

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ  
СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
«БОГДАНОВИЧСКИЙ ПОЛИТЕХНИКУМ»

**Методические указания по выполнению практических работ  
ОП.04 Метрология, стандартизация и подтверждение соответствия**

по специальности 15.02.12  
«Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт промышленного  
оборудования (по отраслям)»

Богданович  
2022

Организация-разработчик: ГАПОУ СО «Богдановичский политехникум»

Разработчик:

Галкина О.Г., преподаватель высшей квалификационной категории ГАПОУ СО «Богдановичский политехникум», г. Богданович

Рассмотрена на заседании Методического совета

ГАПОУ СО «Богдановичский политехникум»

протокол № 2 от «18» ноября 2022 г.

Председатель: Е.В. Снежкова

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА   | 4  |
| Практическая работа №1 Нормирование точности посадок<br>гладких цилиндрических соединений | 6  |
| Практическая работа №2 Нормирование точности шпоночных<br>соединений                      | 14 |
| Практическая работа №3 Нормирование точности шлицевых<br>соединений                       | 21 |
| Практическая работа №4 Нормирование точности<br>подшипников качения                       | 26 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А  | 31 |
| БИБЛИОГРАФИЯ  | 38 |

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания являются частью учебно-методического комплекса по специальности «Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного оборудования промышленного оборудования (по отраслям)».

Предназначены для изучения общепрофессиональной дисциплины ОП. 04 «Метрология, стандартизация и сертификация» студентами образовательных учреждений среднего профессионального образования, осваивающих программу подготовки специалистов среднего звена.

Цель методических указаний – оказать обучающимся помощь в освоении дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» посредством выполнения ими практических заданий.

Условия для выполнения практических работ приближены к производственным задачам, решаемым техником в условиях реального производства.

Методические указания содержат четыре индивидуальных практических задания. Вариант определяется преподавателем. В приложении приведены примеры решения задач.

## Практическая работа №1

### Нормирование точности посадок в гладких цилиндрических соединениях

#### Цель работы:

- Ознакомиться с видами посадок в соединении двух деталей;
- Ознакомиться с принятыми обозначениями посадок на сборочных чертежах;
- Ознакомиться с методикой расчета посадки в соединении по предельным размерам;
- Ознакомиться с методикой расчета посадки в соединении по предельным отклонениям размеров сопрягаемых деталей;
- Приобрести навыки в работе с таблицами допусков в системе отверстия;
- Приобрести навыки по расчету посадок, используя варианты индивидуальных заданий на практическую работу;
- Освоить методику графического изображения допусков и посадок.

#### Содержание отчета по работе:

- Эскиз фрагмента сборочного чертежа с обозначением посадки в соединении;
- Эскиз вала и втулки с обозначением размеров;
- Схемы расположения полей допусков сопрягаемых деталей согласно индивидуальному заданию на практическую работу;
- Результаты расчета посадок в соединении с графическим изображением результатов расчета;
- Выводы по работе.

#### Этапы выполнения работы:

1. Ознакомиться с содержанием методических указаний к выполнению практической работы и получить индивидуальное задание для выполнения работы (таблица 1.1).
2. Рассчитать возможные посадки в соединениях деталей.
3. Изобразить результаты расчета графически.
4. Составить выводы по работе и оформить отчет.
5. Подготовиться к защите и защитить практическую работу.

Таблица 1.1- Варианты индивидуальных заданий

| Вариант | 1 задача  | 2 задача  | 3 задача   |
|---------|-----------|-----------|------------|
| 1       | Ø40 H7/g6 | Ø 75K7/h6 | Ø 100H8/u8 |
| 2       | Ø40H7/h6  | Ø100H7/f7 | Ø125H7/r6  |
| 3       | Ø15H7/p6  | Ø50G7/h6  | Ø90h7/k6   |
| 4       | Ø110E9/h8 | Ø30K7/h6  | Ø90H7/r6   |
| 5       | Ø10h8/h8  | Ø40G7/h6  | Ø75H8/e8   |

|    |                         |                        |                         |
|----|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| 6  | Ø125D11/h11             | Ø25H6/g6               | Ø50H7/k6                |
| 7  | Ø80H7/h6                | Ø100H8/s7              | Ø35H8/h8                |
| 8  | Ø18G7/h6                | Ø90H8/u8               | Ø10H7/j <sub>s</sub> 6  |
| 9  | Ø30H8/f9                | Ø40H11/d11             | Ø60K7/h6                |
| 10 | Ø200H7/j <sub>s</sub> 7 | Ø60H8/e8               | Ø120H6/g5               |
| 11 | Ø150H7/p6               | Ø100H8/s7              | Ø80H8/h8                |
| 12 | Ø60H8/e8                | Ø90K7/h6               | Ø50H7/j <sub>s</sub> 6  |
| 13 | Ø80G7/h6                | Ø65H7/f7               | Ø90H11/d11              |
| 14 | Ø20H7/z6                | Ø40J <sub>s</sub> 7/h6 | Ø200H6/g5               |
| 15 | Ø80H7/k6                | Ø180H7/f7              | Ø30G7/h6                |
| 16 | Ø60H7/r6                | Ø50H7/h6               | Ø100D11/h11             |
| 17 | Ø30E8/h8                | Ø80H8/h7               | Ø60H7/k6                |
| 18 | Ø40G7/h6                | Ø100H8/f8              | Ø18H7/h6                |
| 19 | Ø120H7/r6               | Ø100H8/h8              | Ø35G7/h6                |
| 20 | Ø25H7/k6                | Ø50H7/p6               | Ø90G7/h6                |
| 21 | Ø70H11/d11              | Ø50H8/s7               | Ø200K7/h6               |
| 22 | Ø90J <sub>s</sub> 7/h6  | Ø20H7/g6               | Ø100H7/r6               |
| 23 | Ø120H7/j <sub>s</sub> 7 | Ø30H8/e8               | Ø120H7/p6               |
| 24 | Ø40D11/h11              | Ø50H7/f7               | Ø100G7/h7               |
| 25 | Ø70H7/j <sub>s</sub> 6  | Ø80K7/h6               | Ø30H7/h7                |
| 26 | Ø95K7/h6                | Ø200D11/h11            | Ø110E9/h8               |
| 27 | Ø25H8/u8                | Ø130G7/h7              | Ø150H8/e8               |
| 28 | Ø50H7/h7                | Ø100H7/r6              | Ø120J <sub>s</sub> 7/h7 |
| 29 | Ø60D10/h9               | Ø60K7/h6               | Ø100H7/m6               |
| 30 | Ø90H7/r6                | Ø40D8/h7               | Ø120H7/n6               |

### Методические указания к выполнению практической работы

Основной геометрической характеристикой соединения двух цилиндрических деталей является номинальный диаметр соединения  $d$ , величина которого определяется расчетами на прочность или другими конструктивными соображениями. Номинальный размер является общим для вала и отверстия, для вала он обозначается  $d$ , для отверстия -  $D$ . Предельные размеры отверстия определяются по формулам:

$$D_{\max} = D + ES; \quad D_{\min} = D + EI,$$

где  $D_{\max}$ ,  $D_{\min}$  - наибольший и наименьший размеры отверстия;

$D$  - номинальный размер соединения;

$ES$ ,  $EI$  - верхнее и нижнее отклонения отверстия.

Допуск отверстия находится по одной из формул:

$$TD = D_{\max} - D_{\min} \quad \text{или} \quad TD = ES - EI,$$

где TD - допуск отверстия.

Предельные размеры вала определяются по следующим выражениям:

$$d_{\max} = d + es;$$

$$d_{\min} = d + ei,$$

где  $d_{\max}$ ,  $d_{\min}$  - наибольший и наименьший предельные размеры вала;

$d$  - номинальный размер вала;

$es$ ,  $ei$  - верхнее и нижнее отклонения вала.

Допуск вала находится по одной из формул:

$$Td = d_{\max} - d_{\min} \quad \text{или} \quad Td = es - ei,$$

где Td - допуск вала.

В зависимости от сочетания фактических значений размеров отверстия и вала в соединении может иметь место либо зазор (S), когда размер отверстия больше размера вала, либо натяг (N), когда размер вала больше размера отверстия.

Предельные значения зазоров и натягов определяются по следующим уравнениям:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei,$$

где  $S_{\max}$  - наибольший предельный зазор.

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es,$$

где  $S_{\min}$  - наименьший предельный зазор.

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI,$$

где  $N_{\max}$  - наибольший предельный натяг.

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES,$$

где  $N_{\min}$  - наименьший предельный натяг.

Перед определением конкретного предельного зазора или натяга надо оценить величину сравниваемых в этом случае размеров отверстия и вала, чтобы заранее уяснить, что в этом случае получится: зазор или натяг.

Так удобнее поступать в связи с тем, что сразу устанавливается тип посадки. Если в сопряжении имеют место только зазоры, то посадка с зазором; если только натяги - посадка с натягом.

Если же в сопряжении при различных сочетаниях действительных размеров отверстий и валов будут иметь место и зазоры и натяги, то такая посадка - переходная. При переходной посадке поля допусков отверстия и вала частично или полностью перекрываются.

Допуски посадок с зазором (TS), с натягом (TN) и переходной [T(S,N)] определяются соответственно по формулам:

$$TS = S_{\max} - S_{\min};$$

$$TN = N_{\max} - N_{\min};$$

$$T(N, S) = S_{\max} + N_{\max}.$$

В качестве проверки для всех типов посадок допуск посадки можно определить как

$$TS ( TN ) = TD + Td.$$

Система посадки определяется следующим образом.

Если для отверстия  $EI = 0$  (основное отклонение H), то посадка выполнена в системе отверстия; если для вала  $es = 0$  (основное отклонение h), то - в системе вала. В том случае, если эти условия не соблюдаются, посадка является внесистемной или комбинированной.

Квалитеты точности отверстия и вала определяются по числу единиц допуска (  $a$  ):

$$a_D = TD / i ,$$

$$a_d = Td / i$$

где  $i$  - единица допуска.

Значения  $i$  для различных интервалов номинальных размеров находятся по формуле

$$i = 0.45 \sqrt[3]{D_c} + 0.001 D_c,$$

где  $D_c$  - среднее геометрическое граничных значений интервала номинальных размеров.

Эти значения приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Значения единицы допуска, мкм

|   |              |        |         |          |          |          |          |           |            |            |            |            |            |
|---|--------------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Интервал<br>номинальных<br>размеров, мм | св.1<br>до 3 | 3<br>6 | 6<br>10 | 10<br>18 | 18<br>30 | 30<br>50 | 50<br>80 | 80<br>120 | 120<br>180 | 180<br>250 | 250<br>315 | 315<br>400 | 400<br>500 |
| Единица<br>допуска, $i$                 | 0,55         | 0,73   | 0,90    | 1,08     | 1,31     | 1,56     | 1,86     | 2,17      | 2,52       | 2,90       | 3,23       | 3,54       | 3,89       |

По найденным с использованием формул и значениям,  $a$  по таблице 1.3 определяются квалитеты точности.

Таблица 1.3 - Зависимость числа единиц допуска от номера квалитета точности

|                                 |   |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |      |      |
|---------------------------------|---|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Номер<br>квалитета              | 5 | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16   | 17   |
| Число<br>единиц<br>допуска, $a$ | 7 | 10 | 16 | 25 | 40 | 64 | 100 | 160 | 250 | 400 | 640 | 1000 | 1600 |

Правильность выбора номера квалитета точности можно проверить и по таблицам ГОСТ 25346 – 89.

В ЕСДП каждое поле допуска детали имеет определенное (постоянное) положение относительно нулевой линии, это положение определяется основным отклонением детали. Основное отклонение - это отклонение, ближе к

номинальной линии. Если поля допусков расположены выше номинальной линии, основные отклонения - нижние, а если поля допусков расположены ниже номинальной линии, то - верхние.

Основные отклонения обозначаются буквами латинского алфавита. Для отверстий - прописные: A, B, C, D, E, F, G, H ..... и т.д.,

для валов - строчные: a, b, c, d, e, f, g, h ..... и т.д.

Основные отклонения вала и отверстия, обозначенные одноименной буквой, равны по величине, но противоположны по направлению (по знаку, для данного интервала размеров). Анализируя расположение полей, сделан вывод, что отклонения валов и отверстий от «a» до «h» и от A до H предназначены для образования посадок подвижных, от js, Js до n, N - переходных, от p, P и далее - для неподвижных.

Для определения точности детали введены качества точности: 01, 1,2, 3, 4,5,6, 7, 8,9, 10, ....17.

В соединяемых деталях номинальные размеры деталей равны, а предельные размеры и предельные отклонения деталей разные.

Следовательно, действительные размеры деталей разные и создают действительный характер соединения.

При выборе посадки рассчитывают предельные значения зазоров или натягов, что удобно для анализа посадок при проектировании.

Посадки всех трех групп можно получить, изменяя положение полей допусков обеих соединяемых деталей (а это свыше 500 отверстий и столько же валов). Поэтому для практического пользования системой допусков и посадок введено понятие основной детали, которая характеризует систему соединения и ограничивает совокупность полей допусков соединяемых деталей.

Основной деталью является деталь, номинальная линия которой проходит через начало поля допуска (по основному отклонению отверстия и вала). Следовательно, у основного отверстия нижнее отклонение равно нулю ( $EI = 0$ ), у основного вала - верхнее ( $es = 0$ ), они являются основными и обозначаются H, h - по расположению полей допусков ЕСДП.

При изучении соединений деталей (посадок) необходимо усвоить, что в соединении одна из деталей принимается основной. В зависимости от того, какая из двух деталей является основной, определяется система соединения деталей. Если основной деталью является отверстие - система отверстия, если вал - система вала. Обозначения:

$\varnothing 80H7$  - основное отверстие, отверстие в системе отверстия,

$\varnothing 90h7$  - основной вал, вал в системе вала.

Таким образом, сочетанием основного отклонения (характеристика расположения) и качества (характеристика допуска) образуются поля допусков отверстия и вала, например, H7 и g6. Правильность определения полей допусков можно проверить по таблицам ГОСТ 25347 - 82.

Пример выполнения схемы расположения полей допусков, эскиза соединения с указанием посадочного размера и эскизов отдельных деталей с указанием полей допусков и предельных отклонений приведены в приложении.

## **Практическая работа №2**

### **Нормирование точности шпоночных соединений**

#### **Цель работы:**

- Ознакомиться с конструкцией сборочного соединения с призматической шпонкой;
- Ознакомиться с видами посадок в шпоночном соединении;
- Ознакомиться с обозначениями посадок на сборочном чертеже;
- Ознакомиться с методикой расчета посадок в шпоночном соединении, используя предельные отклонения;
- Приобрести навыки в работе с таблицами допусков в системе вала;
- Приобрести навыки в проведении расчетов посадок;
- Освоить методику графического изображения допусков и посадок.

#### **Содержание отчета по работе:**

- Эскиз фрагмента сборочного чертежа со шпоночным соединением;
- Схема расположения полей допусков сопрягаемых деталей для нормального шпоночного соединения;
- Результаты расчета посадок в соединении сопрягаемых деталей, используя предельные отклонения;
- Эскизы вала и зубчатого колеса и указание размеров, допусков формы и расположения поверхностей, шероховатости поверхности.

#### **Этапы выполнения работы:**

1. Ознакомиться с содержанием методических указаний к выполнению практической работы и получить индивидуальное задание для выполнения работы (таблица 2.1).
2. Рассчитать посадки в соединениях деталей шпоночного соединения, используя предельные отклонения.
3. Изобразить графически расположение полей допусков и результаты расчета.
4. Составить выводы по работе и оформить отчет.
5. Подготовиться к защите и защитить практическую работу.

| Номер варианта | Задача 1         | Задача 2         |
|----------------|------------------|------------------|
|                | Диаметр вала, мм | Диаметр вала, мм |
| 1              | Ø 28             | Ø280             |
| 2              | Ø38              | Ø400             |
| 3              | Ø52              | Ø120             |
| 4              | Ø40              | Ø440             |
| 5              | Ø48              | Ø138             |
| 6              | Ø60              | Ø160             |
| 7              | Ø72              | Ø220             |
| 8              | Ø84              | Ø340             |
| 9              | Ø64              | Ø420             |
| 10             | Ø70              | Ø490             |
| 11             | Ø86              | Ø250             |
| 12             | Ø98              | Ø210             |
| 13             | Ø36              | Ø270             |
| 14             | Ø56              | Ø295             |
| 15             | Ø100             | Ø300             |

|    |      |      |
|----|------|------|
| 16 | Ø92  | Ø350 |
| 17 | Ø35  | Ø240 |
| 18 | Ø90  | Ø370 |
| 19 | Ø140 | Ø430 |
| 20 | Ø45  | Ø180 |
| 21 | Ø36  | Ø290 |
| 22 | Ø68  | Ø350 |
| 23 | Ø80  | Ø480 |
| 24 | Ø55  | Ø115 |
| 25 | Ø87  | Ø105 |
| 26 | Ø260 | Ø175 |
| 27 | Ø310 | Ø500 |
| 28 | Ø126 | Ø205 |
| 29 | Ø154 | Ø348 |
| 30 | Ø105 | Ø385 |

### **Методические указания к выполнению практической работы**

Шпоночные соединения предназначены для соединения с валами, осями различных тел вращения (зубчатых колес, шкивов, маховиков, дисков и т.п.), а также для соединения валов между собой с помощью муфт.

Шпоночные соединения подразделяют на ненапряженные (с призматическими и сегментными шпонками) и напряженные (с клиновыми и

тангенциальными шпонками). Шпоночные соединения применяют в тех случаях, когда к точности центрирования соединяемых деталей не предъявляются особые требования. Наибольшее применение получили призматические и сегментные шпонки.

За номинальный размер шпоночного соединения принимают размер  $b$ , равный ширине шпонки, ширине паза на валу и ширине паза во втулке. Таким образом, имеются две разные посадки: посадка шпонки в паз вала и посадка ее же в паз втулки, что предопределяет применение системы вала.

Предусмотрено три типа соединений: 1) - свободное, для получения посадок с гарантированными зазорами (направляющие шпонки); 2) - нормальное, для получения соединений в условиях серийного и массового производства; 3) - плотное, для получения неподвижных соединений с напрессовкой деталей в условиях единичного и серийного производства, а также для обеспечения надежной работы соединения при реверсивных нагрузках.

В зависимости от типа соединения ГОСТ 23360-78 устанавливает поля допусков, приведенные в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Поля допусков шпонки и шпоночных пазов шпоночных соединений с призматическими шпонками

| Тип соединения | Поля допусков по размеру $b$ |                  |                    |
|----------------|------------------------------|------------------|--------------------|
|                | Ширина шпонки                | Ширина паза вала | Ширина паза втулки |
| Свободное      | h9                           | H9               | D10                |
| Нормальное     | h9                           | N9               | J <sub>s</sub> 9   |
| Плотное        | h9                           | P9               | P9                 |

Для шпоночных соединений с сегментными шпонками ГОСТ 24071 - 80 предусматривает нормальное и плотное типы соединений, поля допусков для них соответствуют таблице 2.2.

Для остальных (непосадочных) размеров шпоночного соединения установлены следующие поля допусков:

- с призматическими шпонками  
высота шпонки ( $h$ ): для  $h = 2 - 6$  мм – h9, при  $h > 6$  мм – h11;  
длина шпонки ( $l_{шп}$ ) – h14; длина паза вала ( $l_v$ ) – H15.
- с сегментными шпонками  
высота шпонки ( $h$ ) – h11; диаметр шпонки ( $d_{шп}$ ) – h12.

Предельные отклонения глубины шпоночных пазов назначаются в соответствии с таблицей 2.3 и таблицей 2.4.

Таблица 2.3 - Предельные отклонения глубины паза на валу  $t_1$  и во втулке  $t_2$  соединения с призматическими шпонками

| Отклонения | Высота шпонки, $h$ , мм |
|------------|-------------------------|
|------------|-------------------------|

|         |           |            |             |
|---------|-----------|------------|-------------|
|         | от 2 до 6 | св.6 до 18 | св.18 до 50 |
| Верхнее | + 0,1     | + 0,2      | + 0,3       |
| Нижнее  | 0         | 0          | 0           |

Таблица 2.4 - Предельные отклонения глубины паза на валу  $t_1$  и во втулке  $t_2$  соединения с сегментными шпонками

| Отклонения | Глубина паза вала $t_1$ , мм |               |        | Глубина паза втулки $t_2$ , мм |       |
|------------|------------------------------|---------------|--------|--------------------------------|-------|
|            | Высота шпонки, $h$ , мм      |               |        | Высота шпонки, $h$ , мм        |       |
|            | от 1,4 до 3,7                | св.3,7 до 7,5 | св.7,5 | от 1,4 до 10                   | св.10 |
| Верхнее    | + 0,1                        | + 0,2         | + 0,3  | + 0,1                          | + 0,2 |
| Нижнее     | 0                            | 0             | 0      | 0                              | 0     |

Пример эскизов шпоночного соединения и его деталей приведен на рисунках 2.1 и 2.2.

Шероховатость поверхностей выбирается в зависимости от номинального размера и точности обработки (калитета).

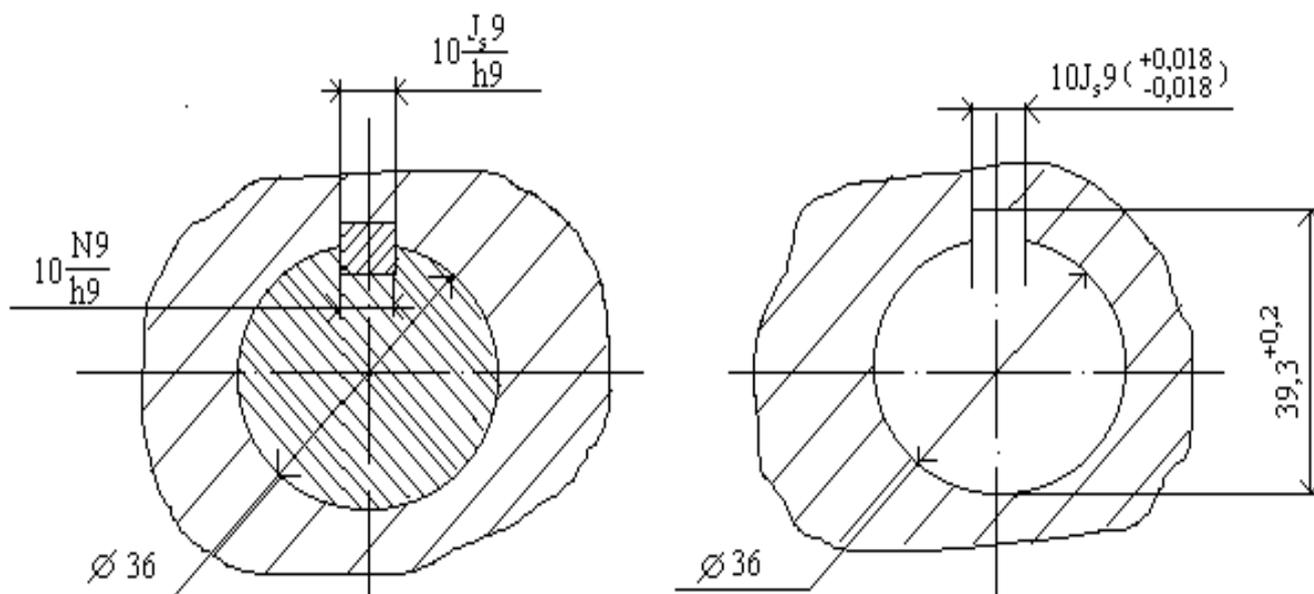


Рисунок 2.1 - Эскизы деталей шпоночного соединения

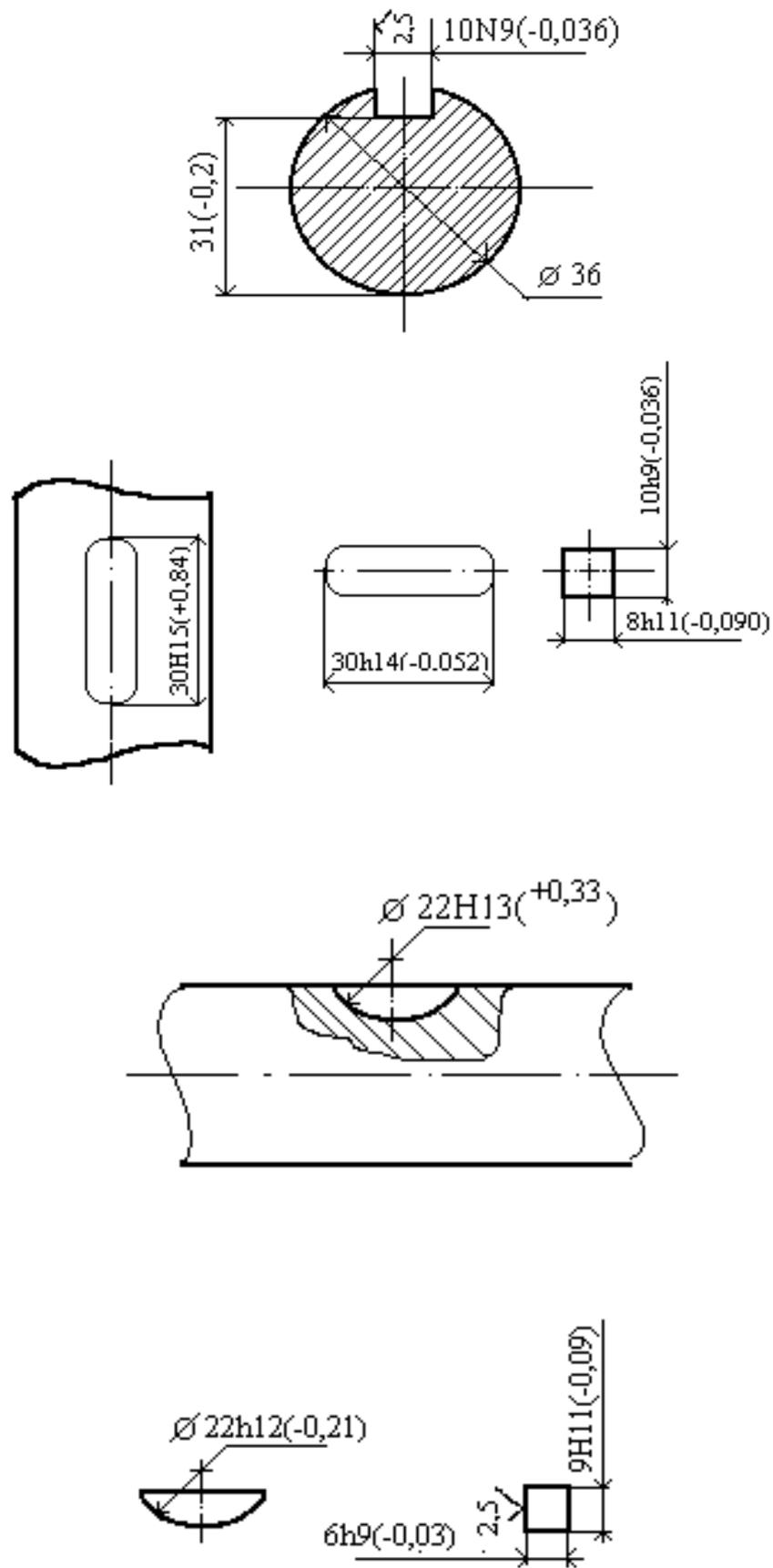


Рисунок 2.2 - Эскизы деталей шпоночного соединения

## Практическая работа №3

### Нормирование точности шлицевых соединений

#### Цель работы:

- Ознакомиться с конструкцией сборочного шлицевого соединения;
- Ознакомиться со способами центрирования шлицевых соединений;
- Ознакомиться с видами посадок в шлицевом соединении;
- Ознакомиться с обозначениями посадок на сборочном чертеже;
- Ознакомиться с методикой расчета посадок в шлицевом соединении, используя предельные отклонения;
- Приобрести навыки в работе с таблицами допусков в системе отверстия и вала;
- Приобрести навыки в проведении расчетов посадок;
- Освоить методику графического изображения допусков и посадок.

#### Содержание отчета по работе:

- Эскиз фрагмента сборочного чертежа со шлицевым соединением;
- Схема расположения полей допусков сопрягаемых деталей для нормального шпоночного соединения;
- Результаты расчета посадок в соединении сопрягаемых деталей, используя предельные отклонения;
- Эскизы шлицевого вала и шлицевой втулки и указание размеров, допусков формы и расположения поверхностей, шероховатости поверхности.

#### Этапы выполнения работы:

1. Ознакомиться с содержанием методических указаний к выполнению практической работы и получить индивидуальное задание для выполнения работы (таблица 3.1).
2. Объяснить условное обозначение шлицевого соединения;
3. Рассчитать посадки в соединениях деталей шлицевого соединения, используя предельные отклонения.
4. Изобразить графически расположение полей допусков и результаты расчета.
5. Составить выводы по работе и оформить отчет.
6. Подготовиться к защите и защитить практическую работу.

Таблица 3.1- Варианты индивидуальных заданий

| Номер варианта | Условное обозначение шлицевого соединения                                      |
|----------------|--|
| 1              | $d-6 \times 26 \frac{H7}{f7} \times 30 \frac{H12}{a11} \times 6 \frac{D9}{h9}$ |

|    |   |
|----|---|
| 2  | $D-10 \times 72 \times 78 \frac{H7}{js6} \times 12 \frac{F8}{f7}$               |
| 3  | $b-8 \times 42 \times 48 \frac{H12}{a11} \times 8 \frac{D9}{e8}$                |
| 4  | $d-10 \times 36 \frac{H7}{g6} \times 45 \frac{H12}{a11} \times 5 \frac{F8}{f8}$ |
| 5  | $D-16 \times 72 \times 82 \frac{H7}{g6} \times 7 \frac{D9}{h9}$                 |
| 6  | $b-10 \times 92 \times 102 \frac{H12}{a11} \times 14 \frac{F8}{js7}$            |
| 7  | $d-6 \times 18 \frac{H7}{f7} \times 22 \frac{H12}{a11} \times 5 \frac{F8}{f7}$  |
| 8  | $D-8 \times 56 \times 65 \frac{H7}{f7} \times 10 \frac{F8}{f7}$                 |
| 9  | $b-6 \times 28 \times 32 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{D9}{e8}$                |
| 10 | $d-10 \times 18 \frac{H7}{g6} \times 23 \frac{H12}{a11} \times 2 \frac{D9}{h9}$ |
| 11 | $D-8 \times 36 \times 42 \frac{H7}{f7} \times 7 \frac{F8}{f7}$                  |
| 12 | $b-16 \times 52 \times 60 \frac{H12}{a11} \times 5 \frac{D9}{f8}$               |
| 13 | $D-8 \times 36 \times 40 \frac{H7}{g6} \times 7 \frac{F8}{f8}$                  |
| 14 | $d-8 \times 56 \frac{H7}{g6} \times 62 \frac{H12}{a11} \times 10 \frac{F8}{f8}$ |

|    |  |
|----|--|
| 15 | $b - 6 \times 11 \times 14 \frac{H12}{a11} \times 3 \frac{F8}{js7}$                |
| 16 | $D - 6 \times 21 \times 25 \frac{H7}{js6} \times 5 \frac{F8}{f7}$                  |
| 17 | $d - 10 \times 72 \frac{H7}{n6} \times 82 \frac{H12}{a11} \times 12 \frac{D9}{k7}$ |
| 18 | $b - 10 \times 28 \times 35 \frac{H12}{a11} \times 4 \frac{D9}{k7}$                |
| 19 | $D - 16 \times 52 \times 60 \frac{H8}{e8} \times 5 \frac{D9}{h9}$                  |
| 20 | $b - 8 \times 46 \times 50 \frac{H12}{a11} \times 9 \frac{D9}{e8}$                 |
| 21 | $d - 10 \times 82 \frac{H7}{g6} \times 88 \frac{H12}{a11} \times 12 \frac{D9}{h9}$ |

### Методические указания к выполнению практической работы

Шлицевые соединения, имея то же назначение, что и шпоночные, обеспечивают передачу больших крутящих моментов, высокую точность центрирования и направления, большее сопротивление усталости.

В зависимости от профиля зубьев шлицевые соединения делятся на прямобочные, эвольвентные и треугольные. Наиболее распространены шлицевые соединения с прямобочным профилем, хотя эвольвентные за счет ряда преимуществ получают все большее распространение.

По передаваемому крутящему моменту установлены три серии шлицевых прямобочных соединений: легкая, средняя и тяжелая.

Шлицевые соединения могут быть подвижными, когда втулка перемещается вдоль вала (зубчатые колеса коробок передач, муфты и т.п.) и неподвижными.

Существует три способа относительного центрирования вала и втулки: по наружному диаметру  $D$ ; по внутреннему диаметру  $d$ ; по боковым сторонам зубьев  $b$ .

Центрирование по диаметру  $D$  применяется в неподвижных соединениях, а также подвижных соединениях, передающих небольшой крутящий момент. Это способ обеспечивает точное центрирование и рекомендуется, когда шлицевая втулка имеет невысокую твердость и калибруется протяжкой, а шлицевый вал

фрезеруется и окончательно шлифуется по D.

Центрирование по диаметру d целесообразно при высокой твердости шлицевой втулки. Способ обеспечивает точное центрирование и применяется обычно для подвижных соединений.

Центрирование по размеру b применяют при передаче больших крутящих моментов, знакопеременных нагрузках (при требовании минимальных зазоров между боковыми поверхностями зубьев), однако способ не обеспечивает высокой точности центрирования.

Поля допусков, а также посадки валов и втулок для различных способов центрирования шлицевых прямобочных соединений устанавливает ГОСТ 1139-80. Посадки предпочтительного применения приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Предпочтительные посадки шлицевых соединений с прямобочным профилем

| Способ центрирования      | Тип соединения       |                    |                    |                       |         |                        |
|---------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|---------|------------------------|
|                           | подвижные            |                    |                    | неподвижные           |         |                        |
|                           | D                    | d                  | b                  | D                     | d       | b                      |
| По наружному диаметру D   | H7 / f7              | H11 / *            | F8 / f8<br>F8 / f7 | H7 / j <sub>s</sub> 6 | H11 / * | F8 / j <sub>s</sub> 7  |
| По внутреннему диаметру d | H12 / a11<br>H7 / f7 | H7 / g6<br>D9 / h9 | H12 / a11          | H7 / j <sub>s</sub> 6 | D9 / k7 | F10 / j <sub>s</sub> 7 |
| По размеру b              | H12 / a11<br>H11 / * | D9 / e8<br>D9 / f8 | F10 / d9           | H12 / a11             | H11 / * | F8 / j <sub>s</sub> 7  |

\*- При нецентрирующем диаметре d (центрирование по D или b) допуск на диаметр вала не установлен, а ограничивается размером d<sub>1</sub>.

Пример выполнения эскизов шлицевого соединения, втулки и вала приведен на рисунке 3.1.

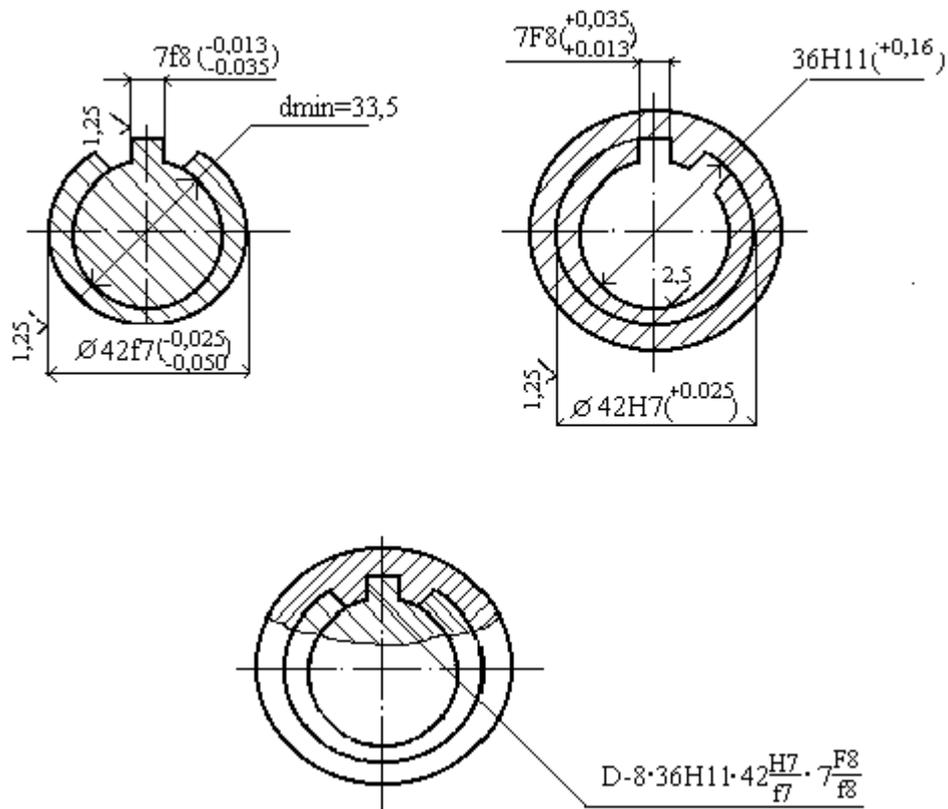


Рисунок 3.1 - Обозначение допусков и посадок шлицевого соединения на рабочих и сборочных чертежах

## Практическая работа №4

### Нормирование точности подшипников качения

#### Цель работы:

- Ознакомиться с конструкцией сборочного соединения;
- Ознакомиться с обозначением подшипников качения.
- Ознакомиться с особенностями посадок подшипников качения;
- Ознакомиться с обозначениями посадок на сборочном чертеже;
- Ознакомиться с методикой расчета посадок подшипников качения, используя предельные отклонения;
- Приобрести навыки в работе с таблицами допусков в системе отверстия и вала;
- Приобрести навыки в проведении расчетов посадок;
- Освоить методику графического изображения допусков и посадок.

#### Содержание отчета по работе:

- Эскиз фрагмента сборочного чертежа подшипником качения;
- Схема расположения полей допусков сопрягаемых деталей;
- Результаты расчета посадок в соединении сопрягаемых деталей, используя предельные отклонения;
- Эскизы вала и втулки и указание размеров, допусков формы и расположения поверхностей, шероховатости поверхности.

#### Этапы выполнения работы:

1. Ознакомиться с содержанием методических указаний к выполнению практической работы и получить индивидуальное задание для выполнения работы (таблица 4.1).
2. Объяснить условное обозначение подшипника качения;
3. Рассчитать посадки в соединениях деталей, используя предельные отклонения.
4. Изобразить графически расположение полей допусков и результаты расчета.
5. Составить выводы по работе и оформить отчет.
6. Подготовиться к защите и защитить практическую работу.

Таблица 4.1- Варианты индивидуальных заданий

| Вариант | Подшипник | Посадка на вал | Посадка в корпус |
|---------|-----------|----------------|------------------|
| 1       | 6-105     | k6             | H8               |
| 2       | 106       | n6             | H7               |

|    |       |                  |                  |
|----|-------|------------------|------------------|
| 3  | 107   | m6               | J <sub>s</sub> 7 |
| 4  | 108   | j <sub>s</sub> 6 | H8               |
| 5  | 5-109 | f7               | P7               |
| 6  | 110   | k6               | H8               |
| 7  | 111   | n6               | H7               |
| 8  | 112   | m6               | J <sub>s</sub> 7 |
| 9  | 113   | j <sub>s</sub> 6 | H8               |
| 10 | 114   | f7               | P7               |
| 11 | 6-115 | k6               | H8               |
| 12 | 116   | n6               | H7               |
| 13 | 117   | m6               | J <sub>s</sub> 7 |
| 14 | 118   | j <sub>s</sub> 6 | H8               |
| 15 | 5-119 | f7               | P7               |
| 16 | 120   | k6               | H8               |
| 17 | 121   | n6               | H7               |
| 18 | 122   | m6               | J <sub>s</sub> 7 |
| 19 | 5-125 | j <sub>s</sub> 6 | H8               |
| 20 | 124   | f7               | P7               |

|    |       |                  |                  |
|----|-------|------------------|------------------|
| 21 | 125   | k6               | H8               |
| 22 | 126   | n6               | H7               |
| 23 | 6-126 | m6               | J <sub>s</sub> 7 |
| 24 | 128   | j <sub>s</sub> 6 | H8               |
| 25 | 5-120 | f7               | P7               |
| 26 | 130   | k6               | H8               |
| 27 | 6-130 | n6               | H7               |
| 28 | 132   | m6               | J <sub>s</sub> 7 |
| 29 | 5-130 | j <sub>s</sub> 6 | H8               |
| 30 | 134   | f7               | P7               |

### **Методические указания к выполнению практической работы**

Точность подшипников качения нормирована по классам точности. ГОСТ 520-89 устанавливает пять классов точности подшипников, обозначаемых в порядке повышения точности: 0, 6, 5, 4 и 2. В большинстве механизмов общего назначения, в т.ч. в автомобилях, тракторах, сельскохозяйственных машинах применяют, в основном, подшипники качения 0 класса точности.

Диаметры наружного и внутреннего колец подшипника приняты соответственно за диаметры основного вала и основного отверстия, следовательно, посадку соединения наружного кольца с корпусом назначают в системе вала, а посадку соединения внутреннего кольца с валом - в системе отверстия. Однако поле допуска на диаметр внутреннего кольца расположено в «минус» от номинального диаметра, т.е. из тела детали.

Поля допусков диаметров наружного кольца и отверстия внутреннего кольца для подшипников качения 0 класса точности обозначаются соответственно I0 и L0.

Посадки подшипника качения на вал и в корпус выбирают в зависимости от типа и размера подшипника, условий его эксплуатации, значения и характера действующих на него нагрузок и вида нагружения колец. Согласно ГОСТ 3225-85 различают три основных вида нагружения колец: местное, циркуляционное и

колебательное.

Местным называется такой вид нагружения кольца, при котором действующая радиальная нагрузка постоянно воспринимается одним и тем же ограниченным участком беговой дорожки кольца, например, в случае, когда кольцо не вращается относительно действующей на него нагрузки.

При циркуляционном нагружении кольцо воспринимает нагрузку дорожкой качения последовательно по всей ее длине, например, при вращении кольца относительно постоянной радиальной нагрузки.

При колебательном нагружении кольцо воспринимает радиальную нагрузку ограниченным участком дорожки качения, но направление нагрузки за один оборот колеблется.

Кольцо подшипника с местным нагружением следует монтировать в подшипниковом узле с зазором, чтобы кольцо под воздействием толчков и вибрации постепенно проворачивалось относительно посадочной поверхности для обеспечения равномерного износа.

Циркуляционно нагруженное кольцо устанавливают по посадке с натягом, чтобы исключить возможность проскальзывания кольца по посадочной поверхности и ее интенсивного износа. В таблице 4.2 приведены рекомендуемые поля допусков валов и отверстий корпусов для подшипников качения с местно нагруженными кольцами

Таблица 4.2 - Рекомендуемые поля допусков валов и отверстий корпусов для подшипников качения с местно нагруженными кольцами

| Номинальный диаметр, мм  | Поля допусков |                     |                  |
|--|---------------|---------------------|------------------|
|  | валов (осей)  | отверстий в корпусе |                  |
|  |               | неразъемном         | разъемном        |
| Нагрузка спокойная или с умеренными толчками и вибрацией, перегрузка до 150% |               |                     |                  |
| До 80  | h6            | H7                  | H7               |
| Св.80 до 260   | h6, g6        | G7                  | H7               |
| Нагрузка с ударами и вибрацией, перегрузка до 300%                           |               |                     |                  |
| До 80  | h6            | J <sub>S</sub> 7    | J <sub>S</sub> 7 |
| Св.80 до 260   | h6            | H7                  | J <sub>S</sub> 7 |

Пример выполнения схем расположения полей допусков для соединений колец подшипника с валом и корпусом приведен на рисунке 4.1.

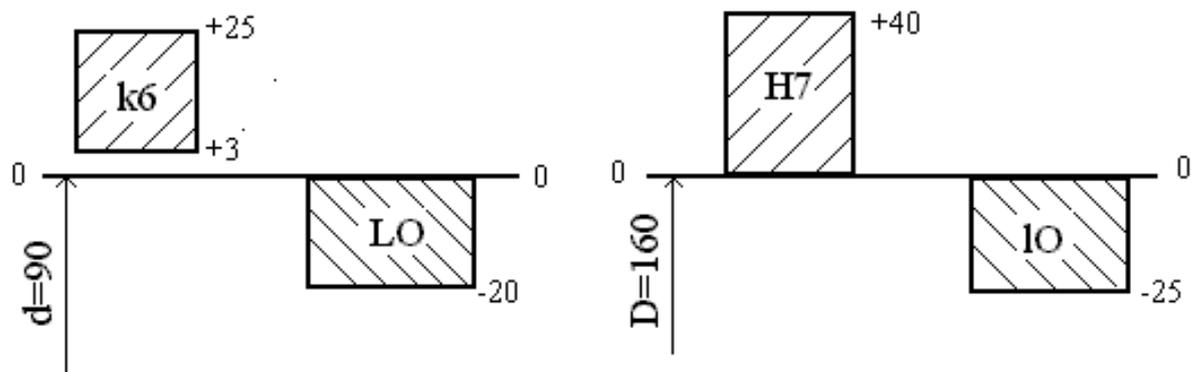


Рисунок 4.1 - Схема расположения полей допусков колец подшипника и сопрягаемых с ними деталей

Пример выполнения эскизов подшипникового узла и деталей, сопрягаемых с подшипниковыми кольцами, приведен на рисунке 4.2.

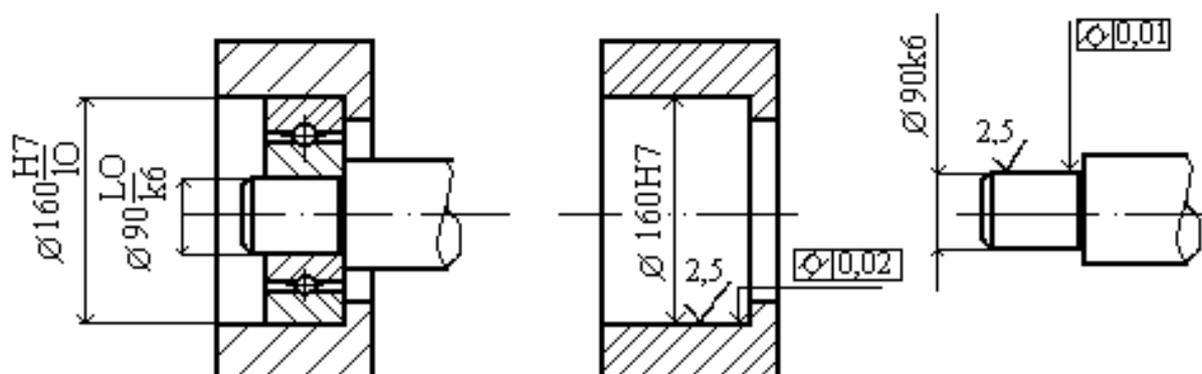


Рисунок 4.2 - Обозначение допусков и посадок подшипников качения

Шероховатость посадочных поверхностей валов и отверстий корпусов под подшипники 0 класса точности принимаются для диаметров до 80 мм -  $R_A = 1.25$  мкм, а для диаметров свыше 80 мм -  $R_A = 2.5$  мкм.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Задача 1

Исходные данные  $\text{Ø}100\text{H}9/\text{h}9$

Характеристика посадки: посадку  $\text{H}9/\text{h}9$  применяют для установки на валы деталей, передающих крутящие моменты через штифты и шпонки, для неподвижных осей и пальцев в опорах, для соединения деталей, которые должны легко передвигаться при настройках и регулировании с последующей затяжкой в рабочем положении.

Посадка  $\text{Ø}100\text{H}9/\text{h}9$  – посадка с зазором в системе отверстия (вала).

Предельные отклонения в соответствии с ГОСТ 25347-82:

$$\text{Ø}100 \frac{f_9}{h_9} \left( \begin{array}{c} +0,087 \\ -0,087 \end{array} \right)$$

Отверстие  $\text{Ø}100\text{H}9(+0,087)$

Номинальный диаметр  $D = 100$  мм

Верхнее отклонение  $ES = +0,087$  мм

Нижнее отклонение  $EI = 0$  мм.

Предельные размеры:

$$D_{\max} = D + ES = 100 + 0,087 = 100,087 \text{ мм}$$

$$D_{\min} = D + EI = 100 + 0 = 100 \text{ мм}$$

$$\text{Допуск отверстия } TD = D_{\max} - D_{\min} = 100,087 - 100 = 0,087 \text{ мм.}$$

Вал  $\text{Ø}100\text{h}9(-0,087)$

Номинальный диаметр  $d = 100$  мм

Верхнее отклонение  $es = 0$  мм

Нижнее отклонение  $ei = -0,087$  мм.

Предельные размеры:

$$d_{\max} = d + es = 100 + 0 = 100 \text{ мм}$$

$$d_{\min} = d + ei = 100 - 0,087 = 99,913 \text{ мм.}$$

$$\text{Допуск вала } Td = d_{\max} - d_{\min} = 100 - 99,913 = 0,087 \text{ мм.}$$

Зазоры:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 100,087 - 99,913 = 0,174 \text{ мм}$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 100 - 100 = 0 \text{ мм.}$$

Допуск посадки с зазором:

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 0,174 - 0 = 0,174 \text{ мм}$$

Схема расположения полей допусков представлена на рисунке 1. Эскиз посадки и деталей посадки приведены на рисунке 2.

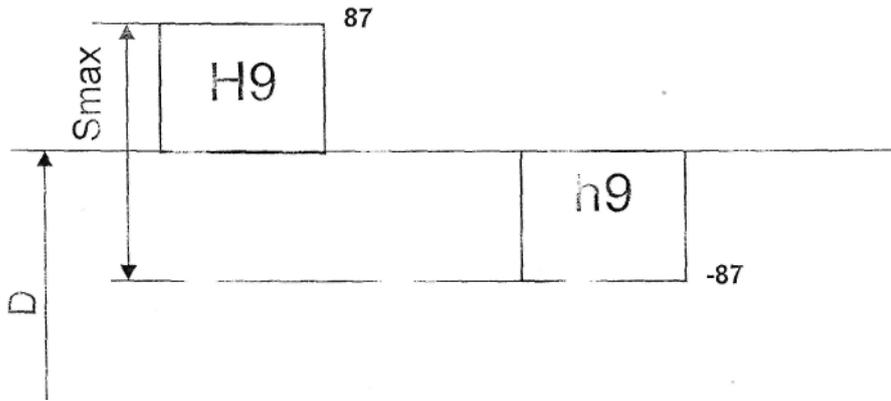


Рисунок 1- Схема расположения полей допусков посадки  $\text{Ø}100 \frac{i 9}{h9} \left( \begin{matrix} +0.087 \\ -0.087 \end{matrix} \right)$

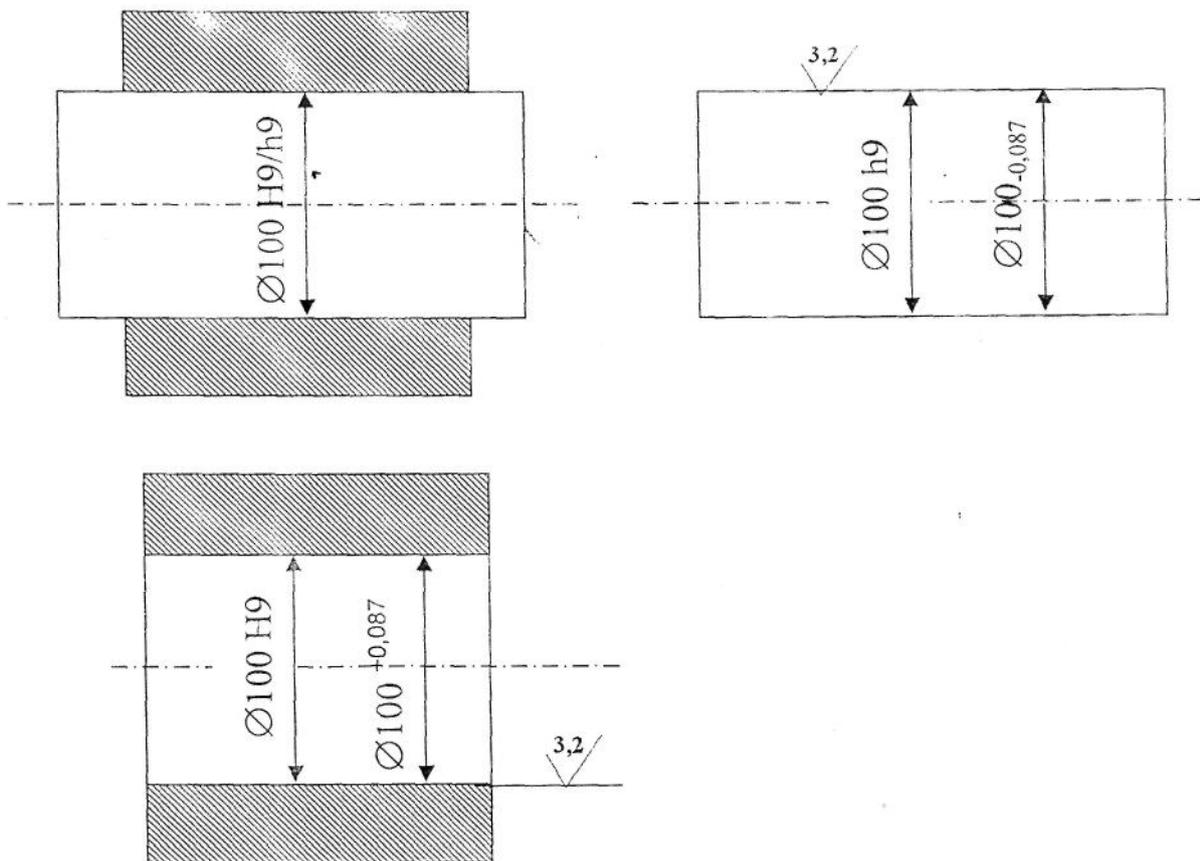


Рисунок 2 - Эскиз посадки  $\text{Ø}100 \frac{i 9}{h9} \left( \begin{matrix} +0.087 \\ -0.087 \end{matrix} \right)$  и деталей посадки

## Задача 2

Исходные данные  $\text{Ø}100\text{H}7/\text{r}6$

Характеристика посадки: посадка H7/r6 применяют для неподвижных соединений, передающих нагрузки средней величины без дополнительного крепления деталей. Можно применять для передачи больших нагрузок при условии дополнительного крепления соединяемых деталей. Например, втулка в головке шатуна компрессора, зубчатые колеса на валах коробок скоростей токарных станков, бронзовые зубчатые венцы на чугунных центрах с дополнительным креплением винтами.

Посадка  $\text{Ø}100\text{H}7/\text{r}6$  – посадка с натягом в системе отверстия.

Предельные отклонения в соответствии с ГОСТ 25347-82:

$$\text{Ø}100 \frac{\text{H}7}{\text{r}6} \left( \begin{array}{c} +0,035 \\ +0,073 \\ +0,051 \end{array} \right)$$

Отверстие  $\text{Ø}100\text{H}7^{(+0,035)}$

Номинальный диаметр  $D = 100$  мм

Верхнее отклонение  $ES = +0,035$  мм

Нижнее отклонение  $EI = 0$  мм.

Предельные размеры:

$$D_{\max} = D + ES = 100 + 0,035 = 100,035 \text{ мм}$$

$$D_{\min} = D + EI = 100 + 0 = 100 \text{ мм}$$

$$\text{Допуск отверстия } TD = D_{\max} - D_{\min} = 100,035 - 100 = 0,035 \text{ мм.}$$

Вал  $\text{Ø}100\text{r}6^{(+0,073)}$

Номинальный диаметр  $d = 100$  мм

Верхнее отклонение  $es = +0,073$  мм

Нижнее отклонение  $ei = +0,051$  мм.

Предельные размеры:

$$d_{\max} = d + es = 100 + 0,073 = 100,073 \text{ мм}$$

$$d_{\min} = d + ei = 100 + 0,051 = 100,051 \text{ мм.}$$

$$\text{Допуск вала } Td = d_{\max} - d_{\min} = 100,073 - 100,051 = 0,022 \text{ мм.}$$

Натяги:

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 100,073 - 100 = 0,073 \text{ мм}$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = 100,051 - 100,035 = 0,016 \text{ мм.}$$

Допуск посадки с натягом:

$$TN = N_{\max} - N_{\min} = 0,073 - 0,016 = 0,057 \text{ мм}$$

Схема расположения полей допусков представлена на рисунке 3. Эскиз посадки и деталей посадки приведены на рисунке 4.

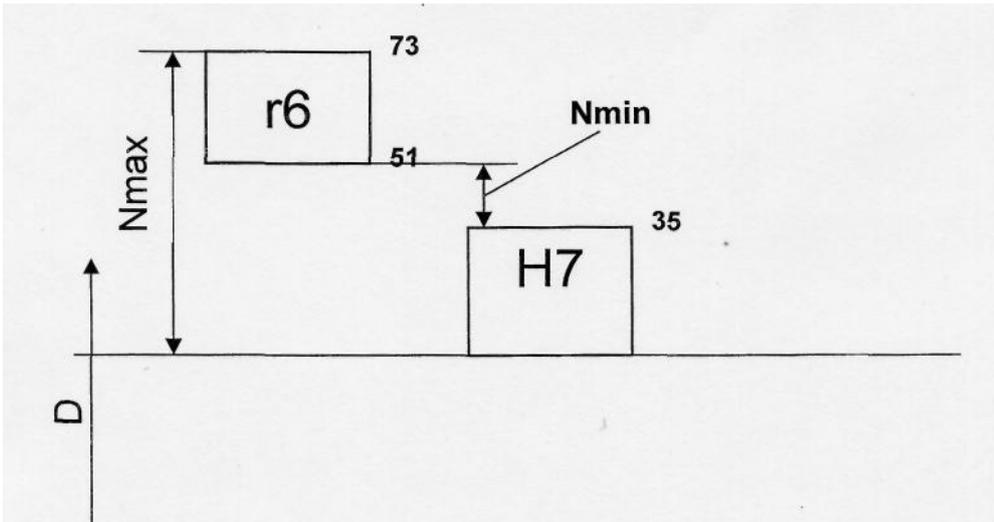


Рисунок 3- Схема расположения полей допусков посадки  $\text{Ø}100 \frac{H7}{r6} \left( \begin{array}{c} +0.035 \\ +0.073 \\ +0.051 \end{array} \right)$

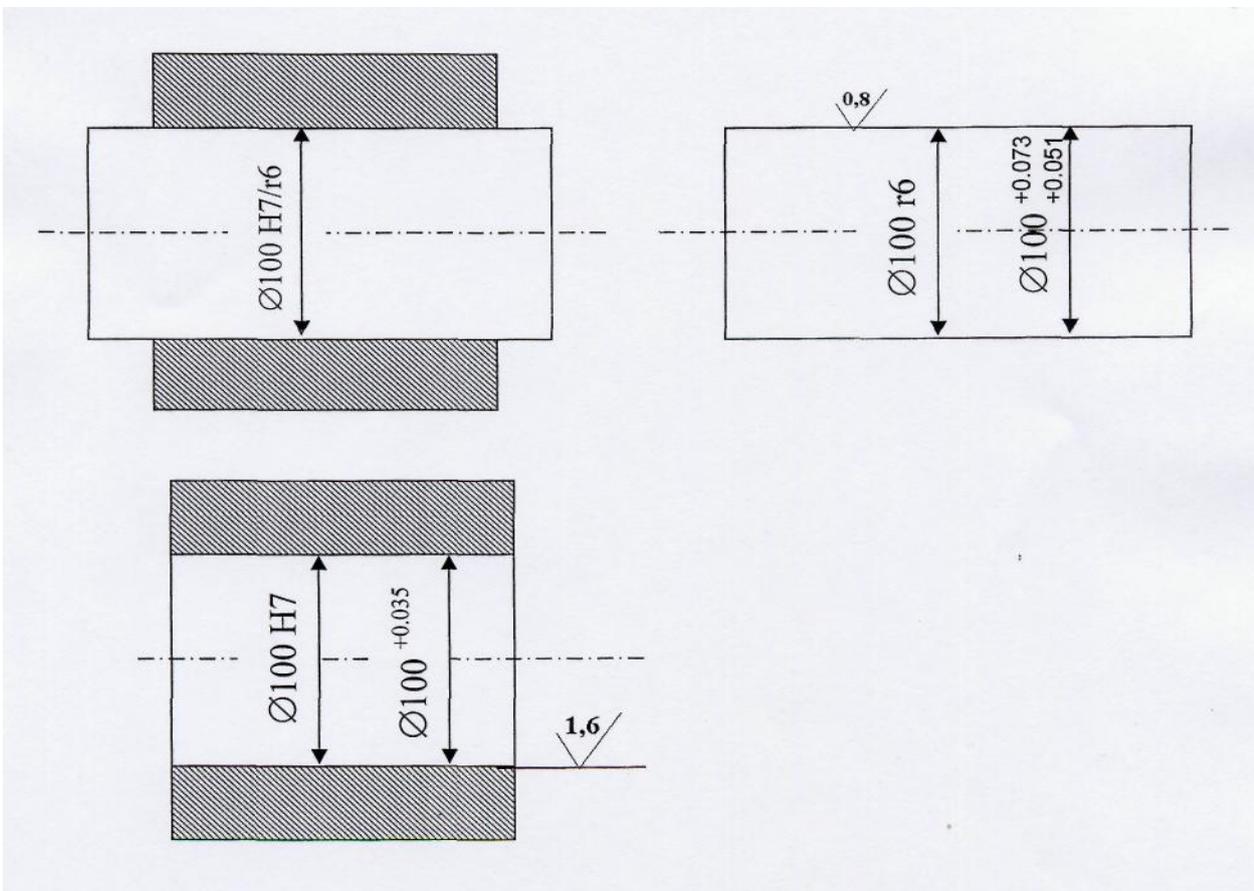


Рисунок 4 - Эскиз посадки  $\text{Ø}100 \frac{H7}{r6} \left( \begin{array}{c} +0.035 \\ +0.073 \\ +0.051 \end{array} \right)$  и деталей посадки

### Задача 3

Исходные данные  $\text{Ø}100 \text{ H}5/\text{j}_s4$

Характеристика посадки

*Посадки **H5/j<sub>s</sub>4** (плотные)* характеризуются почти 100 %-ной вероятностью получения зазоров, поэтому их относят к группе посадок с зазором. Однако из-за влияния погрешностей формы и расположения поверхностей сборку соединения производят с помощью деревянного молотка. Применяют в легкоразъемных неподвижных центрирующих соединениях, неподвижность в которых обеспечивается дополнительными средствами крепления (шпонками, винтами).

Посадка  $\text{Ø}100 \text{ H}5/\text{j}_s4$  – посадка переходная в системе отверстия.

Предельные отклонения в соответствии с ГОСТ 25347-82:

$$\text{Ø}100 \frac{\text{H}5}{\text{j}_s4} \left( \begin{array}{c} +0,015 \\ \pm 0,005 \end{array} \right)$$

Отверстие  $\text{Ø}100\text{H}5^{(+0,015)}$

Номинальный диаметр  $D = 100$  мм

Верхнее отклонение  $ES = +0,015$  мм

Нижнее отклонение  $EI = 0$  мм.

Предельные размеры:

$$D_{\max} = D + ES = 100 + 0,015 = 100,015 \text{ мм}$$

$$D_{\min} = D + EI = 100 + 0 = 100 \text{ мм}$$

$$\text{Допуск отверстия } TD = D_{\max} - D_{\min} = 100,015 - 100 = 0,015 \text{ мм.}$$

Вал  $\text{Ø}100\text{r}6(\pm 0,005)$

Номинальный диаметр  $d = 100$  мм

Верхнее отклонение  $es = +0,005$  мм

Нижнее отклонение  $ei = -0,005$  мм.

Предельные размеры:

$$d_{\max} = d + es = 100 + 0,005 = 100,005 \text{ мм}$$

$$d_{\min} = d + ei = 100 - 0,005 = 99,995 \text{ мм.}$$

$$\text{Допуск вала } Td = d_{\max} - d_{\min} = 100,005 - 99,995 = 0,010 \text{ мм.}$$

Зазоры и натяги:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 100,015 - 99,995 = 0,020 \text{ мм}$$

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 100,005 - 100 = 0,005 \text{ мм}$$

Допуск переходной посадки:

$$T_{S,N} = S_{\max} + N_{\max} = 0,020 + 0,005 = 0,025 \text{ мм}$$

Схема расположения полей допусков представлена на рисунке 5. Эскиз посадки и деталей посадки приведены на рисунке 6.

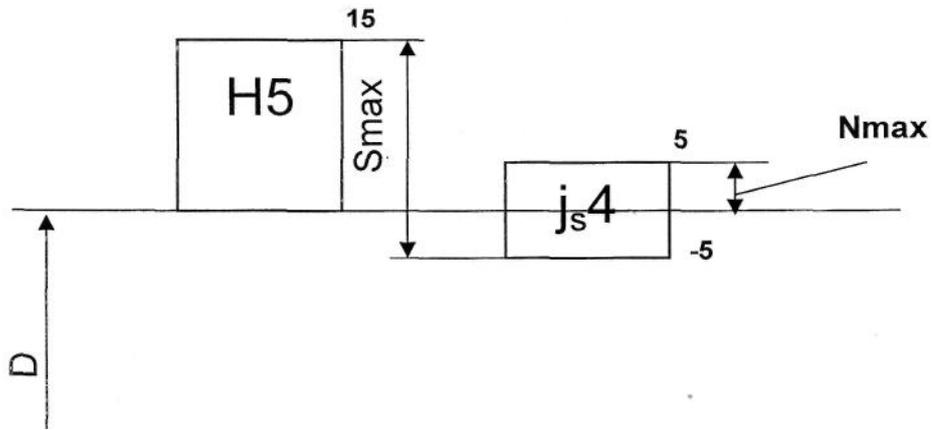


Рисунок 5- Схема расположения полей допусков посадки  $\text{Ø}100 \frac{H5}{js4} \left( \begin{array}{c} +0.015 \\ \pm 0.005 \end{array} \right)$

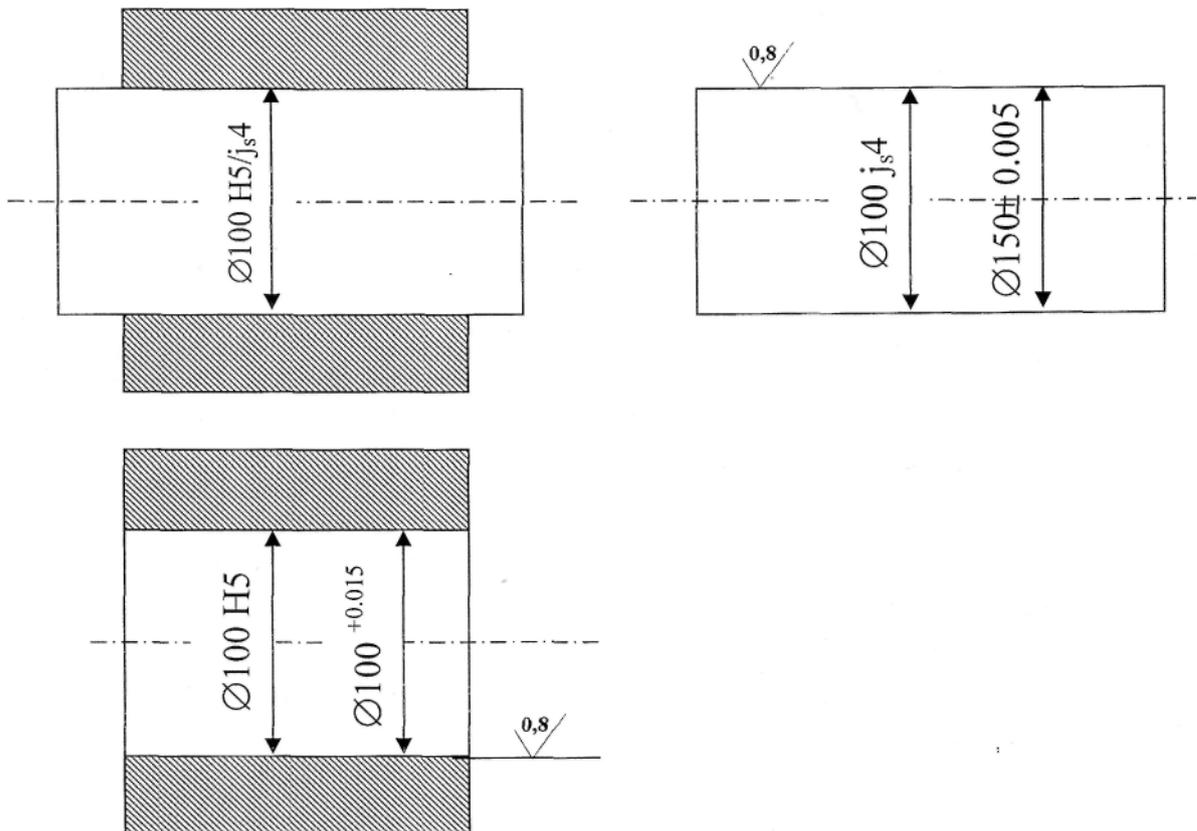


Рисунок 6 - Эскиз посадки  $\text{Ø}100 \frac{H5}{js4} \left( \begin{array}{c} +0.015 \\ \pm 0.005 \end{array} \right)$  и деталей посадки

## БИБЛИОГРАФИЯ

### Электронные издания:

1. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник / Зайцев С.А. под общ. ред., Вячеслава О.Ф., Парфеньева И.Е. — Москва : КноРус, 2021. — 174 с. — ISBN 978-5-406-07926-3. — URL: <https://book.ru/book/938466>
2. Шишмарев В.Ю. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник / Шишмарев В.Ю. — Москва : КноРус, 2021. — 304 с. — ISBN 978-5-406-08290-4. — URL: <https://book.ru/book/940950>

### Дополнительные источники:

1. Белкин И.М. Справочник по допускам и посадкам для рабочего-машиностроителя/ И.М. Белкин- М.: Машиностроение, 2010 -528с., ил.
2. Метрология, стандартизация и сертификация в машиностроении : учебник для студ.сред. проф.образования / С.А. Зайцев, А.Н. Толстов, Д.Д. Грибанов, А.Д. Куранов. – М.: Изд. Центр «Академия», 2015.