

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Пермский государственный аграрно-технологический университет  
имени академика Д.Н. Прянишникова»

Е.В. Пепеляева, Ю.Е. Куимов

# **МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ**

*Методические рекомендации  
для выполнения курсовой работы*

Пермь  
ИПЦ «ПрокростЪ»  
2018

УДК 658.562.012.7: 53.08

ББК 30.10

П 259

*Рецензенты:*

В.Ф. Миллер – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры деталей машин ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ;

Н.В. Трутнев – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры сельскохозяйственных машин и оборудования ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ

**П 259      Пепеляева, Е.В.**

Метрология, стандартизация и сертификация: методические рекомендации для выполнения курсовой работы / Е.В. Пепеляева, Ю.Е. Куимов; М-во с.-х. РФ, федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высшего образов. «Пермский гос. аграрно-технологич. ун-т им. акад. Д.Н. Прянишникова». – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2018. – 67 с.

В методических рекомендациях приводятся теоретические сведения по выбору посадок, нормированию точности основных соединений применяемых в сельскохозяйственном машиностроении, методика расчета с примерами. Все расчеты иллюстрированы графическим материалом. В тексте рекомендаций и в приложениях имеется соответствующий справочный материал для выполнения курсовой работы со ссылками на соответствующие ГОСТы.

Методические рекомендации предназначены для обучающихся направлений подготовки: 35.03.06 Агроинженерия; 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов; специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства.

**УДК 658.562.012.7: 53.08**

**ББК 30.10**

Методические рекомендации для выполнения курсовой работы «Метрология, стандартизация и сертификация» рекомендованы к изданию методической комиссией инженерного факультета ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ; протокол №\_6 от « 13 » февраля 2018 г.

© ИПЦ «Прокрость», 2018

© Пепеляева Е.В.,

©Куимов Ю.Е., 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ .....	6
ЗАДАНИЕ 1. РАСЧЕТ И ВЫБОР ПОСАДОК ДЛЯ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ .....	9
Содержание задания .....	9
Методические рекомендации по выполнению .....	9
Пример расчета посадки с зазором .....	15
Пример расчета посадки с натягом .....	19
ЗАДАНИЕ 2. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОЙ СБОРКИ СОЕДИНЕНИЯ ТРЕБУЕМОЙ ТОЧНОСТИ .....	23
Содержание задания .....	23
Методические рекомендации по выполнению .....	23
Пример расчета .....	24
ЗАДАНИЕ 3. РАСЧЕТ И ВЫБОР ПОЛЕЙ ДОПУСКОВ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ СОПРЯГАЕМЫХ С ПОДШИПНИКАМИ КАЧЕНИЯ .....	27
Содержание задания .....	27
Методические рекомендации по выполнению .....	27
Пример расчета .....	30
ЗАДАНИЕ 4. ВЫБОР ДОПУСКОВ И ПОСАДОК ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ .....	33
Содержание задания .....	33
Методические рекомендации по выполнению .....	33
Пример расчета .....	36
ЗАДАНИЕ 5. ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ .....	40
Содержание задания .....	40
Методические рекомендации по выполнению .....	40
Пример расчета .....	41
ЗАДАНИЕ 6. РАСЧЕТ ДОПУСКОВ РАЗМЕРОВ, ВХОДЯЩИХ В ЗАДАННУЮ РАЗМЕРНУЮ ЦЕПЬ .....	44
Содержание задания .....	44
Методические рекомендации по выполнению .....	44
Пример расчета .....	47

ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	50
ЛИТЕРАТУРА .....	50
Приложение 1 Рисунки узлов машин.....	51
Приложение 2 Значения основных отклонений отверстий, мкм (ГОСТ 25346-89) .....	54
Приложение 3 Значения основных отклонений валов, мкм (ГОСТ 25346-89) .....	57
Приложение 4 Числовые значения допусков (ГОСТ 25346-89) .....	60
Приложение 5 Отклонения присоединительных диаметров подшипников качения.....	61
Приложение 6 Номинальные габаритные размеры подшипников ..... (ГОСТ 8338-75).....	62
Приложение 7 Основные размеры деталей в соединениях с призматическими шпонками, мм ГОСТ 23360-78.....	63
Приложение 8 Основные размеры деталей в соединениях с сегментными шпонками, мм (выдержка из ГОСТ 24071-80).....	63
Приложение 9 Размер шлицевого вала по меньшему диаметру $d_1$ при центрировании по D или b (выдержка из ГОСТ 1139-80) .....	64
Приложение 10 Значения единиц допусков ( $i$ ) для интервалов размеров .....	65
Приложение 11 Значения числа единиц допусков ( $a$ ) для разных квалитетов .....	65
Приложение 12 Образец задания.....	66
Приложение 13 Образец титульного листа .....	67

## ВВЕДЕНИЕ

Технический уровень и качество продукции закладываются на стадии ее разработки и проектирования. Современные машины – это сложные комплексы, часто насчитывающие десятки тысяч деталей. Точность изготовления, а следовательно, и осуществление принципа взаимозаменяемости могут быть достигнуты при должной постановке процесса измерения и нормирования точности.

В методических рекомендациях рассмотрены вопросы обеспечения качества функционирования наиболее широко используемых в машиностроении соединений.

По установленным при эксплуатации требованиям для нормального функционирования подвижных и неподвижных соединений, представлена методика расчёта точности изготовления деталей соединения, методика выбора средств измерений по допускаемой погрешности.

Для повышения однородности посадки деталей соединений использован метод селективной сборки, позволяющий получить соответствующее количество групп сортировки. Данный метод позволит специалисту повысить надежность ответственных соединений при изготовлении.

Подшипниковые узлы, используемые в машиностроении, наиболее сложные соединения к которым предъявляются повышенные требования по надежности функционирования. Предложенная в рекомендациях методика выбора посадок колец подшипников качения на вал и корпус позволит правильно обосновать допуски формы, расположения посадочных поверхностей и их шероховатость.

Метод «максимум-минимум» представленный в рекомендациях при расчете допусков деталей, входящих в сборочный узел, позволит бакалавру наиболее полно понять работу технолога машиностроительного производства.

Предложенные и рассмотренные в примерах решения конкретных задач позволит будущему специалисту принимать оптимальные решения для поддержания необходимой надежности функционирования машин и комплексов.

## **ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

**Цель выполнения курсовой работы** – закрепить теоретические знания и дать практические навыки в области метрологического обеспечения и нормирования точности параметров деталей машин при проектировании, производстве и эксплуатации технических объектов, оценке уровня качества их изготовления и ремонта.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

### **знать**

- терминологию, понятия и определения метрологии, стандартизации и сертификации;
- основы теории взаимозаменяемости;
- общие вопросы системы общетехнических стандартов (ГСС, ГСИ, ЕСКД, ЕСТД, ЕСТПП, КСИ);
- методики нормирования точности параметров деталей машин;
- основы теории квалиметрии и сертификации продукции.

### **уметь:**

- практически нормировать точность деталей машин;
- обозначать нормы точности на рабочих и сборочных чертежах;
- обосновывать и применять средства измерений деталей машин, оценивать результаты их измерений с учетом погрешности средств измерений;
- применять количественные методы оценки качества технических объектов при эксплуатации и ремонте.

В результате выполнения курсовой работы по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» у обучающегося формируются следующие компетенции по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия:

- способностью разрабатывать и использовать графическую и техническую документацию (ОПК-3);
- способностью проводить и оценивать результаты измерений (ОПК-6);

- способностью организовывать контроль качества и управление технологическими процессами (ОПК-7);
- способностью использовать технические средства для определения параметров технологических процессов и качества продукции (ПК-11);

по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов:

- готовностью проводить измерительный эксперимент и оценивать результаты измерений (ПК-21);

по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства:

- способностью разрабатывать технические условия, стандарты и технические описания наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования (ПК- 8);
- способностью разрабатывать агротехнические требования, технические условия, стандарты и технические описания технических средств АПК (ПСК-3.9);
- способностью обеспечить качество технических средств АПК при их проектировании (ПСК-3.16).

Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация» относится к базовым дисциплинам учебного плана по направлениям подготовки и специальности. На основе общетехнических стандартов она изучает вопросы количественной оценки качества технических объектов, обеспечения точности их геометрических и функциональных параметров, является научно-методическим фундаментом качества проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта технических объектов.

Руководствуясь методическими рекомендациями, обучающийся может самостоятельно изучить разделы дисциплины, включенные в объем курсовой работы в межсессионный период по рекомендуемой литературе, которую он может получить в библиотеке университета.

## ***Методические рекомендации по выполнению курсовой работы***

К выполнению курсовой работы приступают после усвоения разделов дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация».

Курсовая работа выполняется по индивидуальному заданию (приложение 12 – образец задания), которое должно быть приложено после титульного листа, перед содержанием.

В методических рекомендациях приведены примеры выполнения заданий, чертежи, на которые имеются ссылки в задании, а также необходимые табличные данные из стандартов, для выполнения заданий, приведенные в приложениях в конце методических рекомендаций.

Курсовую работу выполняют в соответствии со стандартом предприятия (СТП) ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ [6]. Работа выполняется на стандартных листах формата А4 в виде рукописной или печатной расчетно-пояснительной записки (РПЗ) на одной стороне листа. В компьютерном наборе шрифт Times New Roman, кегль 14 с межстрочным интервалом 1,5 и выравниванием по ширине основного текста. Рекомендованы следующие поля: верхнее – 2,0, нижнее – 2,0, левое 2,5, правое – 1,0 см. Абзацный отступ – 1,25 см.

Требуемые эскизы, схемы полей допусков вычерчиваются на отдельных листах формата А4 (допускается масштабно-координатная бумага) в произвольном масштабе, но с соблюдением пропорций, с соблюдением СТП (оформление иллюстраций).

Доработку (исправление ошибок) после рецензирования следует оформлять на отдельных листах формата А4, вставляя их в РПЗ (соответствующее задание). Разрешается использовать обратную сторону листа формата А4 РПЗ. Заменять листы и переписывать РПЗ после рецензирования запрещается.



# ЗАДАНИЕ 1. РАСЧЕТ И ВЫБОР ПОСАДОК ДЛЯ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

## *Содержание задания*

*Исходные данные:*

- номинальный размер гладкого цилиндрического соединения;
- значения расчетных предельных зазоров или натягов;
- система изготовления, в которой требуется выбрать стандартную посадку соединения, используя поля допусков предпочтительного отбора.

- 1.1 Определить среднее значение числа единиц допуска.
- 1.2 Установить предварительно квалитет, по которому изготавливаются детали соединения.
- 1.3 Определить значения предельных технологических зазоров, натягов.
- 1.4 Выбрать предпочтительные поля допусков деталей соединения.
- 1.5 Назначить завершающий технологический процесс обработки деталей соединения.
- 1.6 Выбрать измерительные средства для деталей соединения.
- 1.7 Вычертить эскизы соединения в сборе и его деталей с простановкой размеров и полей допусков.
- 1.8 Вычертить схему полей допусков соединения.

## *Методические рекомендации по выполнению*

1.1 Для определения предварительной точности изготовления деталей соединения необходимо определить среднее число единиц допуска (коэффициент точности)  $a_{cp}$  по формуле:

$$a_{cp} = \frac{TS(TN)}{2 \cdot i}, \quad (1.1)$$

где  $TS(TN)$  – допуск посадки с зазором (натягом), мкм;  
 $i$  – единица допуска для заданного размера (определить по приложению 10), мкм.

1.2 Квалитет назначить по приложению 11 с учетом полученного коэффициента точности.

1.3 Долговечность работы соединения зависит от правильного выбора посадки. Выбор посадки производят по технологическим зазорам (натягам)  $S_T$  ( $N_T$ ), т.к. при приработке соединения зазоры увеличиваются, а натяги при напрессовке уменьшаются примерно на 70% от расчетного значения за счет смятия шероховатости поверхностей деталей.

$$\left. \begin{aligned} S_{T(max)} &= S_{P(max)} - 1.4(R_{aD} + R_{ad}), \\ S_{T(min)} &= S_{P(min)} - 1.4(R_{aD} + R_{ad}), \end{aligned} \right\} \quad (1.2)$$

$$\left. \begin{aligned} N_{T(max)} &= N_{P(max)} + 1.4(R_{aD} + R_{ad}), \\ N_{T(min)} &= N_{P(min)} + 1.4(R_{aD} + R_{ad}), \end{aligned} \right\} \quad (1.3)$$

где  $S_{Pmax}$  ( $N_{Pmax}$ ),  $S_{Pmin}$  ( $N_{Pmin}$ ) – расчетные предельные зазоры (натяги), мкм;

$R_{aD}$  ( $R_{ad}$ ) – шероховатость поверхности отверстия (вала), мкм.

Поскольку величина  $R_a$  должна быть меньше допуска размера детали, рекомендуется принимать следующие зависимости: для 5 – 10 квалитетов:

$$R_{aD} \leq 0,125TD, R_{ad} \leq 0,125Td, \quad (1.4)$$

для квалитетов грубее 10-го:

$$R_{aD} \leq 0,25TD, R_{ad} \leq 0,25Td. \quad (1.5)$$

1.4 По заданной системе полей допусков (см. задание), по выбранному квалитету (п. 1.2) и технологическим предельным зазорам (натягам) выбирать стандартные поля допусков отверстия и вала (приложения 2-9) по условиям: для посадок с зазором

$$S_{c min} \geq S_{T min}, S_{c max} \leq S_{T max}, \quad (1.6)$$

с натягом

$$N_{c min} \geq N_{T min}, N_{c max} \leq N_{T max}, \quad (1.7)$$

где  $S_{c min}$  ( $N_{c min}$ ),  $S_{c max}$  ( $N_{c max}$ ) – стандартные предельные зазоры (натяги), мкм.

В учебных целях используется ряд полей допусков предпочтительного отбора. Рекомендуется следующий порядок выбора полей допусков по таблицам допусков и основных отклонений.

#### 1.4.1 Для посадки с зазором

1.4.1.1 Выбирать с учетом номинального размера основное отклонение вала  $es$  в системе отверстия по

приложению 3, в системе вала основное отклонение отверстия  $EI$  по приложению 2 из условий:

система отверстия

$$EI = 0; |es| \geq S_{Tmin}, (es \text{ отрицательное}), \quad (1.8)$$

система вала

$$es = 0; EI \geq S_{Tmin}, (EI \text{ положительное}). \quad (1.9)$$

1.4.1.2 По приложению 4 с учетом предварительно выбранного качества для заданного номинального размера подобрать сумму допусков по условиям:

$$\text{система отверстий} \quad TD + Td \leq S_{Tmax} - |es|, \quad (1.10)$$

$$\text{система вала} \quad TD + Td \leq S_{Tmax} - EI. \quad (1.11)$$

Если сумма допусков в этом качестве намного меньше правой части условий, то необходимо увеличить допуск отверстия  $TD$ , взяв его из соседнего большего качества (разница качеств вала и отверстия не более 2-х).

1.4.1.3 Определить вторые предельные отклонения из условий:

$$TD = ES - EI, Td = es - ei. \quad (1.12)$$

#### 1.4.2 Для посадок с натягом

1.4.2.1 По приложению 4, по номинальному размеру задания 1 и качеству (п. 1.2) выбирать значения допусков отверстия и вала из условия:

$$TD + Td \leq TN_T. \quad (1.13)$$

Если левая часть неравенства намного меньше правой, то необходимо увеличить качество отверстия.

1.4.2.2 По приложениям 2, 3 выбрать основные отклонения по условиям:

система отверстия

$$EI = 0, ei \geq TD + N_{Tmin}, (ei \text{ положительное}), \quad (1.14)$$

система вала

$$es = 0, |ES| \geq Td + N_{Tmin}, (ES \text{ отрицательное}). \quad (1.15)$$

1.4.2.3 Вторые предельные отклонения определить из уравнений 1.12:

$TD = ES - EI$  или  $Td = es - ei$ . Записать выбранную посадку.

1.5 Уточнить шероховатость поверхностей деталей  $R_{aD}$  и  $R_{ad}$  с учетом окончательно принятых квалитетов отверстия и вала по формулам (1.4, 1.5).

По уточненным  $R_{aD}$  и  $R_{ad}$  выбираются табличные ближайшие меньшие значения (таблица 1.1), в первую очередь предпочтительные значения в рамках. Они и проставляются на чертеже.

**Таблица 1.1 – Числовые значения параметра шероховатости  $R_a$  по ГОСТ 2789-73, мкм**

-	1000	100	10,0	1,00	0,100
-	800	80	8,0	0,80	0,080
-	630	63	6,3	0,63	0,063
-	500	50	5,0	0,50	0,05
-	400	40	4,0	0,40	0,040
-	320	32	3,2	0,32	0,32
-	250	25	2,5	0,25	0,025
-	200	20	2,0	0,20	
1600	160	16	1,60	0,16	
1250	125	12,5	1,25	0,125	

Примечание   – предпочтительные значения.

По таблице 1.2 назначить методы окончательной обработки с учетом требуемой точности и шероховатости поверхности.

1.6 Выбор измерительных средств для контроля размеров деталей соединения производится с учетом метрологических, конструктивных и экономических факторов. При выборе измерительного инструмента нужно отдавать предпочтение более распространенному, менее сложному, более дешевому.

**Таблица 1.2 – Шероховатость поверхности и качество при обработке деталей резанием**

Вид поверхности	Вид обработки		Квалитет	Значение параметра $R_a$ , мкм
Вал	обтачивание продольной подачей	получистовое	12...14	6,3... 12,5
		чистовое	7...9	1,6*...3,2
		тонкое (алмазное)	6	0,4*...0,8
	шлифование круглое	получистовое	8...11	3,2...6,3
		чистовое	6...8	0,8*...1,6
Отверстие	зенкерование	чистовое	10.. 11	3,2*...6,3
	расточивание	получистовое	12...14	12,5...25
		чистовое	8...9	1,6...3,2
		тонкое (алмазное)	7	0,4*...0,8
	развертывание	получистовое	9...10	6,3... 12,5
		чистовое	7...8	1,6*...3,2
		Тонкое	7	0,8
	шлифование	чистовое	6...8	0,8*...1,6
		Тонкое	5	0,2*...0,4
	хонингование	цилиндров	6...7	0,05...0,2*

\* Оптимально значение  $R_a$  для данного вида обработки

По таблице 1.3 выбирать допускаемую погрешность измерения  $\pm\delta$  (по ГОСТ 8.051-81) – величина, на которую можно ошибиться при измерении, в соответствии с номинальным размером и качеством отдельно для отверстия и вала.

Каждое измерительное средство имеет погрешность. Предельная погрешность измерительного средства  $\pm\Delta_{lim}$  - наибольшая величина, на которую это измерительное средство может исказить истинный размер. Она указывается в паспорте прибора.

При выборе средства измерения необходимо соблюдать условие

$$\pm\Delta_{lim} \leq \pm \delta . \quad (1.16)$$

**Таблица 1.3 – Допускаемые погрешности  $\pm\delta$  при измерениях линейных размеров, мкм (по ГОСТ 8.051-81)**

Предельные размеры	Квалитеты										
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Свыше 6 до 10	1,4	2	2	4	5	9	12	18	30	50	80
Св. 10 до 18	1,6	2,8	3	5	7	10	14	30	40	60	90
Св. 18 до 30	2	3	4	6	8	12	18	30	50	70	120
Св. 30 до 50	2,4	4	5	7	10	16	20	40	50	80	140
Св. 50 до 80	2,8	4	5	9	12	18	30	40	60	100	160
Св. 80 до 120	3	5	6	10	12	20	30	50	70	120	180
Св. 120 до 180	4	6	7	12	16	30	40	50	80	140	200
Св. 180 до 250	5	7	8	12	18	30	40	60	100	160	240

**Таблица 1.4 – Предельные погрешности универсальных средств измерения  $\pm\Delta_{lim}$ , мкм (для учебных целей)**

Средство измерения		Размеры деталей					
		до 25	св. 25...75	св. 75...100	св. 100...150	св. 150...200	св. 200...250
Микрометр гладкий, отсчет 0,01*		5	$\frac{10}{5}$	$\frac{15}{5}$	$\frac{15}{10}$	$\frac{20}{10}$	$\frac{25}{10}$
Скоба индикаторная, отсчет 0,01*		до 10	св. 10...30	св. 30...50	св. 50...80	св. 80...180	св. 180...200
		10	$\frac{12}{10}$	$\frac{15}{10}$	$\frac{15}{12}$	$\frac{20}{12}$	$\frac{25}{15}$
Скоба рычажная, (микрометр рычажный), отсчет 0,002*		до 25	св. 25...50	св. 50...75	св. 75...100	св. 100...125	св. 125...150
		4	$\frac{7}{4,5}$	$\frac{9}{5}$	$\frac{12}{5}$	$\frac{14}{6}$	$\frac{16}{7}$
Нутромер индикаторный	отсчет 0,01мм, перемещение измерительного стержня 0,1	св.3...18	св. 18...50	св. 50...120	св. 120...250	св. 250...500	-
		10	10	15	15	20	
	отсчет 0,001мм или 0,002мм, перемещение измерительного стержня 0,1мм	4,5	5,5	6,5	7,5	11	
Оптиметр, отсчет 0,001мм; перемещение измерительного стержня ( $\pm 0,06$ ) в горизонтальной стойке при измерении отверстий			св.13...18	св. 18...50	св. 50...120	св. 120...250	св. 250...300
			1,5	1,5	2,5	5	-

\* В числителе в руках, в знаменателе обеспечивается изоляция от тепла рук оператора

Зная допускаемую погрешность  $\delta$ , соблюдая условие (1.16), по таблице 1.4 выбрать соответствующие средства

измерения для вала и отверстия. Данные по выбору измерительных средств занести в таблицу 1.5.

**Таблица 1.5 – Измерительные инструменты для контроля деталей соединения**

Наименование детали, ее номинальный размер, поле допуска	Величина допуска изделия IT, мкм	Допустимая погрешность измерения $\pm\delta$ , мкм	Предельная погрешность измерит. средства $\Delta_{lim}$ , мкм	Наименование средства измерения

1.7 Вычертить в масштабе схему полей допусков соединения, поля допусков которых выбрали, в результате решения задания. Построение схем полей допусков позволяет наглядно определить характер соединения. На схеме полей допусков предельные отклонения деталей сопряжения проставляются в мкм, указываются номинальный и предельные размеры деталей сопряжения, получаемые зазоры и (или) натяги.

1.8 Вычертить в произвольном масштабе соединение и его детали с обозначением посадки на сборочном и полей допусков на рабочих чертежах на формате А4.

### ***Пример расчета посадки с зазором***

Провести расчет и выбор посадки для гладкого цилиндрического соединения Ø50мм для обеспечения предельных расчетных зазоров  $S_{max} = 105$ мм и  $S_{min} = 32$ мм. Посадка в системе отверстия. Назначить технологические процессы изготовления деталей соединения.

1.1 Определяем допуск зазора

$$TS = 105 - 32 = 73 \text{ мкм.}$$

Определяем число единиц допуска  $i$  по приложению 10:

$$i = 1,56 \text{ мкм.}$$

Рассчитываем коэффициент точности:

$$a_{cp} = \frac{73}{2 \cdot 1,56} \approx 23,4 \text{ ед. доп.}$$

1.2 Определяем квалитет по приложению 7 – *IT7*. По приложению 4 находим допуск седьмого квалитета  $TD = Td = 25 \text{ мкм}$ .

1.3 Определяем: шероховатость деталей соединения по формуле 1.4

$$R_{aD} = R_{ad} = 0,125 \cdot 25 = 3,1 \text{ мкм}.$$

предельные технологические зазоры по формуле 1.2

$$S_{T(\max)} = 105 - 1,4(3,1 + 3,1) = 96,3 \text{ мкм},$$

$$S_{T(\min)} = 32 - 1,4(3,1 + 3,1) = 23,3 \text{ мкм}.$$

1.4 Назначаем стандартную посадку:

1.4.1 Поскольку посадка в системе отверстия, нижнее отклонение отверстия *EI* равно нулю; при посадке с зазором поле допуска вала должно располагаться ниже поля допуска отверстия, т. е. предельные отклонения вала будут отрицательными. По приложению 3 находим основное отклонение вала согласно условию 1.8  $es = -25 \text{ мкм}$  (основное отклонение *f*).

1.4.2 По условию (1.10) определяем квалитеты отверстия вала (приложение 4): отверстие – восьмой квалитет, вал – седьмой (сумма допусков  $39 + 25$ ).

1.4.3 Вторые предельные отклонения отверстия и вала определяем из равенства 1.12:

$$ES = 0 + 39 = +39 \text{ мкм};$$

$$ei = -25 - 25 = -50 \text{ мкм}.$$

Записываем выбранную посадку:

$$\varnothing 50 \frac{H8}{f7} \left( \begin{array}{c} +0.039 \\ -0.025 \\ -0.050 \end{array} \right)$$

Проверяем соблюдение условия 1.6:

$$S_{C(\max)} = D_{\max} - d_{\min} = 50,039 - 49,950 = 0,089; 0,089 < 0,096,$$

$$S_{C(\min)} = D_{\min} - d_{\max} = 50 - 49,975 = 0,025; 0,025 > 0,023.$$

Условие соблюдается – посадка выбрана верно.

1.5 Уточняем шероховатость поверхности вала и отверстия (1.4):

$$R_{ad} = 0,125 \cdot 25 \approx 3,2 \text{ мкм}, R_{aD} = 0,125 \cdot 39 \approx 4,9 \text{ мкм}$$



Выбираем стандартные значения  $R_{aD}$  и  $R_{ad}$  по таблице 1.1:

$$R_{ad}=3,2\text{мкм}, R_{aD}=4,0\text{мкм}$$

По таблице 1.2 назначаем завершающий технологический процесс, обеспечивающий требуемую точность и шероховатость:

вал – обтачивание продольной подачей чистовое;

отверстие – растачивание чистовое.

#### 1.6 Выбираем средства измерения

для отверстия:  $\delta = \pm 10\text{мкм}$  (таблица 1.3). Соблюдая условие 1.15, по таблице 1.4 – индикаторный нутромер  $\pm \Delta lim = \pm 5,5\text{мкм}$ ;

для вала  $\delta = \pm 7\text{мкм}$  – микрометр в стойке  $\pm \Delta lim = \pm 5\text{мкм}$ ; результаты выбора средств измерений заносим в таблицу 1.6, в соответствии с рекомендованной формой, представленной в таблице 1.5.

**Таблица 1.6 – Измерительные инструменты для контроля деталей соединения  $\varnothing 50H8/f7$**

Наименование детали, ее номинальный размер, поле допуска	Величина допуска изделия IT, мкм	Допустимая погрешность измерения $\pm \delta$ , мкм	Предельная погрешность измерит. средства $\Delta lim$ , мкм	Наименование средства измерения
Отверстие $\varnothing 50H8$	39	10	5,5	Нутромер индикаторный с точностью отсчета 0,001мм
Вал $\varnothing 50f7$	25	7	5	Скоба рычажная с ценой деления 0,002мм

#### 1.7 Строим схему полей допусков соединения (рисунок 1).

#### 1.8 Вычерчиваем эскизы соединения и его деталей (рисунок 2).

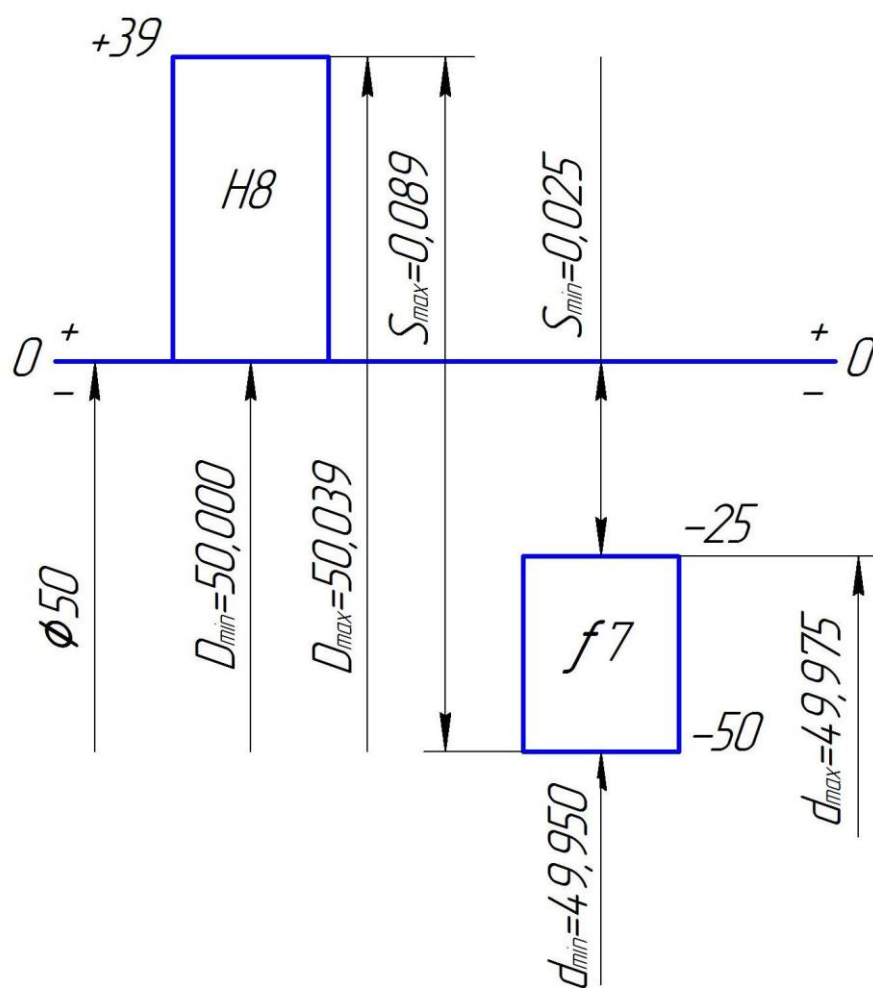


Рисунок 1 – Схема полей допусков соединения  $\varnothing 50$  H8/f7

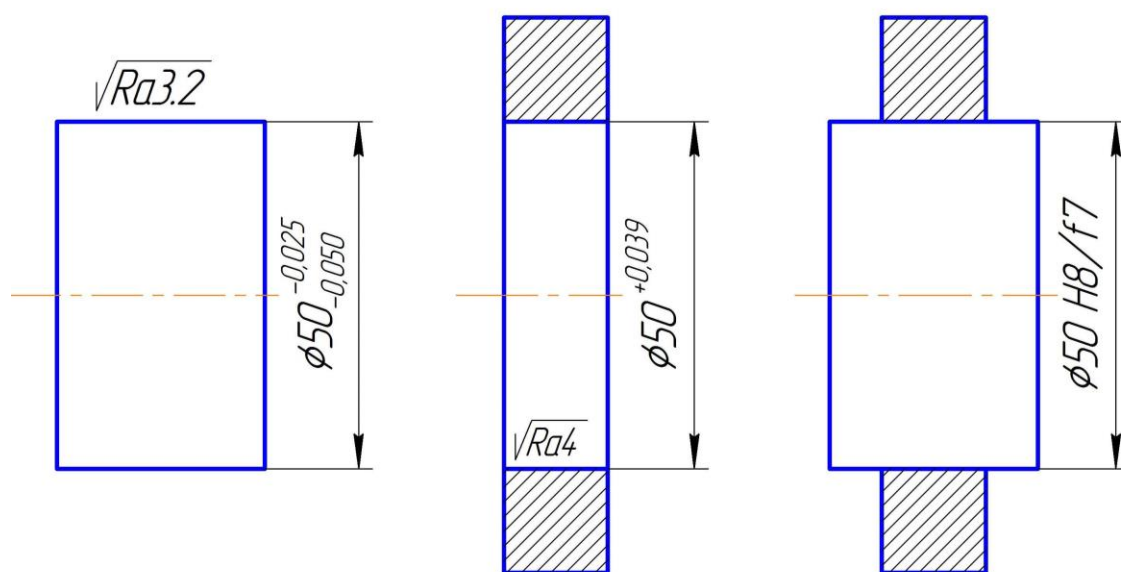


Рисунок 2 – Обозначение посадки соединения и его деталей на чертежах

### ***Пример расчета посадки с натягом***

Провести расчет и выбор посадки для гладкого цилиндрического соединения Ø80 мм для обеспечения предельных расчетных натягов  $N_{P(max)} = 74$  мкм;  $N_{P(min)} = 20$  мкм. Посадка в системе вала. Назначить технологические процессы изготовления деталей соединения.

#### **1.1 Рассчитываем допуск посадки с натягом**

$$TN_P = 74 - 20 = 54 \text{ мкм.}$$

Определяем коэффициент точности:

$$a_{cp} = \frac{54}{2 \cdot 1,86} \approx 14,5 \quad (i = 1,86 \text{ мкм приложение 10}).$$

1.2 Квалитет по приложению 11 – IT6, по приложению 4 допуск  $Td=19$  мкм.

#### **1.3 По формуле 1.4**

$$R_{aD} < 0,125 \cdot TD; R_{aD} \leq 0,125 \cdot 19 \leq 2,375 \text{ мкм,}$$

$$R_{ad} = 0,125 \cdot 19 \leq 2,375 \text{ мкм.}$$

По формулам 1.3 рассчитываем предельные натяги

$$N_{T(max)} = 74 + 1,4(2,375 + 2,375) = 80,65 \text{ мкм,}$$

$$N_{T(min)} = 20 + 1,4(2,375 + 2,375) = 26,65 \text{ мкм.}$$

#### **1.4 Поля допусков выбираем по приложениям 2 - 4.**

1.4.1 По приложению 4, определяем табличные значения допусков, соблюдая условие 1.12:  $TD = 30$  мкм (квалитет 7),  $Td = 19$  мкм (квалитет 6),  $30 + 19 = 49$  мкм;  $49 < 54$ ;

1.4.2 По приложению 2, соблюдая условие 1.14, выбираем основное отклонение отверстия.

Поскольку посадка в системе вала, верхнее отклонение вала  $es=0$ , следовательно, при посадке с натягом поле допуска отверстия должно находиться ниже поля допуска вала, т.е. оба предельных отклонения отверстия должны быть отрицательными. Поэтому  $ES = -48$  мкм (основное отклонение «S»).

1.4.3 Вторые предельные отклонения вала и отверстия определяем из равенств 1.12:

$$ei = 0 - 19 = -19 \text{ мкм},$$

$$EI = -48 - 30 = -78 \text{ мкм}.$$

$$\text{Посадка } \varnothing 80 \frac{S7}{h6} \left( \begin{array}{c} -0.078 \\ -0.048 \\ -0.019 \end{array} \right)$$

Проверяем условие выбора (1.7):  $N_{c \max} = 78 \text{ мкм}$ ,  $N_{c \min} = 29 \text{ мкм}$ ,  $29 > 26,65$ ;  $78 < 80,65$  – условия соблюдаются, следовательно, посадка выбрана верно.

1.5 Уточняем шероховатость поверхности вала и отверстия (1.4);

$$R_{ad} = 0,125 \cdot 19 = 2,4 \text{ мкм}, R_{aD} = 0,125 \cdot 30 = 3,75 \text{ мкм}.$$

По таблице 1.1 выбираем стандартные значения  $R_{aD}$  и  $R_{ad}$ :

$$R_{ad} = 2,0 \text{ мкм}, R_{aD} = 3,2 \text{ мкм}.$$

По таблице 1.2 назначаем завершающий технологический процесс обработки поверхности деталей соединения: для отверстия – шлифование; для вала – тонкое точение.

1.6 Выбираем средства измерения

для отверстия:  $\delta = 9 \text{ мкм}$  (таблица 1.3). Соблюдая условие 1.16, по таблице 1.4 принимаем – индикаторный, нутромер с точностью 0,001 или 0,002 мм,  $\pm \Delta_{lim} = 6,5 \text{ мкм}$ ;

для вала:  $\delta = \pm 5 \text{ мкм}$  – Микрометр гладкий отсчет 0,01 мм, обеспечивается изоляция от тепла рук оператора,  $\pm \Delta_{lim} = \pm 5 \text{ мкм}$ . Результаты выбора средств измерений заносим в таблицу 1.7, в соответствии с рекомендованной формой, представленной в таблице 1.5.

**Таблица 1.7 – Измерительные инструменты для контроля деталей соединения  $\varnothing 80S7/h6$**

Наименование детали, ее номинальный размер, поле допуска	Величина допуска изделия IT, мкм	Допустимая погрешность измерения $\pm \delta$ , мкм	Предельная погрешность измерит. средства $\Delta_{lim}$ , мкм	Наименование средства измерения
Отверстие $\varnothing 80S7$	30	9	6,5	Нутромер индикаторный с точностью отсчета 0,001 или 0,002 мм, перемещение измерительного стержня 0,1 мм

Продолжение таблицы 1.7

Наименование детали, ее номинальный размер, поле допуска	Величина допуска изделия IT, мкм	Допустимая погрешность измерения $\pm\delta$ , мкм	Предельная погрешность измерит. средства $\Delta_{lim}$ , мкм	Наименование средства измерения
Вал $\varnothing 50h6$	19	5	5	Микрометр гладкий отсчет 0,01мм, обеспечивается изоляция от тепла рук оператора

1.7 Строим схему полей допусков деталей соединения (рисунок 3).

1.8 Вычерчиваем эскизы соединения и его деталей (рисунок 4).

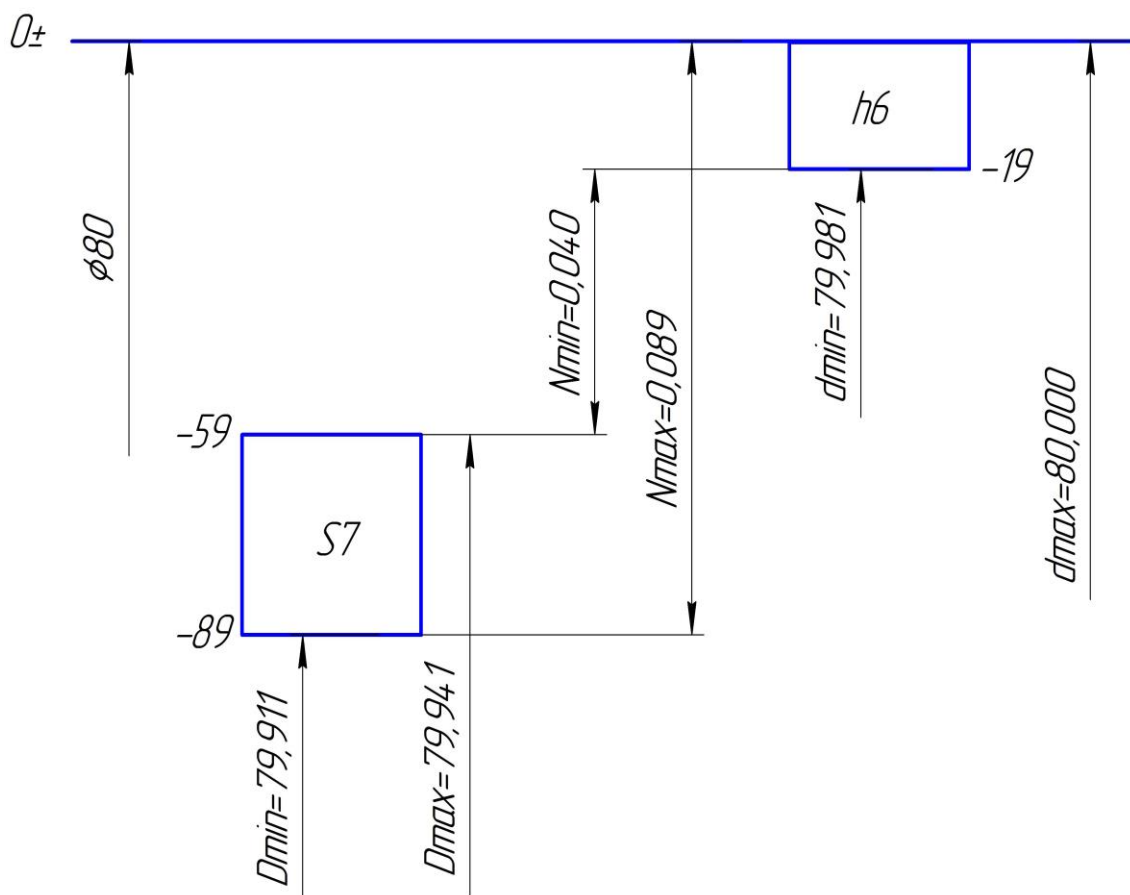


Рисунок 3 – Схема полей допусков соединения  $\varnothing 80 S7/h6$

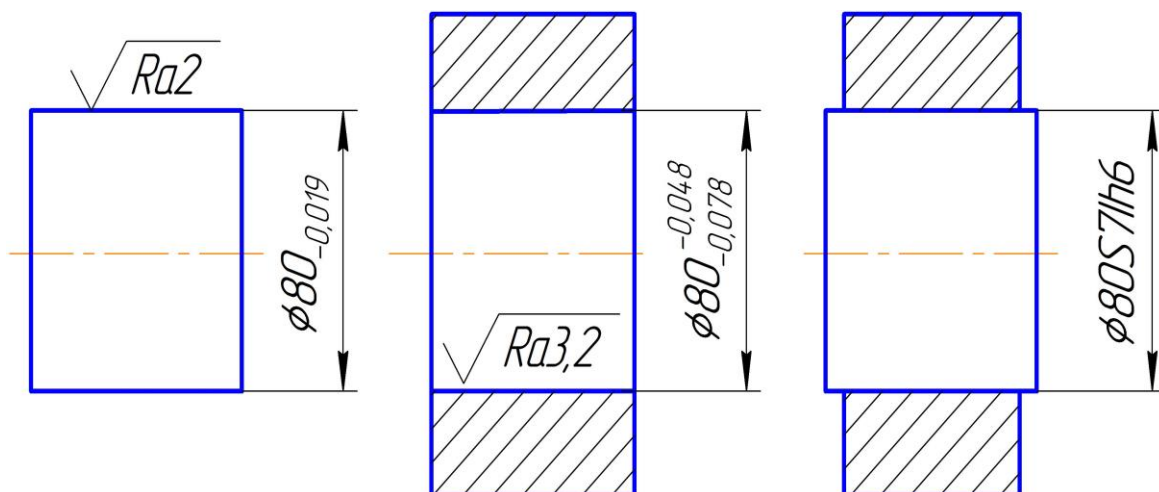


Рисунок 4 – Обозначение посадки соединения и его деталей на чертежах

### **Примечание.**

В группах переходных посадок, могут получаться как зазоры, так и натяги.

В заданиях на курсовую работу, «зазор» в переходных посадках обозначен как « $-N_{min}$ ». Рекомендуется, необходимые расчеты производить, как для посадок с натягом.

*Например:* Провести расчет и выбор посадки для гладкого цилиндрического соединения  $\varnothing 40$  мм для обеспечения предельных расчетных натягов  $N_{P(max)} = 20$  мкм;  $N_{P(min)} = -5$  мкм, тогда

1.1 Рассчитываем допуск переходной посадки

$$TSN_P = N_{max} - (-N_{min})$$

$$TSN_P = 20 - (-5) = 25 \text{ мкм.}$$

Определяем коэффициент точности,  $i = 1,56$  мкм (приложение 10):

$$a_{cp} = \frac{25}{2 \cdot 1,56} = 16,02 \approx 16 \text{ ед. допуска}$$

Что соответствует 7 квалитету (приложение 11)  $IT7$ , допуск по 7 квалитету, для номинального диаметра 40 мм равен 25 мкм (приложение 4),  $Td = 25$  мкм.

## **ЗАДАНИЕ 2. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОЙ СБОРКИ СОЕДИНЕНИЯ ТРЕБУЕМОЙ ТОЧНОСТИ**

### ***Содержание задания***

#### ***Исходные данные:***

Соединение технологическое, заданное номинальным размером и полями допусков деталей по возможностям изготовления, количество групп сортировки  $n$ .

- 2.1 Определить значения допусков, предельных отклонений и предельных размеров вала и отверстия.
- 2.2 Определить значения предельных зазоров или натягов в заданном соединении (технологическом).
- 2.3 Определить групповые допуски деталей для селективной сборки.
- 2.4 Вычертить схему полей допусков заданного соединения, разделив поля допусков отверстия и вала на требуемое число групп. Пронумеровать групповые поля допусков.
- 2.5 Составить карту сортировщика, указав в ней предельные размеры валов и отверстий в каждой размерной группе.
- 2.6 Определить предельные групповые зазоры и (или) натяги в соединении.

### ***Методические рекомендации по выполнению***

2.1 В соответствии с заданием на курсовую работу, по приложениям 2 и 3 выбрать основные отклонения отверстия или вала; по приложению 4 определить допуски отверстия и вала, в зависимости от номинального размера и качества. Вторые предельные отклонения определяются из выражений 1.12 приведенных в методических рекомендациях к решению 1 задания курсовой работы.

Определение предельных размеров см. гл. 6 [1].

2.2 Определение предельных зазоров (натягов) стр. 14...16 [1].

2.3 Определить групповой допуск деталей соединения по формуле:

$$T_d^{гp} = \frac{T_d}{n_{гp}}; T_D^{гp} = \frac{T_D}{n_{гp}}. \quad (2.1)$$

2.4 Предельные отклонения, размеры вала и отверстия в каждой размерной группе удобнее определять по схеме полей допусков заданного соединения, разделив на схеме поля допусков на заданное число размерных групп, затем проставить значения предельных отклонений на границах допусков размерных групп.

2.5 Предельные размеры валов и отверстий каждой размерной группы записать в соответствии с расчетными данными и схемой полей допусков в форме представленной таблицей 2.1.

**Таблица 2.1 – Карта сортировщика на  $n$  размерных групп деталей соединения**

Номер размерной группы		Размеры деталей	
		отверстие	вал
1	от		
	до		
2	свыше		
	до		

2.6 Определить предельные зазоры или натяги первой группы, поскольку предельные зазоры или натяги одноименных групп равны. Их определение принципиально не отличается от определения в обычных соединениях.

### ***Пример расчета***

Задано количество групп сортировки ( $n=3$ ) деталей соединения  $\varnothing 100 G8/h8$ .

#### **2.1 Определяем предельные отклонения**

Отверстия  $\varnothing 100 G8$ : основное отклонение  $G$  по приложению 2  $EI = +0,012$  мм; допуск 8-го качества по



приложению 4  $IT8 = 0,054$  мм; верхнее отклонение (1.12)  $ES = +0,012 + 0,054 = +0,066$  мм;

$\varnothing 100 G8 \begin{smallmatrix} +0,066 \\ +0,012 \end{smallmatrix}$ ;  $D_{max} = 100,066$  мм,  $D_{min} = 100,012$  мм.

Вала  $\varnothing 100 h8$ : основное отклонение  $h$  по приложению 3  $es = 0$ ; нижнее отклонение (1.12)  $ei = 0 - 0,054 = -0,054$  мм  
 $\varnothing 100 h8 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,054 \end{smallmatrix}$ ;  $d_{max} = 100$  мм,  $d_{min} = 99,946$  мм.

## 2.2 Предельные зазоры и допуск посадки с зазором

$S_{max} = 100,066 - 99,946 = 0,120$  мм,  $S_{min} = 100,012 - 100 = 0,012$  мм;  
 $TS = 0,120 - 0,012 = 0,108$  мм.

## 2.3 Групповые допуски определяем по формуле 2.1

$$T_d^{гр} = T_D^{гр} = \frac{0,054}{3} = 0,018 \text{ мм}$$

2.4 Вычерчиваем схему полей допусков соединения  $\varnothing 100 G8/h8$ , поля допусков деталей которого разбиваются на три равные части по 0,018 мм, и проставляются предельные отклонения групп. Определяем предельные групповые размеры (рисунок 5).

2.5 Предельные групповые размеры записываем в таблицу 2.2, форма которой представлена таблицей 2.1.

**Таблица 2.2 – Карта сортировщика на три размерные группы деталей соединения**

Номер размерной группы		Размеры деталей	
		отверстие	вал
1	от	100,012	99,946
	до	100,030	99,964
2	свыше	100,030	99,964
	до	100,048	99,982
3	свыше	100,048	99,982
	до	100,066	100,000

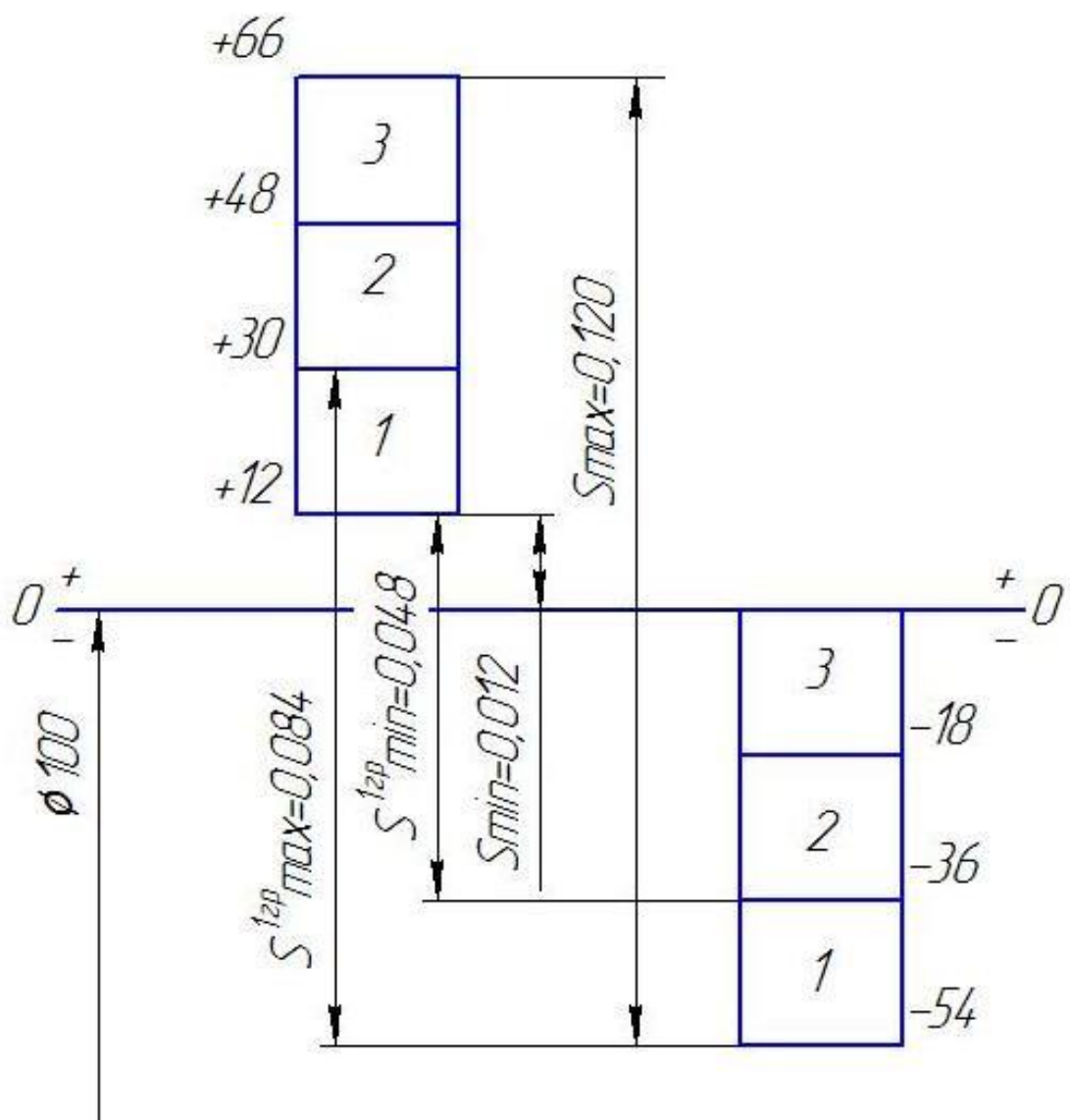


Рисунок 5 – Схема полей допусков соединения  $\varnothing 100$  G8/h8, детали которого рассортированы на три размерные группы

2.6 Предельные групповые зазоры деталей соединения равны

$$S_{\max}^{1\text{гр}} = S_{\max}^{2\text{гр}} = S_{\max}^{3\text{гр}} = 0,084 \text{ мм},$$

$$S_{\min}^{1\text{гр}} = S_{\min}^{2\text{гр}} = S_{\min}^{3\text{гр}} = 0,048 \text{ мм}.$$

### **ЗАДАНИЕ 3. РАСЧЕТ И ВЫБОР ПОЛЕЙ ДОПУСКОВ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ СОПРЯГАЕМЫХ С ПОДШИПНИКАМИ КАЧЕНИЯ**

#### ***Содержание задания***

*Исходные данные:*

- номер подшипника качения;
- значение радиальной нагрузки на опоре подшипника;
- эскиз узла, в котором используют подшипник качения.

- 3.1 Найти конструктивные размеры заданного подшипника качения.
- 3.2 Рассчитать и выбрать посадки подшипника на вал и в корпус.
- 3.3 Для соединения «корпус-подшипник» и «подшипник-вал» построить схемы полей допусков.
- 3.4 Вычертить эскизы подшипников узла и деталей, сопрягаемых с подшипником, указав на них посадки соединений, размеры, поля допусков деталей, шероховатость сопряжения поверхностей, отклонения формы и расположения.

#### ***Методические рекомендации по выполнению***

3.1 По приложению 6 выбрать конструктивные размеры заданного подшипника ( $D$ ,  $d$ ,  $B_K$ ,  $r$ ).

3.2 Посадки колец подшипников назначают в соответствии с ГОСТ 3325-85 в зависимости от вида нагружения колец подшипника. В заданиях для курсовой работы дается два вида нагружения: циркуляционный, когда кольцо вращается вместе с сопрягаемой деталью, и местный для неподвижного кольца.

Посадка для кольца, имеющего циркуляционный вид нагружения, производится по интенсивности радиальной нагрузки  $P_R$ , кН/м:

$$P_R = \frac{R}{B_r} K_1 K_2 K_3, \quad (3.1)$$

где  $R$  – расчетная радиальная реакция опоры, Н;

$B_p$  – рабочая ширина подшипника, м,  $B_p = (B_K - 2r)n$ ;

$r$  – радиус закругления фаски кольца подшипника, мм;

$n$  – количество подшипников;

$K_1$  – динамический коэффициент посадки. Рекомендуется при нагрузке с умеренными толчками, перегрузка до 150%,  $K_1=1,0$ . При толчках и вибрации, перегрузке до 300%  $K_1=1,8$ .

$K_2$  – коэффициент, учитывающий ослабление натяга при полом вале и тонкостенном корпусе. Рекомендуется принимать от 1 до 3 для вала и от 1 до 1,8 для корпуса. При массивном вале  $K_2=1$ . При тонкостенном корпусе  $K_2=1,4$ .

$K_3$  – коэффициент неравномерности распределения радиальной нагрузки.  $K_3=1$  при отсутствии осевой нагрузки (см. с. 149 [1]).

Определив для циркуляционно нагруженного кольца значение интенсивности радиальной нагрузки, по таблице 3.1 выбрать поле допуска соответственно для вала или корпуса, сопрягаемого с этим кольцом.

**Таблица 3.1 – Допустимые значения интенсивности нагрузки**

Номинальный посадочный размер внутреннего кольца подшипника на вал, мм	$P_R$ , кН/м, при поле допуска вала				Номинальный посадочный размер наружного кольца подшипника на вал, мм	$P_R$ , кН/м, при поле допуска отверстия			
	<i>js6</i>	<i>k6</i>	<i>m6</i>	<i>n6</i>		K7	M7	N7	P7
Св. 18 до 80	до 300	300- 1400	1400- 1600	1600- 3000	Св. 50 до 180	до 800	800- 1000	1000- 1300	1300- 2500
Св. 80 до 180	до 600	600- 2000	2000- 2500	2500- 4000	Св. 180 до 360	до 1000	1000- 1500	1500- 2000	2000- 3300

Посадку для кольца подшипника, имеющего местный вид нагружения, выбирать в соответствии с рекомендациями ГОСТ 3325-85, которые также приведены в таблице 3.2.

**Таблица 3.2 – Рекомендуемые посадки для местно-нагруженных колец подшипников**

Размеры посадочных диаметров, мм		Поля допусков сопрягаемых с подшипником деталей		
свыше	до	вал	стальной или чугунный корпус	
			Неразъемный	разъемный
Нагрузка спокойная или с умеренными толчками и вибрацией				
-	80	h6	H7	H7, H8
80	260	h6,g6	G7	
Нагрузка с ударами и вибрацией				
-	80	h6	Js7	Js9
80	260		H7	

3.3 Схемы полей допусков строить по общим правилам для соединений «внутреннее кольцо подшипника – вал», и «корпус – наружное кольцо подшипника». Пример построения схем полей допусков приведен в рассматриваемом примере. Отклонения колец подшипников, нормируются ГОСТ 520-89 в соответствии с классом точности подшипника. В задании на курсовую работу подшипники заданы нулевым «0» классом точности, используемом для большинства подшипниковых узлов общего назначения в машиностроении (в обозначении подшипника «0» класс точности не указывается). Определить, предельные отклонения присоединительных диаметров подшипников качения можно используя приложение 5.

3.4 Начертить эскизы подшипникового узла и деталей, сопрягаемых с подшипниками, с требуемыми обозначениями шероховатости, отклонения формы и расположения посадочных и опорных торцовых поверхностей. Значение шероховатости, допусков формы и расположения посадочных поверхностей выбрать в соответствии с заданным классом точности подшипника и номинальным диаметром посадочных поверхностей, по таблицам 3.3-3.4. Пример эскиза приведен в рассматриваемом примере.

**Таблица 3.3 – Параметры шероховатости посадочных поверхностей валов и отверстий корпусов под подшипники качения**

Подшипник качения		Посадочные поверхности		
класс точности	номинальный диаметр, мм	валов	отверстий корпусов	опорных торцов заплечиков
		Параметр шероховатости $R_a$ , мкм		
0	До 80 80 - 500	1,25	1,25	2,5
		2,5	2,5	2,5

**Таблица 3.4 – Допуски формы и расположения посадочных поверхностей валов и отверстий корпусов (в мкм не более)**

Класс точности подшипников	Номинальные диаметры $d$ и $D$ подшипников качения, мм					
	св. 8 до 30	св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120	св. 120 до 180	св. 180 до 250
0	Посадочная поверхность <b>вала</b> . Допуск непостоянства диаметра в поперечном и продольном сечении					
	7	8	10	12	12	14
0	Допуск торцевого биения заплечиков вала					
	21	25	30	35	40	46
0	Посадочная поверхность <b>отверстия корпуса</b> . Допуск непостоянства диаметра в поперечном и продольном сечении					
	-	12	15	18	20	23
0	Допуск торцевого биения заплечиков отверстия корпуса					
	-	39	46	54	63	72

### **Пример расчета**

Номер подшипника 314, эскиз узла – №1 (приложение 1), радиальная нагрузка  $R = 15$  кН.

3.1 По приложению 6 выбираем номинальные размеры подшипника №314  $D = 150$ ;  $d=70$ ;  $B_K=35$ ;  $r=3.5$ .

3.2 Исходя из конструкции подшипникового узла и условий работы (узел № 1, приложение 1) выбираем вид нагружения колец подшипника:

– внутреннее кольцо – циркуляционный вид нагружения, т.к. вращается вместе с валом;

– наружное кольцо – местный вид нагружения, т.к. неподвижно в корпусе.

Посадку для внутреннего кольца подшипника, испытывающего циркуляционный вид нагружения, производим по интенсивности радиальной нагрузки.

По рекомендациям приведенным в выше выбираем коэффициенты  $K_1 = 1,2$ ;  $K_2 = 1$ ;  $K_3 = 1$ .

С учетом принятых коэффициентов, рассчитываем интенсивность радиальной нагрузки по формуле 3.1

$$PR = \frac{15 \cdot 1000}{(35 - 2 \cdot 3,5) \cdot 2} \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 321,4 \text{ кН/м}$$

По таблице 3.1 для  $P_R = 321,4 \text{ кН/м}$  и  $d = 70 \text{ мм}$  выбираем поле допуска вала –  $k6$ . Поле допуска внутреннего кольца принимаем  $L0$  (нулевой класс точности). Посадка «внутреннее кольцо – вал» –  $\varnothing 70 L0/k6$ .

Для наружного кольца, испытывающего местный вид нагружения, выбираем рекомендуемое поле допуска корпуса подшипника по таблице 3.2. для  $D = 150 \text{ мм}$  –  $G7$ .

Поле допуска наружного кольца –  $L0$ . Посадка «корпус – наружное кольцо подшипника» –  $\varnothing 150 G7/L0$ .

### 3.3 Строим схему полей допусков (рисунок 6).

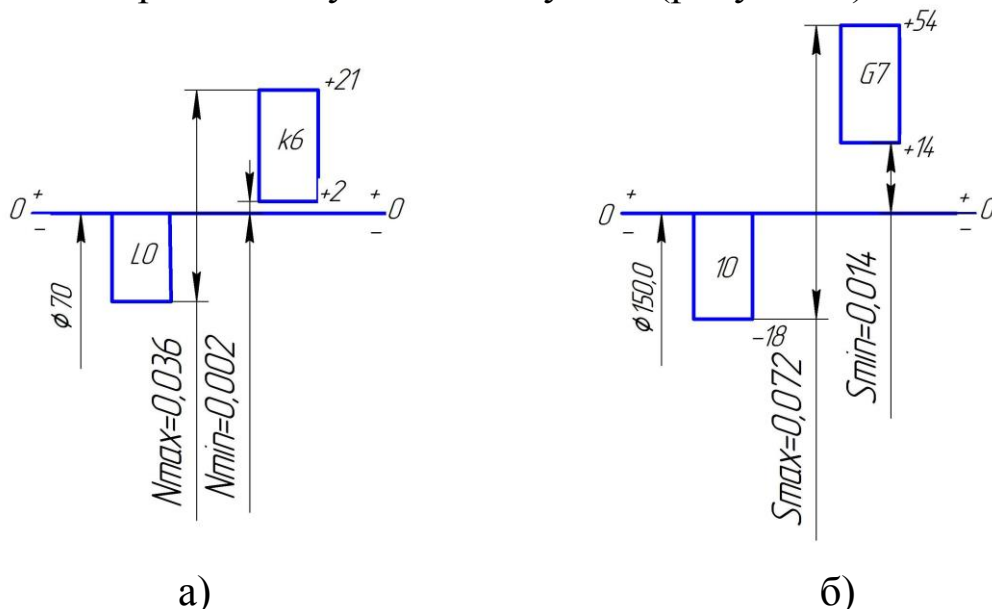
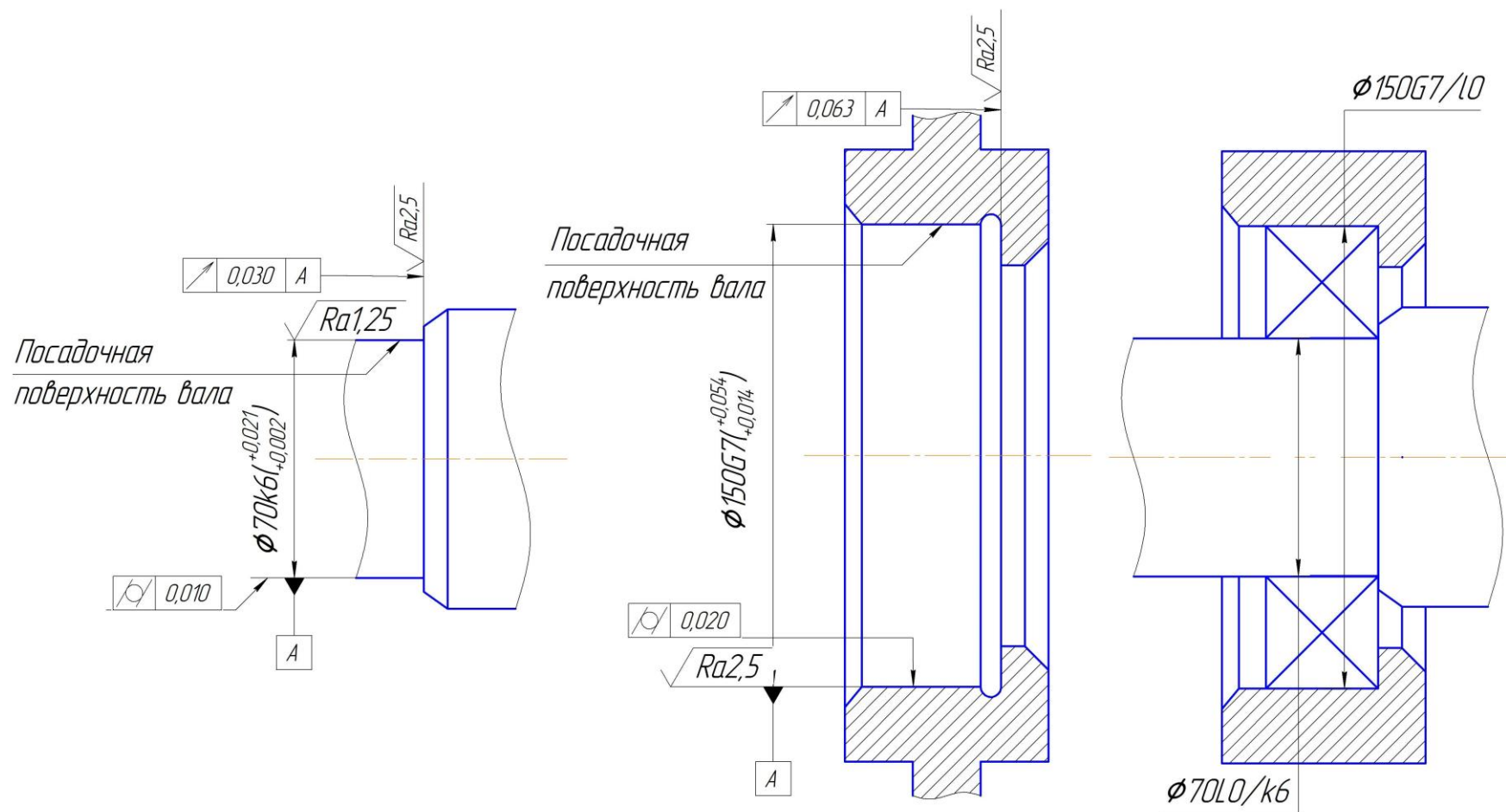


Рисунок 6 – Схема полей допусков соединения:

- а) «внутреннее кольцо – вал»,
- б) «корпус – наружное кольцо»

3.4 Чертим эскизы подшипникового узла, указываем посадки и поля допусков, шероховатость, допуски формы и расположения посадочных поверхностей (рисунок 7).



а)

б)

Рисунок 7 – Обозначение посадок подшипников качения и полей допусков сопрягаемых с ними деталей: а) на рабочих чертежах; б) на сборочном чертеже



## **ЗАДАНИЕ 4. ВЫБОР ДОПУСКОВ И ПОСАДОК ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

### ***Содержание задания***

*Исходные данные:*

- диаметр вала  $d$ , мм;
- конструкция шпонки;
- вид соединения, характер производства.

- 4.1 Определить основные размеры шпоночного соединения.
- 4.2 Выбрать поля допусков деталей шпоночного соединения по ширине шпонки.
- 4.3 Назначить поля допусков и определить предельные отклонения остальных размеров шпоночного соединения.
- 4.4 Рассчитать все размерные характеристики деталей шпоночного соединения.
- 4.5 Вычертить схему расположения полей допусков размеров шпоночного соединения, по ширине шпонки.
- 4.6 Определить предельные зазоры и натяги в соединениях «шпонка – паз вала» и «шпонка – паз втулки».
- 4.7 Вычертить эскизы шпоночного соединения и его деталей с указанием всех основных размеров и полей допусков.

### ***Методические рекомендации по выполнению***

4.1 Номинальные размеры шпоночного соединения с призматическими шпонками определить по приложению 7, а с сегментными – по приложению 8. В курсовой работе принять длину  $l$  призматической шпонки в пределах 40 – 100 мм из следующего ряда: 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100.

4.2 Выбор полей допусков деталей шпоночного соединения по ширине шпонки зависит от вида соединения. Стандарт предусматривает три вида соединений по ширине шпонки: плотное, нормальное и свободное. Каждому из этих видов соединений соответствует определенный набор полей допусков на ширину шпонки, ширину паза вала и паза втулки. Все эти поля допусков для разных видов шпоночных соединений приведены в таблице 4.1, Численные значения

предельных отклонений определить при помощи приложений 2...4.

В курсовой работе принять условия работы шпоночного соединения – точное центрирование.

**Таблица 4.1 – Рекомендуемые поля допусков в соединениях «шпонка-паз вала (втулки)»**

Вид соединения и характер производства	Поля допусков по ширине		
	шпонки	паза вала	паза втулки
Плотное соединение при точном центрировании (индивидуальное производство)	h9	P9	P9
Нормальные соединения (массовое производство)	h9	N9	JS9
Свободные соединения (направляющие шпонки)	h9	H9	D9

4.3 Указания по назначению полей допусков на другие размеры деталей шпоночного соединения даны в ГОСТ 23360-78, ГОСТ 24071-80, по которым назначают следующие поля допусков: высота шпонки – по  $h11$ , длина шпонки – по  $h14$ , длина паза вала и втулки – по  $H15$ , диаметр сегментной шпонки – по  $h12$ . Отклонения глубины пазов вала и втулки назначаются в соответствии с высотой шпонки (таблица 4.2).

**Таблица 4.2 – Отклонения пазов вала и втулки**

Высота (толщина) шпонки $h$ (т)		Предельные отклонения глубины паза	
от	до	на валу $t_1$ (мм)	во втулке $t_2$ (мм)
<i>Соединение с призматической шпонкой</i>			
2	6	+0,1	
6	18	+0,2	
18	50	+0,3	
<i>Соединение с сегментной шпонкой</i>			
1,4	3,7	+0,1	+0,1
3,7	7,5	+0,2	
7,5	10	+0,3	
10	13		+0,2

Поля допусков шпоночного соединения по номинальному размеру «вал – втулка» устанавливают в зависимости от условий работы по таблице 4.3. В учебных целях в расчетах принять условия работы – «при точном центрировании».

**Таблица 4.3 – Рекомендуемые поля допусков в соединениях «вал-втулка»**

Условия работы	Поля допусков		Посадка
	Отверстия	вала	
При точном центрировании	H7	js6, k6, m6,	переходные
При больших динамических нагрузках	H7	s7	с натягом
При осевом перемещении	H8	x8, u8, s8	с зазором
втулки по валу	H7	h6	
	H7	h7	

4.4 Размерные характеристики рассчитать в соответствии с принятыми полями допусков, по ЕСДП приведенной в приложениях 2...4. Для удобства и наглядности размерные характеристики сводим в таблицу.

4.5 Схемы полей допусков строить по общим правилам для соединений «ширина паза на валу – ширина шпонки – ширина паза во втулке». Пример построения схемы полей допусков приведен в рассматриваемом примере.

4.6 Предельные зазоры (натяги) в соединениях «шпонка – паз вала» и «шпонка – паз втулки» определить по формулам стр. 14...16 [1].

4.7 Вычертить эскизы деталей шпоночного соединения со всеми требуемыми обозначениями шероховатости, отклонениями расположения посадочных поверхностей. Значение шероховатости и допусков расположения посадочных поверхностей выбрать в соответствии с качеством и номинальным размером, по таблицам 4.4 – 4.6. Пример эскизов деталей шпоночного соединения приведен в рассматриваемом примере.

**Таблица 4.4 – Параметр  $R_a$  шероховатости поверхности элементов шпоночных соединений в зависимости от допуска размера (не более мкм)**

Квалитет	Номинальные размеры поверхности, мм	
	до 18	св. 18 – 50
IT9	3,2	3,2
Параметр шероховатости дна шпоночного паза рекомендуется $R_a$ 6,3 мкм		

**Таблица 4.5 – Допуск симметричности расположения шпоночного паза**

Ширина шпонки, мм $b$	св. 3,0 до 10	св. 10 до 18	св. 18 до 30	св. 30 до 50
Допуск симметричности, мм	0,016	0,020	0,025	0,030

**Таблица 4.6 – Допуск параллельности расположения шпоночного паза**

Номинальный размер, мм	св. 10 до 16	св. 16 до 25	св. 25 до 40	св. 40 до 63	св. 63 до 100	св. 100 до 160
Допуск параллельности, мм	0,01	0,012	0,016	0,020	0,025	0,032

### ***Пример расчета***

Исходные данные:  $d=40$  мм; шпонка призматическая; соединение нормальное; условия работы – при точном центрировании.

4.1 По приложению 7 для  $d=40$  мм;  $b=12$  мм;  $h=8$  мм;  $t_1=5,0$  мм;  $t_2=3,3$  мм;  $l=63$  мм.

4.2 По таблице 4.1 выбираем поля допусков по ширине шпоночного соединения: ширина шпонки –  $12h9$ ; ширина паза вала –  $12N9$ ; ширина паза втулки –  $12JS9$ .

4.3 На другие размеры шпоночного соединения поля допусков назначаем согласно рекомендациям ГОСТ 23360-78:  $8h11$ ;  $40h14$ ;  $63H15$ ;  $5^{+0,2}$ ;  $3,3^{+0,2}$ .

Поля допусков для деталей соединения «вал – втулка» назначаем по таблице 4.2 –  $\varnothing 40 H7/m6$ .

Чертим схему полей допусков по ширине шпоночного соединения  $b=12$  мм (рисунок 8).

4.4 Размерные характеристики деталей шпоночного соединения сводим в таблицу 4.7.

**Таблица 4.7 – Размерные характеристики деталей шпоночного соединения**

Наименование размера	Номинальный размер, мм	Поле допуска	Допуск размера $T$ , мм	Предельные отклонения, мм		Предельные размеры, мм	
				верхнее $ES(es)$	нижнее $EI(ei)$	$max$	$min$
1	2	3	4	5	6	7	8
Ширина паза вала	12	$N9$	0,043	0	-0,043	12,000	11,957
Ширина паза втулки	12	$JS9$	0,043	+0,0215	-0,0215	12,0215	11,9785
Ширина шпонки	12	$h9$	0,043	0	-0,043	12,000	11,957
Глубина паза вала	5	-	0,100	+0,100	0	5,100	5,000
Высота шпонки	8	$h11$	0,090	0	-0,090	8,000	7,910
Глубина паза втулки	3,3	-	0,100	+0,100	0	3,400	3,300
Диаметр втулки	40	$H7$	0,025	+0,025	0	40,025	40,000
Диаметр вала	40	$m6$	0,016	+0,025	+0,009	40,025	40,009
Длина шпонки	63	$h14$	0,740	0	-0,740	63,000	62,260
Длина паза	63	$H15$	1,200	+1,200	0	64,200	63,000
Диаметр шпонки (для сегментной)	-	-	-	-	-	-	-

4.5 Вычертим схему расположения полей допусков размеров шпоночного соединения, по ширине шпонки (рисунок 8).

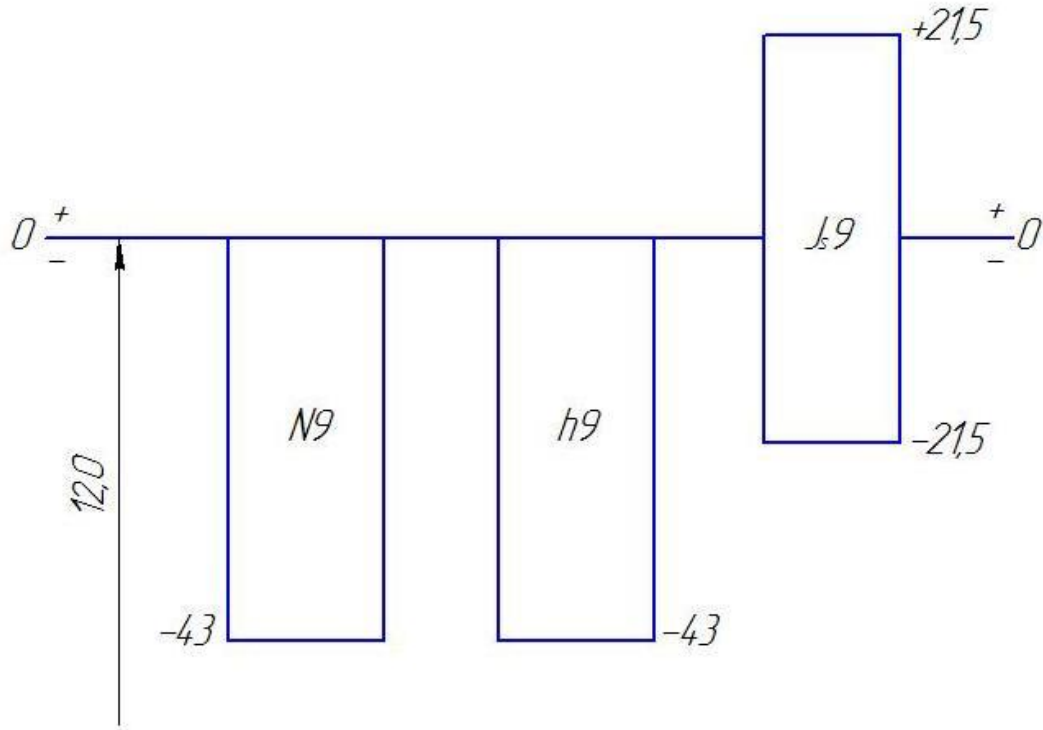


Рисунок 8 – Схема полей допусков шпоночного соединения

4.6 Определяем предельные зазоры и натяги:

«шпонка – паз втулки» –  $12JS9/h9$  – посадка переходная;

$$S_{max} = 12,0215 - 11,957 = 0,0645 \text{ мм}; N_{max} = 12 - 11,9785 = 0,0215 \text{ мм};$$

«шпонка – паз вала» –  $12N9/h9$  – посадка переходная,

$$S_{max} = 12 - 11,957 = 0,043 \text{ мм}; N_{max} = 12 - 11,957 = 0,043 \text{ мм}.$$

4.7 Вычертим эскизы деталей шпоночного соединения с указанием всех основных размеров и полей допусков (рисунок 9).

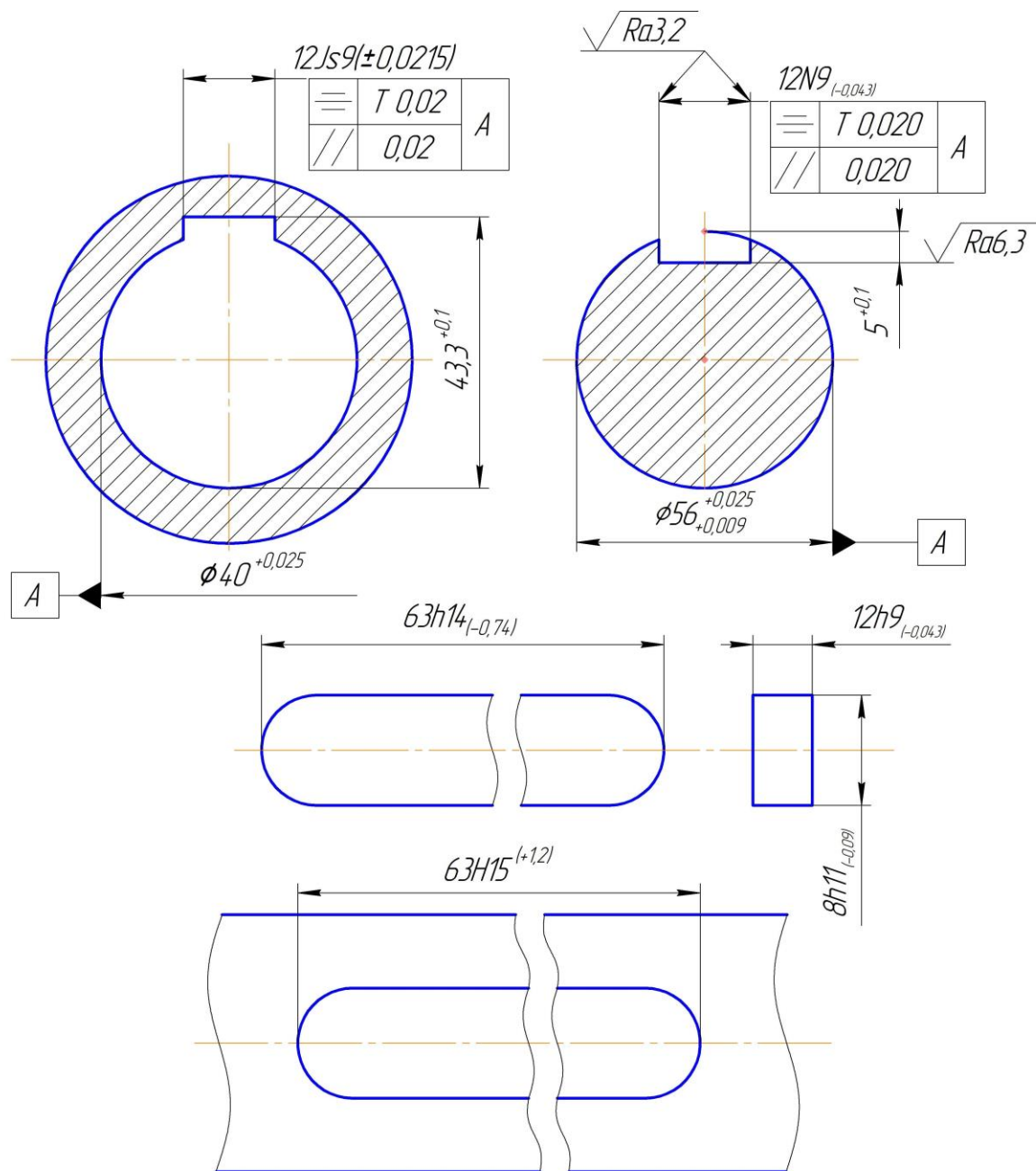


Рисунок 9 – Эскизы деталей шпоночного соединения

## **ЗАДАНИЕ 5. ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

### ***Содержание задания***

*Исходные данные:*

Условное обозначение прямобочного шлицевого соединения.

- 5.1 Установить способ центрирования заданного шлицевого соединения.
- 5.2 Установить значения основных отклонений, допусков размеров и вычертить схемы полей допусков центрирующих и нецентрирующих элементов шлицевого соединения.
- 5.3 Определить предельные размеры всех элементов деталей шлицевого соединения и заполнить таблицу 5.1.
- 5.4 Вычертить эскизы шлицевого соединения и его деталей, указав их условные обозначения.

### ***Методические рекомендации по выполнению***

5.1 Способ центрирования прямобочных шлицевых соединений установить по их условному обозначению (с.176...182 [1]).

5.2 При формировании посадок по центрирующим и нецентрирующим поверхностям прямобочных шлицевых соединений используют поля допусков гладких соединений (приложения 2-4).

При центрировании прямобочных шлицевых соединений по наружному диаметру  $D$  и ширине шлицев  $b$  поля допусков отверстия по внутреннему диаметру выполняют по  $H11$ , а размер вала должен быть не менее  $d_1$  (приложение 9), поле допуска при этом студент может назначить самостоятельно, исходя из требований гарантированного зазора. При центрировании по  $d$  или  $b$  поле допуска втулки по  $D - H12$ , вала по  $d - a11$ .



Зная значения основных отклонений и допуски размеров, необходимо построить схемы полей допусков только для центрирующих элементов.

5.3 Неизвестные предельные отклонения и предельные размеры всех элементов шлицевых втулок и валов определяются так же, как отклонения и размеры гладких соединений.

Установленные значения предельных отклонений и размеров элементов деталей шлицевого соединения следует записать в таблицу.

### **Пример расчета**

Исходные данные – обозначение шлицевого соединения:

$$d - 8 \times 46 \frac{H7}{f8} \times 54 \frac{H12}{a11} \times 9 \frac{D9}{h9}$$

5.1 Центрирование шлицевого соединения по внутреннему диаметру  $d = 46$  мм.

5.2 Предельные отклонения определяем, используя приложения 2–4, чертим схемы полей допусков центрирующих элементов заданного соединения для размеров  $\varnothing 46H7/f8$ ;  $9D9/h9$  (рисунок 10).

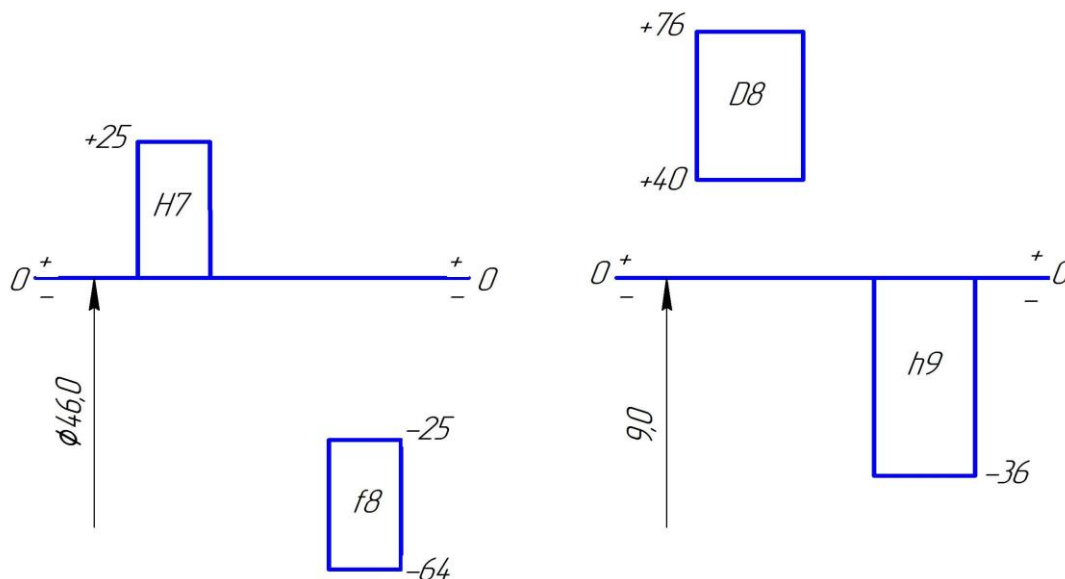


Рисунок 10 – Схемы полей допусков центрирующих элементов прямобочного шлицевого соединения

5.3 Определяем предельные размеры деталей шлицевого соединения. Заполняем таблицу 5.1.

**Таблица 5.1 – Размерные характеристики деталей шлицевого соединения**

Наименование размера	Номинальный размер, мм	Поле допуска	Допуск размера Т, мм	Предельные отклонения, мм		Предельные размеры, мм	
				верхнее ES (es)	нижнее EI (ei)	max	min
Центрирующие элементы:							
Внутренний диаметр отверстия	46	<i>H7</i>	0,025	+0,025	0	46,025	46,000
Внутренний диаметр вата	46	<i>f8</i>	0,039	-0,025	-0,064	45,975	45,936
Ширина впадин отверстия	9	<i>D9</i>	0,036	+0,076	+0,040	9,076	9,040
Толщина шлицев вала	9	<i>h9</i>	0,036	0	+0,036	9,000	8,964
Не центрирующие элементы:							
Наружный диаметр отверстия	54	<i>H12</i>	0,300	+0,300	0	54,300	54,000
Наружный диаметр вала	54	<i>a11</i>	0,190	-0,340	-0,530	53,660	53,470

5.4 Чертим эскизы шлицевого соединения и его деталей, указываем их условные обозначения (рисунок 11).

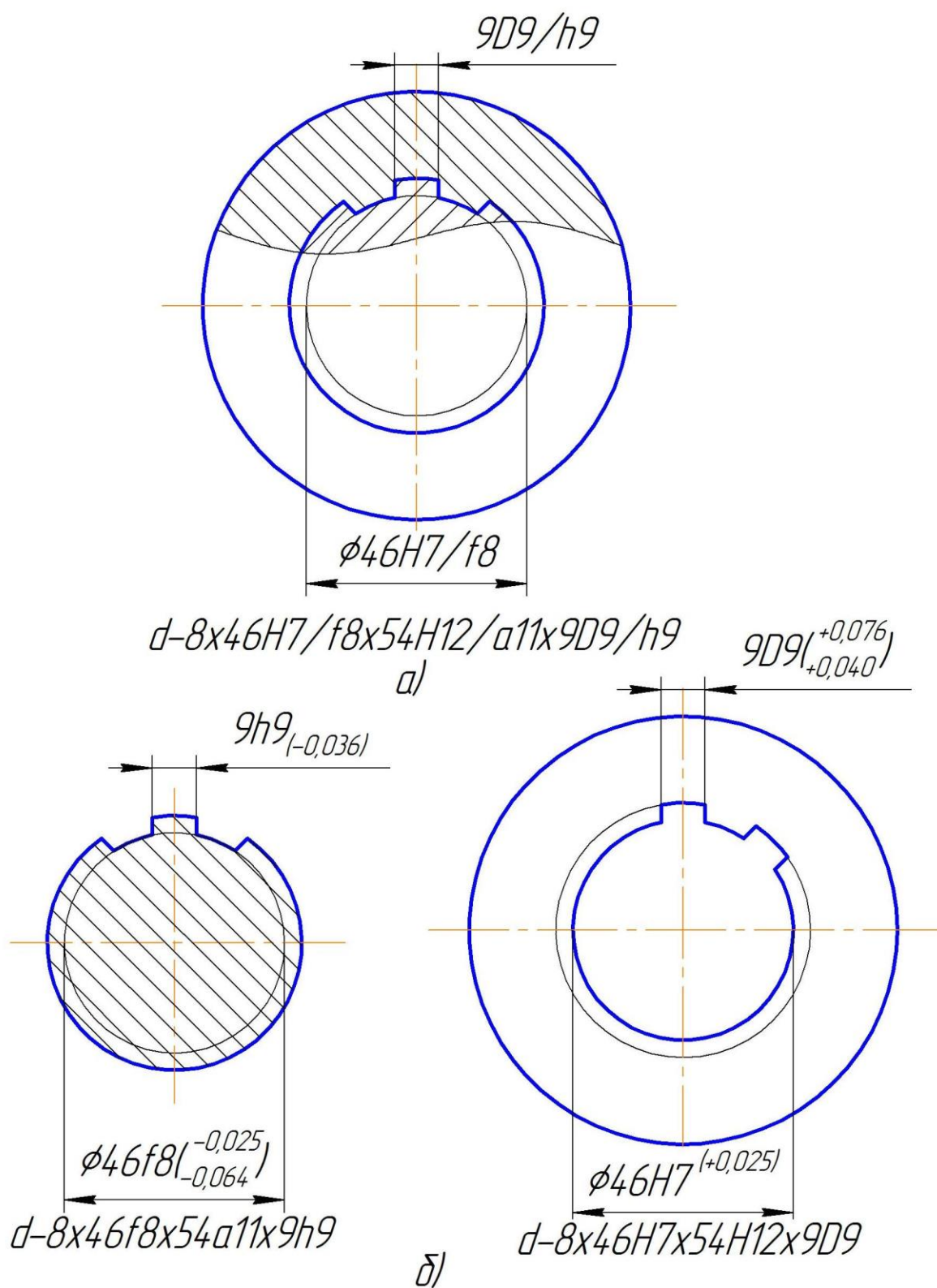


Рисунок 11 – Обозначение полей допусков и посадок шлицевого соединения а) на сборочном; б) на рабочих чертежах

## **ЗАДАНИЕ 6. РАСЧЕТ ДОПУСКОВ РАЗМЕРОВ, ВХОДЯЩИХ В ЗАДАННУЮ РАЗМЕРНУЮ ЦЕПЬ**

### ***Содержание задания***

*Исходные данные:*

- эскиз узла с указанием замыкающего звена;
- номинальный размер и предельные отклонения замыкающего звена.

- 1.1 Выполнить размерный анализ цепи с заданным замыкающим звеном.
- 1.2 Проверить правильность составления заданной размерной цепи.
- 1.3 Установить единицы допуска составляющих звеньев, допуски которых требуется определить.
- 1.4 Определить допуск замыкающего звена.
- 1.5 Определить средний коэффициент точности заданной размерной цепи.
- 1.6 Установить квалитет, по которому следует назначать допуски на составляющие звенья.
- 1.7 По установленному квалитету назначить допуски и отклонения на составляющие звенья.
- 1.8 Сделать проверку правильности назначения предельных отклонений.
- 1.9 Если условия проверки не соблюдаются, рассчитать отклонения корректирующего звена и его допуск.
- 1.10 Проверить правильность назначения допусков на составляющие звенья размерной цепи.
- 1.11 Результаты расчетов занести в таблицу 6.1.

### ***Методические рекомендации по выполнению***

6.1 Перед выполнением этого задания нужно разобраться с расчетом размерных цепей (раздел 1.6 [1]). В задании дается сборочный чертеж узла и замыкающее звено с полем допуска. Рекомендуется решить прямую задачу методом расчета на «максимум – минимум». В первую

очередь после нахождения замыкающего звена на чертеже находят размеры деталей, мысленное увеличение которых влечет увеличение (увеличивающие размеры) или уменьшение (уменьшающие размеры) замыкающего звена.

6.2 Правильность составления размерной цепи проверяют по формуле:

$$B_{\Sigma} = \sum_1^m B_{ув} - \sum_1^n B_{ум}, \quad (6.1)$$

где  $B_{\Sigma}$  – замыкающее звено, мм;

$B_{ув}$  – увеличивающие звенья, мм;

$B_{ум}$  – уменьшающие звенья, мм;

$m$  и  $n$  – количество увеличивающих и уменьшающих звеньев, соответственно.

Нарушение равенства показывает, что в размерном анализе допущена ошибка и его надо провести более внимательно.

6.3 В числе составляющих звеньев могут оказаться размеры, для которых допуски уже даны (стандартные детали). Для размеров, у которых нет полей допусков, следует определить единицу допуска по приложению 10.

6.4 Допуск, замыкающего звена определяют при помощи заданных его предельных отклонений.

6.5 При определении среднего коэффициента точности  $a_{ср}$  размерной цепи следует учесть особенности расчета при наличии составляющих звеньев с известными допусками. Этот коэффициент следует определять по формуле:

$$a_{ср} = \frac{TB_{\Sigma} - \sum_1^k TB_{изв}}{\sum_1^{m+n} iB_j}, \quad (6.2)$$

где  $TB_{\Sigma}$  – допуск замыкающего звена, мкм;

$\sum_1^k TB_{изв}$  – сумма известных допусков составляющих звеньев цепи, мкм;

$\sum_1^{m+n} iB_j$  – сумма единиц допуска звеньев, на размеры которых нужно назначить допуски, мкм.

6.6 По  $a_{cp}$  определяют квалитет (приложение 11). Если  $a_{cp}$  намного отличается от  $a_{табл}$ , то на охватывающие размеры можно назначить поля допусков по ближайшему грубому квалитету, а на остальные – по более точному.

6.7 По установленному квалитету назначаем допуски на составляющие размеры цепи. Предельные отклонения назначают руководствуясь следующим принципом: для охватывающих размеров – как на основное отверстие, для охватываемых – как для основного вала. В остальных случаях, когда это трудно установить, на звено назначают симметричные отклонения. Для учебных целей цепи принимаем линейные, с симметричными отклонениями.

6.8 Проверяем правильность назначения допусков на составляющие звенья:

$$TB_{\Sigma} = \sum_1^{m+n} TB_i. \quad (6.3)$$

6.9 Если условия не соблюдаются, необходимо скорректировать отклонения, выбрав в качестве корректирующего одно звено цепи. При выборе корректирующего звена следует руководствоваться следующим. Если коэффициент точности принятого квалитета  $a$  меньше  $a_{cp}$ , т.е.  $a \leq a_{cp}$ , то корректирующим выбирают технологически более сложное звено, в противном случае – технологически более простое.

Присваиваем верхнему отклонению корректирующего звена обозначение  $X$ , а нижнему отклонению корректирующего звена  $Y$  и решаем систему уравнений относительно  $X$  и  $Y$ .

Если корректирующее звено увеличивающее:

$$\left. \begin{aligned} \Delta SB_{\Sigma} &= \sum_1^m (\Delta SB_{yB} + X) - \sum_1^n \Delta B_{yM}, \\ \Delta B_{\Sigma} &= \sum_1^m (\Delta B_{yB} + Y) - \sum_1^n \Delta SB_{yM}, \end{aligned} \right\} \quad (6.4)$$

уменьшающее:

$$\left. \begin{aligned} \Delta SB_{\Sigma} &= \sum_1^m \Delta SB_{yB} - \sum_1^n (\Delta B_{yM} + Y), \\ \Delta B_{\Sigma} &= \sum_1^m \Delta B_{yB} - \sum_1^n (\Delta SB_{yM} + X). \end{aligned} \right\} \quad (6.5)$$

Зная предельные отклонения корректирующего звена, находят его допуск.

6.10 При правильных расчетах сумма допусков размеров всех составляющих звеньев должна быть равна допуску замыкающего размера.

6.11 После проверки правильности расчетов определяют предельные размеры звеньев размерной цепи, которые заносят в таблицу 6.1.

### **Пример расчета**

Замыкающее звено  $B_{\Sigma}=2\pm 0,5\text{мм}$ ; эскиз узла №3 (приложение 1).

6.1 Составляем размерную цепь (рисунок 12).

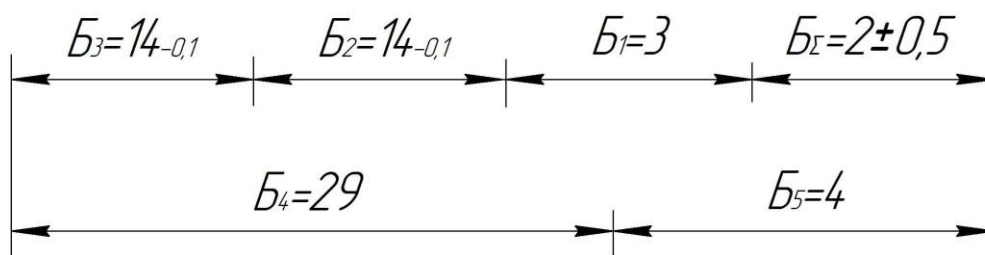


Рисунок 12 – Геометрическая схема размерной цепи с замыкающим звеном  $B_{\Sigma}=2\pm 0,5$

Звенья  $B_4$ ,  $B_5$  – увеличивающие,  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$  – уменьшающие.

6.2 Определяем правильность составления размерной цепи

$$B_{\Sigma} = (29+4) - (14+14+3) = 2.$$

6.3 Допуски звеньев  $TB_2 = TB_3 = 100\text{мкм}$ , известны. Определяем единицы допусков для звеньев  $B_1$ ,  $B_4$  и  $B_5$  по приложению 10:  $i_{B1}=0,55\text{мкм}$ ;  $i_{B4}=1,31\text{мкм}$ ;  $i_{B5}=0,73\text{мкм}$ .

6.4 Определяем допуск замыкающего звена

$$TB_{\Sigma} = 0,5 - (-0,5) = 1,0\text{мм} = 1000\text{мкм}.$$

6.5 Определяем средний коэффициент точности размерной цепи  $a_{cp}$ :

$$a_{cp} = \frac{1000 - (100 + 100)}{0,55 + 1,31 + 0,73} = \frac{800}{2,59} = 308,9 \text{ ед. доп.}$$

6.6 По приложению 11 квалитет 13 (*IT13*,  $a_{таб} = 250$  ед.доп.).

6.7 По *IT13* назначаем симметричное отклонение поля допусков для размеров  $B_1$ ,  $B_4$  и  $B_5$  (приложение 4)  $TB_1=0,14$  мм,  $TB_4=0,33$  мм,  $TB_5=0,18$  мм;  $B_1=3\pm 0,07$ мм,  $B_4=29\pm 0,165$ мм,  $B_5=4\pm 0,09$ мм.

6.8 Проверяем правильность назначения допусков  
 $TB_{\Sigma} = 0,14 + 0,1 + 0,1 + 0,33 + 0,18 = 0,85 \neq 1,0$ мм – условие не соблюдается.

6.9 Выбираем в качестве корректирующего звено  $B_5=4$ мм ( $a_{cp} > a_{таб}$ ) увеличивающее и более простое в технологическом отношении, по формуле 6.4 определяем предельные отклонения корректирующего звена:

$$\begin{aligned} 0,5 &= (0,165 + X) - (-0,07 - 0,1 - 0,1) & X &= 0,065 \text{ мм,} \\ -0,5 &= (-0,165 + Y) - (0,07) & Y &= -0,265 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$B_5 = 4 \begin{smallmatrix} +0,065 \\ -0,265 \end{smallmatrix} \text{ мм, } TB_5 = 0,33 \text{ мм.}$$

6.10 Проверяем правильность назначения предельных отклонений

$$TB_{\Sigma} = 0,14 + 0,1 + 0,1 + 0,33 + 0,33 = 1,0 = 1,0 \text{ мм}$$

Расчет правильный.

6.11 Определяем предельные размеры звеньев цепи. Заполняем таблицу 6.1.



**Таблица 6.1 – Результаты расчетов допусков в размерной цепи**

Наименование размера		Номинальный размер	Обозначение размера	Квалитет	Допуск размера		Поле допуска	Предельные отклонения, мм		Предельные размеры, мм	
					значение	приме- чание		верх. ES (es)	нижн. EI (ei)	max	min
Замыкающее		2	$B_{\Sigma}$	-	1,000	изв.	-	+0,500	-0,500	2,500	1,500
Составляющие	Уменьшающие	3	$B_1$	13	0,140	-	JS13	+0,070	-0,070	3,070	2,930
		14	$B_2$	-	0,100	изв.	-	0	-0,100	14,000	13,900
		14	$B_3$	-	0,100	изв.	-	0	-0,100	14,000	13,900
	Увеличиваю- щие	29	$B_4$	13	0,330	-	JS13	+0,165	-0,165	29,165	28,835
		4	$B_5$	-	0,330	кор.	-	+0,065	-0,265	4,065	3,735

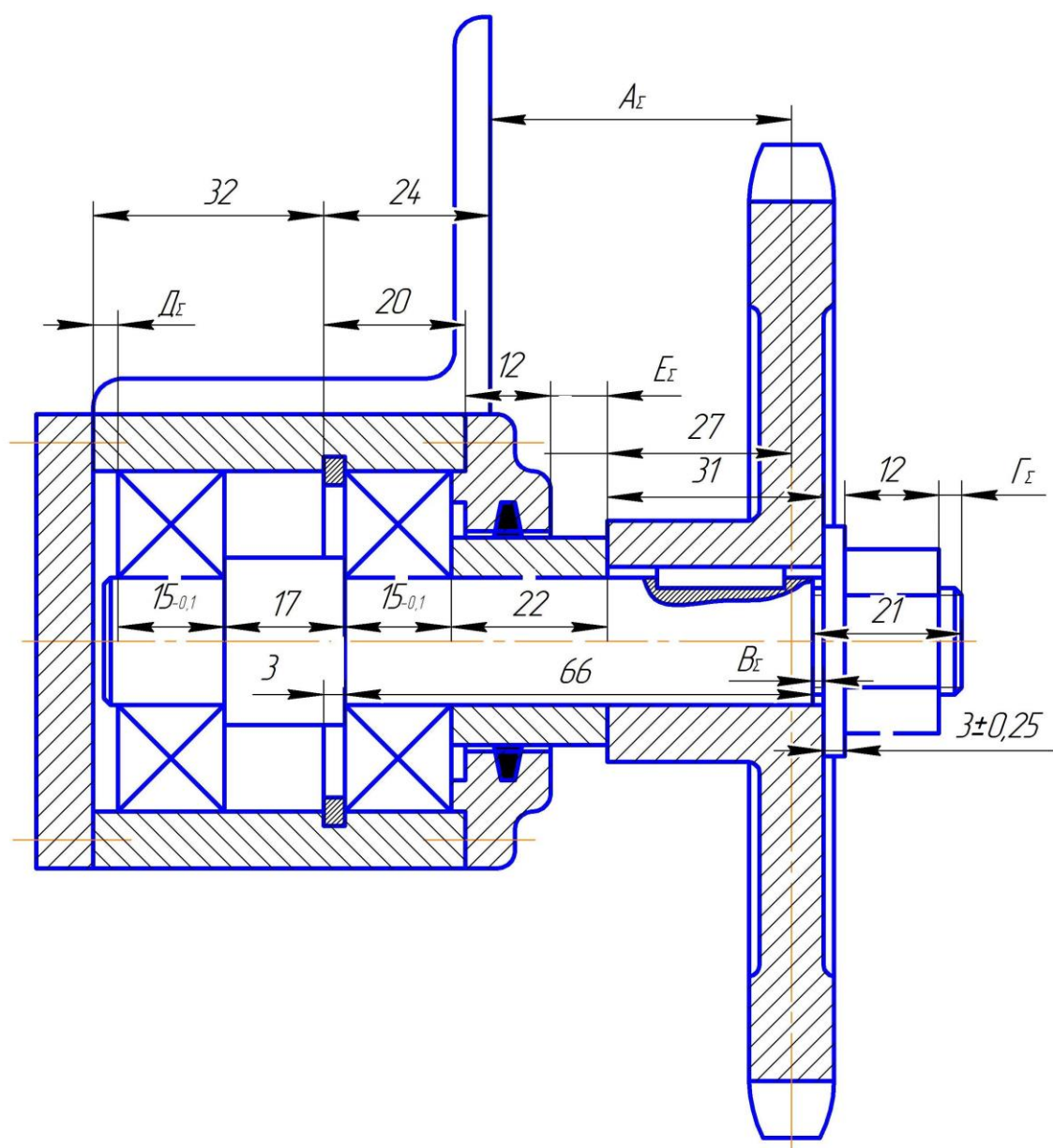
## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенные в методических рекомендациях теоретические расчеты нормирования точности деталей машин с примерами расчета помогут будущим специалистам в решении практических задач при изготовлении, эксплуатации и ремонте машин используемых в сельскохозяйственном производстве.

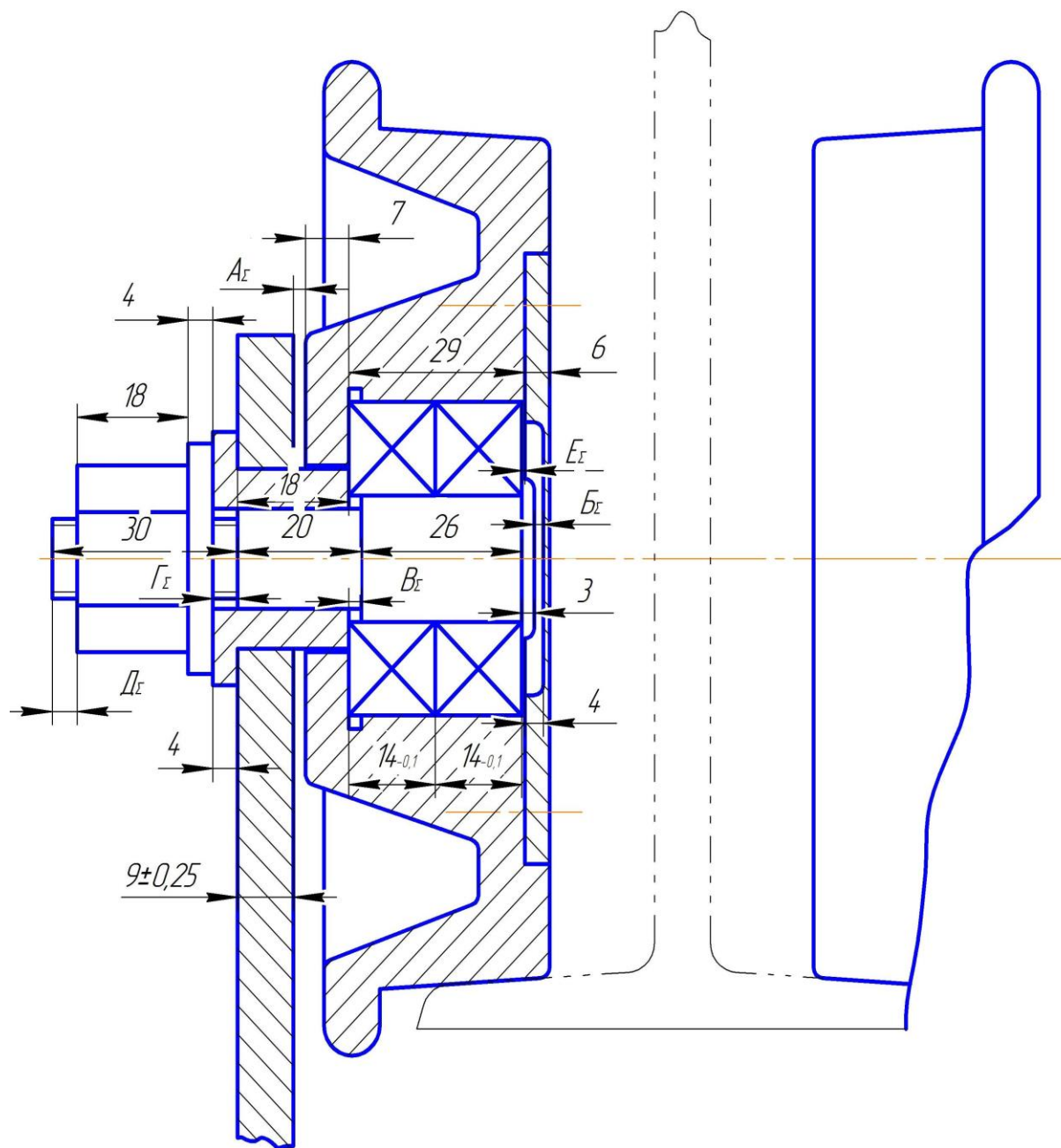
## ЛИТЕРАТУРА

1. Анухин В.И. Допуски и посадки. Учебное пособие. – СПб.: Питер, 2008. – 207 с.
2. Звездаков В.П. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения деталей машин в примерах и задачах: Учебное пособие/ Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2000. – 528 с.
3. Крылова Г.Н. Основы стандартизации, сертификации, метрологии: Учебник для вузов. – М.: Аудит, ЮНИТИ, 1998. – 479 с.
4. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ А.И. Аристов, Я.И. Карпов, В.М. Прихотько, Т.М. Раковщик. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 384 с.
5. Серый И.С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Агропромиздат, 1987. – 367 с.
6. Соколова В.И. Стандарт предприятия: методическое пособие по выполнению курсовых проектов и выпускной квалификационной работы / В.И. Соколова; М-во с.-х. РФ, федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высшего образования «Пермская гос. с.-х. акад. им. акад. Д.Н. Прянишникова». – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2016. – 110 с.





Эскиз узла № 2



Эскиз узла № 3

**Значения основных отклонений отверстий, мкм (ГОСТ 25346-89)**

Условное обозначен	Буквенное обозначение	Нижнее отклонение $EI$										
		$A^I$	$B^I$	$C$	$D$	$E$	$EF$	$F$	$FG$	$G$	$H$	$JS^2$
	квалитет	все квалитеты										
для интервалов размеров, мм	до 3	+270	+140	+60	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	$\frac{IT_n}{2}$ Предельные отклонения = $\pm$ где n – порядковый номер квалитета
	свыше 3 до 6	+270	+140	+70	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0	
	свыше 6 до 10	+280	+150	+80	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0	
	свыше 10 до 14	+290	+150	+95	+50	+32	-	+16	-	+6	0	
	свыше 14 до 18											
	свыше 18 до 24	+300	+160	+110	+65	+40	-	+20	-	+7	0	
	свыше 24 до 30											
	свыше 30 до 40	+310	+170	+120	+80	+50	-	+25	-	+9	0	
	свыше 40 до 50	+320	+180	+130								
	свыше 50 до 65	+340	+190	+140	+100	+60	-	+30	-	+10	0	
	свыше 65 до 80	+360	+200	+150								
	св. 80 до 100	+380	+220	+170	+120	+72	-	+36	-	+12	0	
	св. 100 до 120	+410	+240	+180								
	св. 120 до 140	+460	+260	+200	+145	+85	-	+43	-	+14	0	
	св. 140 до 160	+520	+280	+210								
	св. 160 до 180	+580	+310	+230								
	св. 180 до 200	+660	+340	+240	+170	+100	-	+50	-	+15	0	
	св. 200 до 225	+740	+380	+260								
	св. 225 до 250	+820	+420	+280								

Продолжение приложения 2

Условное обозначение	Буквенное обозначение	Верхнее отклонение $ES$								$P$ до $ZC^3$ до 7	$P$	$R$	$S$
		$J$		$K^3$		$M^{3,4}$		$N^3$					
	квалитет	7	8	до8	свыше 8	до8	свыше 8	до8	свыше 8				
для интервалов размеров, мм	до 3	+4	+6	0	0	-2	-2	-4	-4	Отклонение, как для квалитетов свыше 7, увеличенное на $\Delta$	-6	-10	-14
	свыше 3 до 6	+6	+10	-1+ $\Delta$	-	-4+ $\Delta$	-4	-8+ $\Delta$	0		-12	-15	-19
	свыше 6 до 10	+8	+12	-1+ $\Delta$	-	-6+ $\Delta$	-6	-10+ $\Delta$	0		-15	-19	-23
	свыше 10 до 14	+10	+15	-1+ $\Delta$	-	-7+ $\Delta$	-7	-12+ $\Delta$	0		-18	-23	-28
	свыше 14 до 18												
	свыше 18 до 24	+12	+20	-2+ $\Delta$	-	-8+ $\Delta$	-8	-15+ $\Delta$	0		-22	-28	-35
	свыше 24 до 30												
	свыше 30 до 40	+14	+24	-2+ $\Delta$	-	-9+ $\Delta$	-9	-17+ $\Delta$	0		-26	-34	-43
	свыше 40 до 50												
	свыше 50 до 65	+18	+28	-2+ $\Delta$	-	-11+ $\Delta$	-11	-20+ $\Delta$	0		-32	-41	-53
	свыше 65 до 80											-43	-59
	св. 80 до 100	+22	+34	-3+ $\Delta$	-	-13+ $\Delta$	-13	-23+ $\Delta$	0		-37	-51	-71
	св. 100 до 120											-54	-79
	св. 120 до 140	+26	+41	-3+ $\Delta$	-	-15+ $\Delta$	-15	-27+ $\Delta$	0		-43	-63	-92
	св. 140 до 160											-65	-100
	св. 160 до 180											-68	-108
	св. 180 до 200	+30	+47	-4+ $\Delta$	-	-17+ $\Delta$	-17	-31+ $\Delta$	0		-50	-77	-122
	св. 200 до 225											-80	-130
	св. 225 до 250											-84	-140

Продолжение приложения 2

Условное обозначение	Буквенное обозначение	Верхнее отклонение <i>ES</i>												
		<i>T</i>	<i>U</i>	<i>V</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>	<i>ZA</i>	<i>ZB</i>	<i>ZC</i>	$\Delta$ , мкм			
	квалитет	свыше 7									5	6	7	8
для интервалов размеров, мм	до 3	-	-18	-	-20	-	-26	-32	-40	-60	0	0	-	-
	свыше 3 до 6	-	-23	-	-28	-	-35	-42	-50	-80	1	3	4	6
	свыше 6 до 10	-	-28	-	-34	-	-42	-52	-67	-97	2	3	6	7
	свыше 10 до 14	-	-33	-	-40	-	-50	-64	-90	-130	3	3	7	9
	свыше 14 до 18			-39	-45	-	-60	-77	-108	-150				
	свыше 18 до 24	-	-41	-47	-54	-63	-73	-98	-136	-188	3	4	8	12
	свыше 24 до 30	-41	-48	-55	-64	-75	-88	-118	-160	-218				
	свыше 30 до 40	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	4	5	9	14
	свыше 40 до 50	-54	-70	-81	-97	-114	-136	-180	-242	-325				
	свыше 50 до 65	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	5	6	11	16
	свыше 65 до 80	-75	-102	-120	-146	-174	-210	-274	-360	-480				
	св. 80 до 100	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	5	7	13	19
	св. 100 до 120	-104	-144	-172	-210	-254	-310	-400	-525	-690				
	св. 120 до 140	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	6	7	15	23
	св. 140 до 160	-134	-190	-228	-280	-340	-415	-535	-700	-900				
	св. 160 до 180	-146	-210	-252	-310	-380	-465	-600	-780	-1000				
	св. 180 до 200	-166	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1150	6	9	17	26
св. 200 до 225	-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250					
св. 225 до 250	-196	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1050	-1350					

1. Основные отклонения А и В не предусмотрены для размеров менее 1 мм.
2. Для полей допусков от  $J_S7$  до  $J_S11$  нечетные числовые значения IT могут быть округлены до ближайшего меньшего четного числа, чтобы предельные отклонения  $\pm IT/2$  были выражены целым числом микрометров.
3. Для определения значений отклонений К, М и N до 8-го квалитета (вкл.) и отклонений от Р до ZC до 7-го квалитета (вкл.) следует использовать величины в графах справа.
4. Специальные случаи: для поля допуска М6 в интервале размеров от 250 до 315 мм  $ES = -9$  мкм (вместо  $-11$  мкм); поле допуска М8 предусмотрено лишь для размеров свыше 3 мм.



**Значения основных отклонений валов, мкм (ГОСТ 25346-89)**

Условное обозначение	Буквенное обозначение	Верхнее отклонение $es$										
		$a^I$	$b^I$	$c$	$d$	$e$	$ef$	$f$	$fg$	$g$	$h$	$js^2$
	квалитет	все квалитеты										
для интервалов размеров, мм	до 3	-270	-140	-60	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	$\frac{IT_n}{2}$ Предельные отклонения = $\pm$ где n – порядковый номер квалитета
	свыше 3 до 6	-270	-140	-70	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0	
	свыше 6 до 10	-280	-150	-80	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0	
	свыше 10 до 14	-290	-150	-95	-50	-32	-	-16	-	-6	0	
	свыше 14 до 18											
	свыше 18 до 24	-300	-160	-110	-65	-40	-	-20	-	-7	0	
	свыше 24 до 30											
	свыше 30 до 40	-310	-170	-120	-80	-50	-	-25	-	-9	0	
	свыше 40 до 50	-320	-180	-130								
	свыше 50 до 65	-340	-190	-140	-100	-60	-	-30	-	-10	0	
	свыше 65 до 80	-360	-200	-150								
	св. 80 до 100	-380	-220	-170	-120	-72	-	-36	-	-12	0	
	св. 100 до 120	-410	-240	-180								
	св. 120 до 140	-460	-260	-200	-145	-85	-	-43	-	-14	0	
	св. 140 до 160	-520	-280	-210								
	св. 160 до 180	-580	-310	-230	-170	-100	-	-50	-	-15	0	
	св. 180 до 200	-660	-340	-240								
	св. 200 до 225	-740	-380	-260								
	св. 225 до 250	-820	-420	-280								

Продолжение приложения 3

Условное обозначение	Буквенное обозначение	Нижнее отклонение $e_i$									
		$j$			$k$		$m^3$	$n$	$p$	$r$	$s$
	кавалитет	5 и 6	7	8	от 4 до 7	до 3 и свыше 7	все квалитеты				
для интервалов размеров, мм	до 3	-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14
	свыше 3 до 6	-2	-4	-	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19
	свыше 6 до 10	-2	-5	-	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23
	свыше 10 до 14	-3	-6	-	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28
	свыше 14 до 18										
	свыше 18 до 24	-4	-8	-	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35
	свыше 24 до 30										
	свыше 30 до 40	-5	-10	-	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43
	свыше 40 до 50										
	свыше 50 до 65	-7	-12	-	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53
	свыше 65 до 80									+43	+59
	св. 80 до 100	-9	-15	-	+3	0	+13	+23	+37	+51	+71
	св. 100 до 120									+54	+79
	св. 120 до 140	-11	-18	-	+3	0	+15	+27	+43	+63	+92
	св. 140 до 160									+65	+100
	св. 160 до 180									+68	+108
	св. 180 до 200	-13	-21	-	+4	0	+17	+31	+50	+77	+122
	св. 200 до 225									+80	+130
	св. 225 до 250									+84	+140

Условное обозначение	Буквенное обозначение	Нижнее отклонение $ei$								
		$t$	$u$	$v$	$x$	$y$	$z$	$za$	$zb$	$zc$
	квалитет	все квалитеты								
для интервалов размеров, мм	до 3	-	+18	-	+20	-	+26	+32	+40	+60
	свыше 3 до 6	-	+23	-	+28	-	+35	+42	+50	+80
	свыше 6 до 10	-	+28	-	+34	-	+42	+52	+67	+97
	свыше 10 до 14	-	+33	-	+40	-	+50	+64	+90	+130
	свыше 14 до 18			+39	+45	-	+60	+77	+108	+150
	свыше 18 до 24	-	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188
	свыше 24 до 30	+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
	свыше 30 до 40	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
	свыше 40 до 50	+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
	свыше 50 до 65	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
	свыше 65 до 80	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
	св. 80 до 100	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
	св. 100 до 120	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
	св. 120 до 140	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
	св. 140 до 160	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
	св. 160 до 180	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
	св. 180 до 200	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
	св. 200 до 225	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
	св. 225 до 250	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350

1. Основные отклонения  $a$  и  $b$  не предусмотрены для размеров менее 1 мм.
2. Для полей допусков от js7 до js11 нечетные числовые значения  $IT$  могут быть округлены до ближайшего меньшего четного числа, чтобы предельные отклонения  $\pm IT/2$  были выражены целым числом микрометров.
3. Специальный случай: поле допуска m7 предусмотрено лишь для размеров свыше 3мм.

**Числовые значения допусков (ГОСТ 25346-89)**

Интервал номинальных размеров, мм		Квалитет																		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
свыше	до	мкм												мм						
	3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,10	0,14	0,25	0,40	0,60	1,00	1,40
3	6	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,30	0,48	0,75	1,20	1,80
6	10	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,90	1,50	2,20
10	18	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,70	1,10	1,80	2,70
18	30	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,30	2,10	3,30
30	50	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1,00	1,60	2,50	3,90
50	80	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,30	0,46	0,74	1,20	1,90	3,00	4,60
80	120	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,40	2,20	3,50	5,40
120	180	2	2,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,40	0,63	1,00	1,60	2,50	4,00	6,30
180	250	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,90	4,60	7,20

Примечание. Для размеров менее 1 мм квалитеты от 14 до 18 не применяются.

**Отклонения присоединительных диаметров  
подшипников качения\***

Номинальные диаметры, мм		Отклонение диаметра отверстия подшипника, мкм		Номинальные диаметры, мм		Отклонение диаметра отверстия подшипника, мкм	
свыше	до	верхнее	нижнее	свыше	до	верхнее	нижнее
10	18	0	-8	-	18	0	-8
18	30	0	-10	18	30	0	-9
30	50	0	-12	30	50	0	-11
50	80	0	-15	50	80	0	-13
80	120	0	-20	80	120	0	-15
120	180	0	-25	120	150	0	-18
180	250	0	-30	150	180	0	-25
250	315	0	-35	180	250	0	-30
				250	315	0	-35
				315	400	0	-40
				400	500	0	-45

\* Класс точности «0».

**Номинальные габаритные размеры подшипников  
(ГОСТ 8338-75)**

Условное обозначение подшипников	Габаритные размеры, мм			Радиус закругления фаски $r$ , мм
	внутренний диаметр, $d$	наружный диаметр, $D$	ширина, $b$	
Легкая серия				
204	20	47	14	1,5
205	25	52	15	1,5
206	30	62	16	1,5
207	35	72	17	2,0
208	40	80	18	2,0
209	45	85	19	2,0
210	50	90	20	2,0
211	55	100	21	2,5
212	60	110	22	2,5
213	65	120	23	2,5
214	70	125	24	2,5
215	75	130	25	2,5
216	80	140	26	3,0
217	85	150	28	3,0
218	90	160	30	3,0
220	100	180	34	3,5
Средняя серия				
305	25	62	17	2,0
306	30	72	19	2,0
307	35	80	21	2,5
308	40	90	23	2,5
309	45	100	25	2,5
310	50	110	27	3,0
311	55	120	29	3,0
312	60	130	31	3,5
313	65	140	33	3,5
314	70	150	35	3,5
315	75	160	37	3,5
316	80	170	39	3,5
317	85	180	41	4,0
318	90	190	43	4,0
Тяжелая серия				
406	30	90	23	2,5
407	35	100	25	2,5
408	40	110	27	3,0
409	45	120	29	3,0
410	50	130	31	3,5
411	55	140	33	3,5
412	60	150	35	3,5
413	65	160	37	3,5
414	70	180	42	4,0
415	75	190	45	4,0

*Приложение 7*

**Основные размеры деталей в соединениях с  
призматическими шпонками, мм ГОСТ 23360-78**

Диаметр вала D	b×h	Интервалы длин <i>l</i>		Глубина паза	
		от	до	на валу <i>t<sub>I</sub></i>	во втулке <i>t<sub>I</sub></i>
св. 12 до 17	5×5	10	56	3,0	2,3
17 – 22	6×6	14	70	3,5	2,8
22 – 30	8×7	18	90	4,4	3,3
30 – 38	10×8	22	110	5,0	3,3
38 – 44	12×8	28	140	5,0	3,3
44 – 50	14×9	36	160	5,5	3,8
50 – 58	16×10	45	180	6,0	4,3
58 – 65	18×11	50	200	7,0	4,4
65 – 75	20×12	56	220	7,5	4,9
75 – 85	22×14	63	250	9,0	5,4
85 – 95	25×14	70	280	9,0	5,4
95 – 110	28×16	80	320	10,0	6,4
110 – 130	32×18	90	360	11,0	7,4

*Приложение 8*

**Основные размеры деталей в соединениях с сегментными  
шпонками, мм (выдержка из ГОСТ 24071-80)**

Диаметр вала D	b×h×d	Глубина паза	
		на валу <i>t<sub>I</sub></i>	во втулке <i>t<sub>I</sub></i>
Св. 16 до 18	5×6,5×16	4,5	2,3
18 – 20	5×7,5×19	5,5	2,3
20 – 22	5×9×22	7,0	2,3
22 – 25	6×9×22	6,5	2,8
25 – 28	6×10×25	7,0	3,3
28 – 32	8×11×28	8,0	3,3
32 – 38	10×13×32	10,0	3,3

*Приложение 9*

**Размер шлицевого вала по меньшему диаметру  $d_1$  при  
центрировании по D или b (выдержка из ГОСТ 1139-80)**

$z \times d \times D$	$d_1$	$z \times d \times D$	$d_1$
<b>Легкая серия</b>		8×42×48	39,5
6×23×26	22,1	8×46×54	42,7
6×26×30	24,6	8×52×60	48,7
6×28×32	26,7	8×56×65	52,2
8×32×36	30,4	8×62×72	57,8
8×36×40	34,5	10×72×82	67,4
8×42×46	40,4	10×82×92	77,1
8×46×50	44,6	10×92×102	87,3
8×52×58	49,7	10×102×112	97,7
8×56×62	53,6	<b>Тяжелая серия</b>	
8×62×68	59,8	10×16×20	14,1
10×72×78	69,6	10×18×23	15,6
10×82×88	79,3	10×21×26	18,5
10×92×98	89,4	10×23×29	20,3
10×102×108	99,9	10×26×32	23,0
10×112×120	108,8	10×28×35	24,4
<b>Средняя серия</b>		10×32×40	28,0
6×11×14	9,9	10×36×45	31,3
6×13×16	12,0	10×42×52	36,9
6×16×20	14,5	10×46×56	40,9
6×18×22	16,7	16×52×60	47,0
6×21×25	19,5	16×56×65	50,6
6×23×28	21,3	16×62×72	56,1
6×26×32	23,4	16×72×82	65,9
6×28×34	25,9	20×82×92	75,6
8×32×38	29,4	20×92×102	85,5
8×36×42	33,5		



*Приложение 10*

**Значения единиц допусков (*i*) для интервалов размеров**

Интервалы размеров, мм	Единица допуска ( <i>i</i> ), мкм
от 1 до 3	0,55
свыше 3 до 6	0,73
6 – 10	0,90
10 – 18	1,08
18 – 30	1,31
30 – 50	1,56
50 – 80	1,86
80 – 120	2,17
120 – 180	2,52
180 – 250	2,89

*Приложение 11*

**Значения числа единиц допусков (*a*) для разных  
квалитетов**

Квалитеты	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
число единиц допуска ( <i>a</i> )	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600

Приложение 12

Образец задания

Прикрепить в начале выполненной курсовой работы

Фамилия, имя, отчество студента \_\_\_\_\_ шифр \_\_\_\_\_

**Исходные данные к курсовой работе по дисциплине:  
«Метрология, стандартизация и сертификация»**

Задание 1			Задание 2				Задание 3			Задание 4			Задание 5	Задание 6	
номинальный размер, мм	система	заданные зазоры (натяги), мкм	номинальный размер, мм	поле допуска		количество групп	номер подшипника	номер эскиза узла	радиальная нагрузка, Н	диаметр вала, мм	конструкция шпонки	вид соединения и характер	обозначение шлицевого соединения	номер эскиза узла	обозначение и размер
				отверстие	вал										
118	СА	S <sub>max</sub> = 400 S <sub>min</sub> = 120	56	P8	h8	2	310	2	8200	68	Призматическая	Плотное	b-10×42×52H12/a11×6D9/k7	2	B <sub>Σ</sub> =2±0,5

## **Приложение 13**

### **Образец титульного листа**

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Пермский государственный аграрно-технологический  
университет имени академика Д.Н. Прянишникова»

Кафедра технического сервиса  
и ремонта машин

### **КУРСОВАЯ РАБОТА**

по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»

на тему: «Нормирование точности параметров деталей машин,  
выбор и обоснование посадок соединений»

Выполнил: студент 3 курса  
факультета заочного обучения  
направления подготовки  
23.03.03 Эксплуатация  
транспортно-технологических  
машин и комплексов  
группа: Эт-31 шифр: Эт-13-368  
Иванов И.И.

Подпись \_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Проверил: к.т.н., доцент  
Пепеляева Е.В.  
Подпись \_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Пермь 2018

**Учебное издание**

**Пепеляева** Евгения Валерьевна, **Куимов** Юрий Евгеньевич

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ**

*Методические рекомендации для выполнения курсовой работы*

Подписано в печать 15.06.18 Формат 60\*84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Усл. печ. л. 4,19

Тираж 100 экз. Заказ № 98

*ИПЦ "ПрокростЪ"*

Пермского государственного аграрно-технологического университета

имени академика Д.Н. Прянишникова,

614990, Россия, г. Пермь, ул. Петропавловская, 23

тел. (342) 217-95-42