*16D9/f7

5.2. Установить способ центрирования и расшифровать условное обозначение шлицевого соединения:

D-10*102*108H7/h6*16D9/f7

D – центрирование по наружному диаметру;

10 – число шлиц;

d = 102 – внутренний диаметр;

H7/h6 — посадка по наружному диаметру;

D = 108 – наружный диаметр;

b = 16 – ширина шлица;

D9/f7 – посадка по ширине шлица.

5.4. Определить значения допусков, предельные отклонения, а также предельные зазоры для внутреннего диаметра Ø102H12/d11.

$$T_D = 350 \text{ мкм.}$$

$$T_d = 220 \text{ мкм.}$$

$$EJ = 0.$$

$$ES = EJ + T_D = 350 \text{ мкм.}$$

$$d_{\text{вт max}} = d + ES = 102 + 0,350 = 102,350 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{вт min}} = d + EJ = 102 + 0 = 102,000 \text{ мм.}$$

$$es = -120 \text{ мкм}$$

$$ei = es - T_d = -120 - 220 = -340 \text{ мкм.}$$

$$d_{\text{в max}} = d + es = 102 + (-0,120) = 101,880 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{в min}} = d + ei = 102 + (-0,340) = 101,660 \text{ мм.}$$

$$S_{\text{max}} = 350 + 340 = 0,690 \text{ мм.}$$

$$S_{\text{min}} = 0 + 120 = 0,120 \text{ мм.}$$

5.5. Определить значения допусков, предельные отклонения, а также предельные зазоры для наружного диаметра Ø108H7/h6.

$$T_D = 35 \text{ мкм.}$$

$$T_d = 22 \text{ мкм.}$$

$$EJ = 0.$$

$$ES = EJ + T_D = 35 \text{ мкм.}$$

$$D_{\text{вт max}} = D + ES = 108 + 0,035 = 108,035 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{вт min}} = D + EJ = 108 + 0 = 108 \text{ мм.}$$

$$es = 0 \text{ мкм.}$$

$$ei = es - T_d = 0 - 22 = -22 \text{ мкм.}$$

$$D_{\text{в max}} = D + es = 108 + 0 = 108 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{в min}} = D + ei = 108 + (-0,022) = 107,978 \text{ мм.}$$

$$S_{\text{max}} = ES - ei = 0,035 - (-0,022) = 0,057 \text{ мм}$$

$$S_{\text{min}} = EJ - es = 0 - 0 = 0 \text{ мм}$$

5.6. Определить значения допусков, предельные отклонения и предельные размеры, а также предельные зазоры для боковых поверхностей шлицевого соединения 16D9/f7.

$$b = 16 \text{ мм.}$$

$$T_D = 43 \text{ мкм.}$$

$$T_d = 18 \text{ мкм.}$$

$$EJ = +50 \text{ мкм.}$$

$$ES = EJ + T_D = +50 + 43 = 93 \text{ мкм.}$$

$$b_{\text{вт max}} = b + ES = 16 + 0,093 = 16,093 \text{ мм.}$$

$$b_{\text{вт min}} = b + EJ = 16 + 0,050 = 16,050 \text{ мм.}$$

$$es = -16 \text{ мкм.}$$

$$ei = es - T_d = -16 - 18 = -34 \text{ мкм.}$$

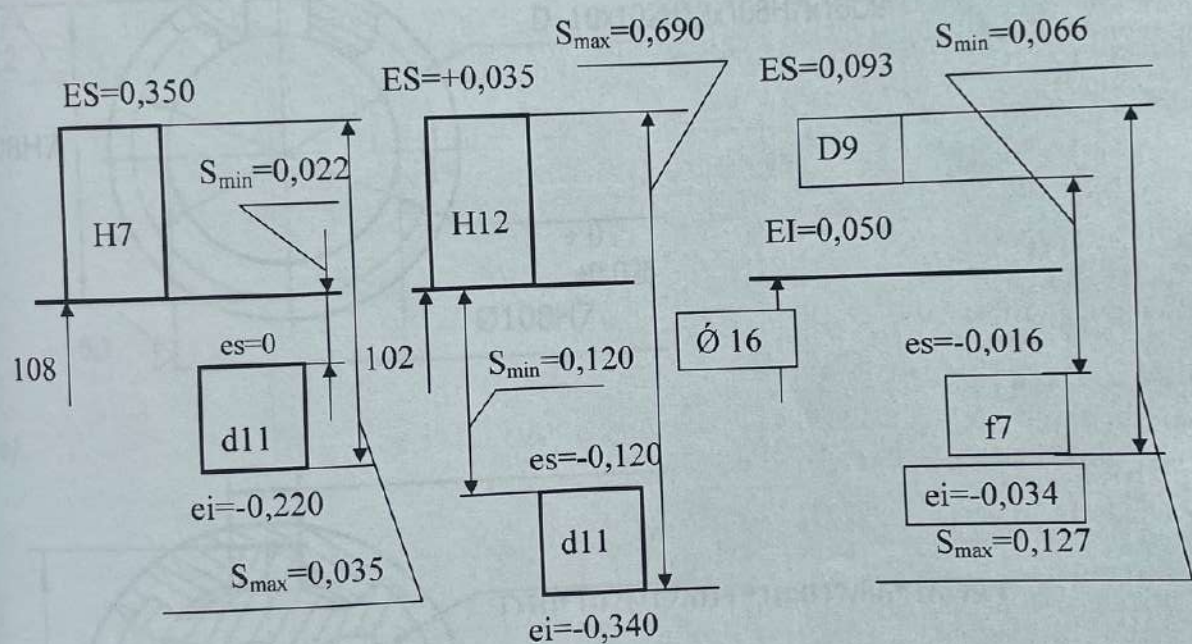
$$b_{\text{в max}} = b + es = 16 + (-0,016) = 15,984 \text{ мм.}$$

$$b_{\text{в min}} = b + ei = 16 + (-0,034) = 15,966 \text{ мм.}$$

$$S_{\text{max}} = ES - ei = 0,093 - (-0,034) = 0,127 \text{ мм.}$$

$$S_{\text{min}} = EJ - es = 0,050 - (-0,016) = 0,066 \text{ мм.}$$

5.7. Начертить схему расположения полей допусков для отверстия и вала всех параметров шлицевого соединения.

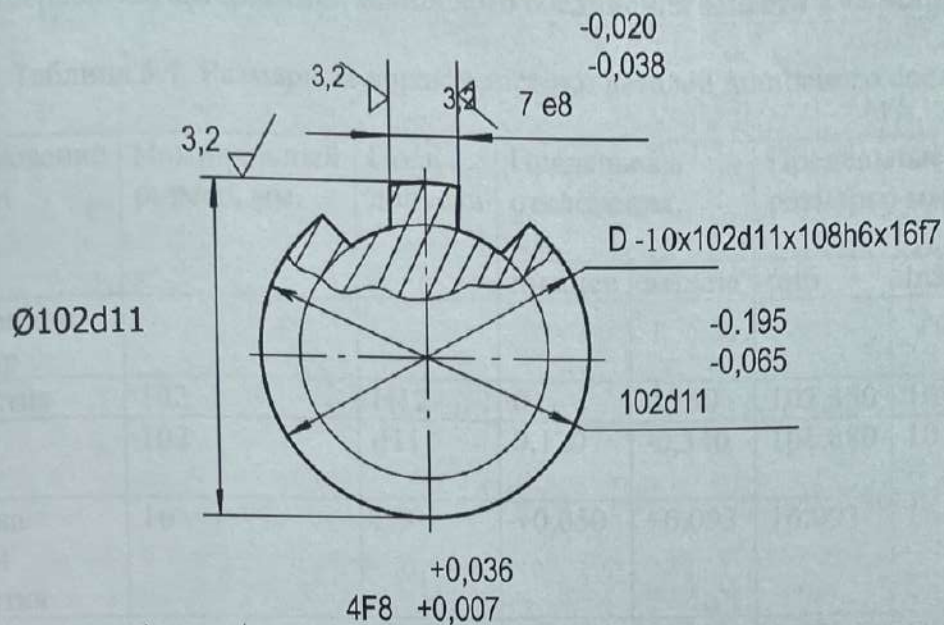


Все значения в миллиметрах.

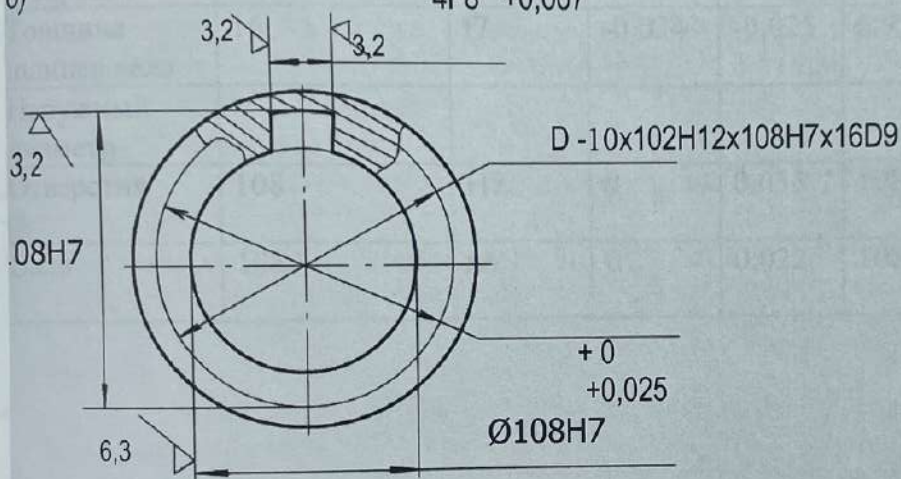
Рисунок 5.1 - Схема расположения полей допусков для шлицевого соединения.

5.8. Начертить эскизы вала, втулки и шлицевого соединения в сборе.

а)



б)



в)

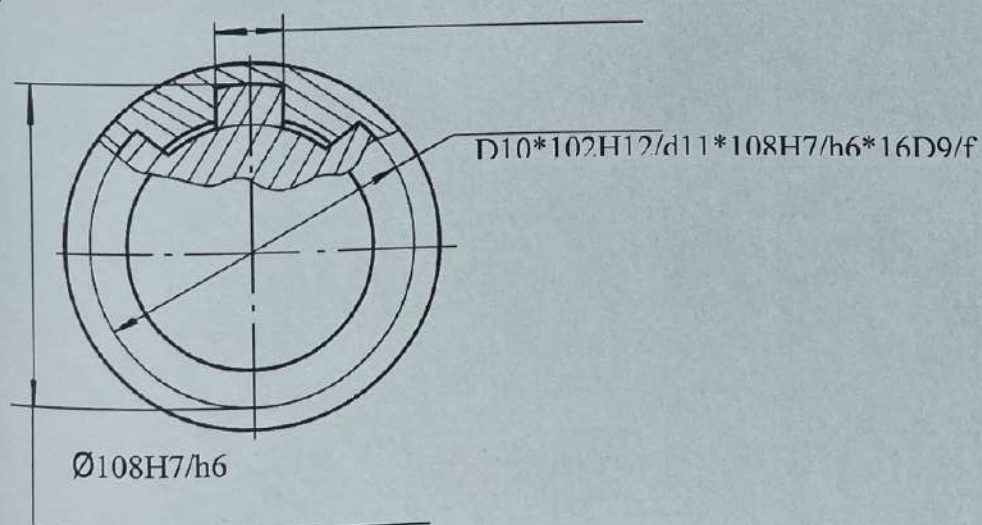


Рисунок. 5.2 - Эскизы деталей шлицевого соединения: а) вала; б) втулки; в) соединение в сборе.

5.9. Размерные характеристики шлицевого соединения занести в таблицу 5.1.

Таблица 5.1. Размерные характеристики деталей шлицевого соединения

Наименование размера	Номинальный размер, мм.	Поле допуска	Предельные отклонения, мм.		Предельные размеры, мм		Допу ск разме ра,
			нижнее	верхне	min	max	
Внутренний диаметр							
Отверстия	102	H12	0	0,350	102,350	102,0	0,350
Вала	102	d11	0,120	-0,340	101,880	101,66	0,220
Ширина впадин отверстия	16	D9	+0,050	+0,093	16,093	16,050	0,043
Толщина шлицев вала	16	f7	-0,034	-0,025	6,953	6,975	0,022
Наружный диаметр							
Отверстия	108	H7	0	0,035	108,000	108,03 5	0,035
Вала	108	h6	0	0,022	108	107,97 8	0,978

ЛИТЕРАТУРА

1. Серый И.С. Взаимозаменяемость стандартизация и технические измерения. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987, - 367 с.
2. Иванов А.И. и др. Контрольно-измерительные приборы в сельском хозяйстве: Справочник / А.И.Иванов, А.А.Куликов, В.С. Третьяков. - М.: Колос, 1984, -352 с.
3. Справочник контролера машиностроительного завода. Допуски, посадки, линейные измерения / А.Н.Виноградов, Ю.А.Воробьев, Л.Н.Воронув и др. Под ред. А.И.Якушева. - 3-Е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980, -527 с.
4. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя – М.: Машиностроение, 1980. т.2, - 559 с.
5. Палей М.А., Романов А.Б., Брагинский В.А. Допуски и посадки: Справочник: В 2ч ч.1. - Л.: Политехника, 1991, -576 с.
6. Палей М.А., Романов А.Д., Брагинский В.А. Допуски и посадки: Справочник: В 2 Ч. ч.2. – Л.: Политехника, 1991, -607 с.
7. Перель Л.Я., Филатов А.А. Подшипники качения: Расчет, проектирование и обслуживание опрр: Справочник – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение. 1992, -608 с.
8. Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: 5-е изд., переб. и дополн. – М.: Машиностроение, 1979, - 343 с.
9. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: Справочник в 2 ч, - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство стандартов, 1989. т.1, 203 с.
10. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: Справочник в 2т. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство стандартов, 1989. – Т.2; - 208 с.
11. Белкин И.М. Допуски и посадки (Основные нормы взаимозаменяемости): - М.: Машиностроение, 1992, -520 с.