

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ  
«СВИРСКИЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ТЕХНИКУМ»

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора

по учебной работе

ГБПОУ «СЭМТ»

\_\_\_\_\_ Н.Н. Чуракова

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

Методические рекомендации  
по выполнению практических занятий

по дисциплине Метрология, стандартизация и сертификация

для студентов 3 курса

основной профессиональной образовательной программы  
по специальности

**23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов  
автомобилей (базовой подготовки).**

Рассмотрено на заседании  
методического объединения  
преподавателей спецдисциплин  
дисциплин  
Руководитель МО  
\_\_\_\_\_ /Грицких В. Г./  
Протокол №7  
от «18»марта 2020 г.

Методические рекомендации по  
выполнению практических занятий  
подготовлены в соответствии с  
Федеральным государственным  
образовательным стандартом (приказ  
Министерства образования и науки от  
09.12.2016 № 1568) для специальности  
**23.02.07 Техническое обслуживание и  
ремонт двигателей, систем и агрегатов  
автомобилей** (базовой подготовки).

**Организация-разработчик:** Государственное бюджетное профессиональное  
образовательное учреждение Иркутской области «Свирский электромеханический  
техникум»

**Разработчик:** Саушина Мария Александровна, преподаватель ГБПОУ  
«СЭМТ»

Методические указания одобрены  
на заседании  
методического совета  
Протокол №7  
от «19» марта 2020 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр
1 Пояснительная записка	4
2 Перечень практических занятий по учебной дисциплине Метрология, стандартизация и сертификация	7
3 Практическое занятие №1 "Изучение комплексов стандартов ЕСКД, ЕСТД."	8
4 Практическое занятие №2 "Допуски и посадки гладких цилиндрических соединений."	11
5 Практическое занятие №3 "Определение годности деталей в цилиндрических соединениях"	17
6 Практическое занятие №4 "Допуски формы и расположения поверхностей деталей"	19
7 Практическое занятие № 5 "Измерение параметров шероховатости поверхности."	24
8 Практическое занятие №6 " Допуски и посадки подшипников качения продукции."	27
9 Практическое занятие № 7 "Контроль резьбовых, зубчатых, шпоночных и шлицевых соединений.."	32
10 Практическое занятие №8 " Расчет размерных цепей".	42
11 Практическое занятие № 9 "Приведение несистемной величины измерений в соответствие с действующими стандартами и международной системой единиц СИ."	47
12 Практическое занятие №10 "Измерение деталей с использованием различных измерительных инструментов".	50
15 Рекомендуемая литература	55

## Пояснительная записка

Настоящие методические рекомендации предназначены для проведения практических занятий по программе дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» утвержденной для специальности **23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей** (базовой подготовки).

Целью проведения практических занятий является:

Приобретение навыков работы со стандартами и умения анализировать их содержание.

Ознакомление с основными нормами взаимозаменяемости продукции и стандартизацией точности ГЦС;

Научиться переводить неметрические единицы измерения в единицы СИ, выбирать средства измерений и измерять ими линейные размеры.

Задача студентов состоит в добросовестном выполнении тем под руководством преподавателя и в осмысливании практической значимости изучаемых тем для будущей производственной деятельности и изучения таких дисциплин учебного плана как «Инженерная графика», «Техническая механика», и др.

Задачи практических занятий обусловлены необходимостью получения студентом знаний и умений согласно требованиям ФГОС СПО, на основе которых формируются следующие компетенции: учебно-познавательная, информационная, коммуникативная. Формирование соответствующих компетенций связано с решением задач по развитию у студентов соответствующих знаний и умений.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **уметь**:

- выполнять технические измерения, необходимые при проведении работ по техническому обслуживанию и ремонту автомобиля и двигателя;
- осознанно выбирать средства и методы измерения в соответствии с технологической задачей, обеспечивать поддержание качества работ;
- указывать в технической документации требования к точности размеров, форме и взаимному расположению поверхностей, к качеству поверхности;
- пользоваться таблицами стандартов и справочниками, в том числе в электронной форме, для поиска нужной технической информации;
- рассчитывать соединения деталей для определения допустимости износа и работоспособности, для возможности конструкторской доработки (тюнинга).

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **знать**:

- основные понятия, термины и определения;
- средства метрологии, стандартизации и сертификации;
- профессиональные элементы международной и региональной стандартизации;
- показатели качества и методы их оценки;
- системы и схемы сертификации

Выполнение практических занятий по дисциплине Метрология, стандартизация и сертификация направлено на формирование общих компетенций, включающие в себя способность:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста.

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.

ОК 08. Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке.

ОК 11. Планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере

ПК 1.1. Осуществлять диагностику систем, узлов и механизмов автомобильных двигателей.

ПК 1.2. Осуществлять техническое обслуживание автомобильных двигателей согласно технологической документации.

ПК 1.3. Проводить ремонт различных типов двигателей в соответствии с технологической документацией.

ПК 3.3. Проводить ремонт трансмиссии, ходовой части и органов управления автомобилей в соответствии с технологической документацией.

ПК 4.1. Выявлять дефекты автомобильных кузовов.

ПК 5.4. Разрабатывать предложения по совершенствованию деятельности подразделения, техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств.

ПК 6.2. Планировать взаимозаменяемость узлов и агрегатов автотранспортного средства и повышение их эксплуатационных свойств.

ПК 6.3. Владеть методикой тюнинга автомобиля.

ПК 6.4. Определять остаточный ресурс производственного оборудования.

**2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ**

<b>№ работы</b>	<b>Название практической работы</b>	<b>Кол-во часов</b>
Практическое занятие №1	Изучение комплексов стандартов ЕСКД, ЕСТД.	2
Практическое занятие №2	Допуски и посадки гладких цилиндрических соединений	2
Практическое занятие №3	Определение годности деталей в цилиндрических соединениях	2
Практическое занятие №4	Допуски формы и расположения поверхностей деталей	2
Практическое занятие №5	Измерение параметров шероховатости поверхности	2
Практическое занятие №6	Допуски и посадки подшипников качения продукции	2
Практическое занятие №7	Контроль резьбовых, зубчатых, шпоночных и шлицевых соединений	4
Практическое занятие №8	Расчет размерных цепей	2
Практическое занятие №9	Приведение несистемной величины измерений в соответствие с действующими стандартами и международной системой единиц СИ.	2
Практическое занятие №10	Измерение деталей с использованием различных измерительных инструментов	2

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

### ИЗУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСОВ СТАНДАРТОВ ЕСКД, ЕСТД.

**Цель занятия:** ознакомиться со стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и их требованиями к конструкторским документам.

**Оснащение:**

- конструкторская документация (чертежи, спецификации, схемы, текстовые документы);
- ПК с доступом в Интернет;
- национальные стандарты ЕСКД (в электронном виде).

**Задание.** Выявить требования стандартов ЕСКД к текстовым конструкторским документам и чертежам, систематизировать собранную информацию.

#### Теоретическая часть

Единая система конструкторской документации – комплекс стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила, требования и нормы по разработке, оформлению и обращению конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой на всех стадиях жизненного цикла изделия (при проектировании, разработке, изготовлении, контроле, приемке, эксплуатации, ремонте, утилизации).

Системообразующий стандарт системы – ГОСТ 2.001–2013. Единая система конструкторской документации. Общие положения – устанавливает определение, назначение, область распространения, классификацию и правила обозначения межгосударственных стандартов, входящих в комплекс стандартов ЕСКД, а также порядок их внедрения.

К конструкторским документам относятся графические, текстовые, аудиовизуальные (мультимедийные) и иные документы, содержащие информацию об изделии, необходимую для его проектирования, разработки, изготовления, контроля, приемки, эксплуатации, ремонта (модернизации) и утилизации.

Конструкторские документы подлежат нормоконтролю. ГОСТ 2.111–2013 устанавливает объекты контроля для всех типов конструкторских документов. Для проведения нормоконтроля необходимо знать, какие стандарты содержат требования к объекту контроля и в чем именно они заключаются. Например, в конструкторских документах всех видов, в том числе электронных, проверяют:

- соответствие обозначения, присвоенного конструкторскому документу, установленной системе обозначений конструкторских документов;
- комплектность документации в соответствии с техническим заданием или конструкторскими документами;
- правильность выполнения основной надписи и дополнительных граф;
- правильность примененных сокращений слов;
- наличие и правильность ссылок на стандарты и другие нормативные документы;
- полноту заполнения атрибутов реквизитной части;
- наличие установленных подписей;
- внешний вид предъявляемой документации.

Перечисленные требования нормируются в стандартах ЕСКД, СИБИД, например таких, как ГОСТ 2.201. ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов, ГОСТ 2.102. ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов, ГОСТ 2.103. ЕСКД. Стадии разработки, ГОСТ 2.104. ЕСКД. Основные надписи, ГОСТ 7.12. СИБИД.

Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила, и в других стандартах.

В практической работе необходимо провести поиск стандартов, содержащих требования к установленным объектам контроля, и их систематизацию.

### **Порядок выполнения работы**

1. В предложенной совокупности конструкторских документов выделить текстовые конструкторские документы и чертежи.
2. Используя ГОСТ 2.111–2013, определить объекты контроля в конструкторской документации.
3. Определить стандарты, устанавливающие требования к объектам контроля.
4. Выявить пункты (разделы) стандартов, которые устанавливают требования к проверяемым документам и объектам проверки.
5. Результат проделанной работы оформить в виде табл. 1

Таблица 1

Объекты проверки при нормоконтроле документации и стандарты, устанавливающие требования к ним

<b>Проверяемые документы</b>	<b>Объект проверки при нормоконтроле</b>	<b>Номер и наименование стандарта, пункт стандарта, содержащий требования к объекту проверки</b>
Конструкторские документы всех видов	Правильность выполнения основной надписи и дополнительных граф	ГОСТ 2.104–2006. Основные надписи
...		

### **Требования к отчету о работе**

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист.
2. Наименование, цель и задание работы.
3. Перечень видов конструкторских документов, подвергаемых нормоконтролю.
4. Заполненную табл. 1.
5. Вывод по работе.
6. Список источников, использованных при выполнении задания.

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Какие виды конструкторских документов нормируются в стандартах ЕСКД?
2. Назовите группы стандартов, входящие в ЕСКД.
3. Что является объектом контроля для всех видов конструкторских документов?
4. Какой стандарт устанавливает требования к текстовым конструкторским документам?
5. В каком стандарте установлены объекты контроля в конструкторских документах?

6. Каким стандартом следует руководствоваться при проверке правильности использования сокращений слов?

7. В каком стандарте установлены требования к спецификациям?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

### ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.

**Цель занятия:** формировать умения и навыки чтения и расчета линейных размеров и посадок.

#### Выполнение задания:

- 1) Ознакомьтесь со справочным материалом.
- 2) Выполните задание 1 по вариантам (*варианты задания в таблице 2.1*).
  - Выполните эскиз соединения 1 (рисунок 1)
  - Определите характер соединения (*смотри пример 1*).
- 3) Выполните задание 2 по вариантам (*варианты задания в таблице 2.2*).
  - Выполните эскиз соединения 2 (рисунок 2)
  - Определите характер соединения (*смотри пример 2*).

Таблица 2.1.

Варианты задания 1

Варианты	1.	2.	3.	4.	5.
Задание	$\text{Ø}200 \begin{matrix} +0,055 \\ +0,110 \\ +0,065 \end{matrix}$	$\text{Ø}25 \begin{matrix} +0,045 \\ +0,100 \\ -0,055 \end{matrix}$	$\text{Ø}50 \begin{matrix} +0,050 \\ +0,115 \\ -0,065 \end{matrix}$	$\text{Ø}80 \begin{matrix} +0,060 \\ +0,120 \\ +0,040 \end{matrix}$	$\text{Ø}10 \begin{matrix} +0,035 \\ -0,035 \end{matrix}$
Варианты	6.	7.	8.	9.	10.
Задание	$\text{Ø}20 \begin{matrix} +0,135 \\ +0,060 \\ -0,045 \end{matrix}$	$\text{Ø}15 \begin{matrix} +0,015 \\ +0,005 \\ -0,005 \end{matrix}$	$\text{Ø}12 \begin{matrix} +0,035 \\ +0,075 \\ -0,025 \end{matrix}$	$\text{Ø}25 \begin{matrix} +0,035 \\ +0,015 \\ -0,015 \end{matrix}$	$\text{Ø}175 \begin{matrix} +0,135 \\ +0,060 \\ +0,065 \\ -0,040 \end{matrix}$

Таблица 2.2.

Варианты задания 2

Варианты	1.	2.	3.	4.	5.
Задание	$\text{Ø}25 \frac{H8}{h7}$	$\text{Ø}75 \frac{H7}{h6}$	$\text{Ø}50 \frac{E9}{h8}$	$\text{Ø}34 \frac{H7}{r6}$	$\text{Ø}65 \frac{H7}{k6}$
Варианты	6.	7.	8.	9.	10.
Задание	$\text{Ø}67 \frac{U8}{h7}$	$\text{Ø}28 \frac{H11}{d11}$	$\text{Ø}37 \frac{H6}{j_s6}$	$\text{Ø}45 \frac{H8}{h7}$	$\text{Ø}175 \frac{H7}{h6}$

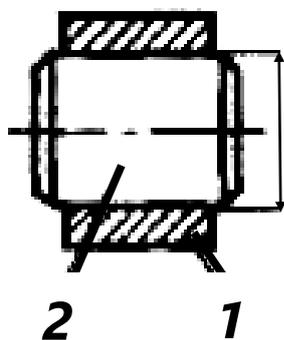


Рисунок 1. Эскиз соединения 1

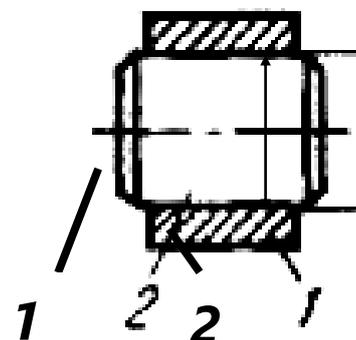


Рисунок 2. Эскиз соединения 2

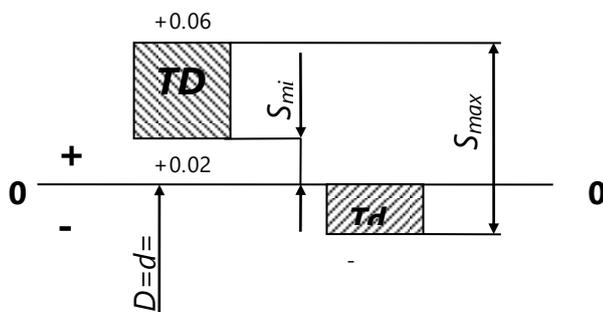
## Пример 1

Задание: Определить характер соединения  $\varnothing 48 \begin{matrix} +0,064 \\ +0,025 \\ -0,016 \end{matrix}$

- Укажите обозначение сопрягаемого размера на чертеже
- Укажите номинальный размер сопрягаемых;
- Укажите верхнее и нижнее предельные отклонения;
- Определите предельные размеры;
- Начертите графическое изображение посадки;
- Определите характер соединения;
- Рассчитайте основные параметры посадки.

	Деталь 1 (Отверстие)	Деталь 2 (Вал)
Сопрягаемый размер	$\varnothing 48 \begin{matrix} +0,064 \\ +0,025 \end{matrix}$	$\varnothing 48 \begin{matrix} 0 \\ -0,016 \end{matrix}$
Номинальный размер соединения	$D = 48 \text{ мм}$	$d = 48 \text{ мм}$
Верхнее отклонения	$ES = +0,064 \text{ мм}$	$es = 0 \text{ мм}$
Нижнее отклонения	$EI = +0,025 \text{ мм}$	$ei = -0,016 \text{ мм}$
Верхний предельный размер	$D_{\max} = D + ES = 48,064 \text{ мм}$	$d_{\max} = d + es = 48,000 \text{ мм};$
Нижний предельный размер	$D_{\min} = D + EI = 48,025 \text{ мм};$	$d_{\min} = d + ei = 47,984 \text{ мм};$
	$TD = D_{\max} - D_{\min} = 0,039 \text{ мм}$	$Td = d_{\max} - d_{\min} = 0,016 \text{ мм};$
Допуск размера	или $TD = ES - EI = 0,039 \text{ мм};$	или $Td = es - ei = 0,016 \text{ мм};$

Графическое изображение посадки:



Характер соединения: посадка с зазором.

Основные параметры посадки:

Наибольший зазор	$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 0,080 \text{ мм}$ или $S_{\max} = ES - ei = 0,080 \text{ мм}.$
Наименьший зазор	$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 0,025 \text{ мм}$ или $S_{\min} = EI - es = 0,025 \text{ мм}$
Диапазон посадки с зазором	$TS = S_{\max} - S_{\min} = 0,055 \text{ мм}$ или $TS = TD + Td = 0,055 \text{ мм}$

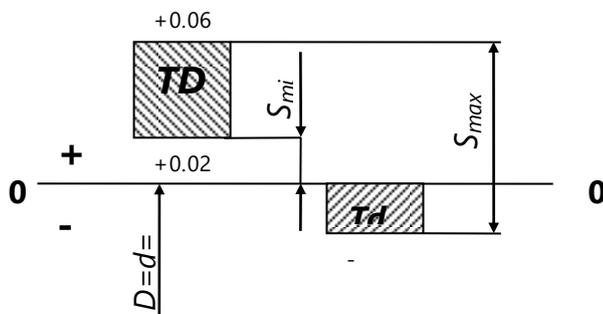
## Пример 2

Задание: Определить характер соединения  $\varnothing 48 \frac{F8}{h6}$

- Укажите обозначение сопрягаемого размера на чертеже
- Укажите номинальный размер сопрягаемых размеров;
- Определите верхнее и нижнее предельные отклонения;
- Определите предельные размеры;
- Начертите графическое изображение посадки;
- Определите характер соединения;
- Рассчитайте основные параметры посадки.

	Деталь _____ (Отверстие)	Деталь _____ (Вал)
Сопрягаемый размер	48F8	48h6
Номинальный размер соединения	$D = 48 \text{ мм}$	$d = 48 \text{ мм}$
Верхнее отклонения (определяем по справочнику)	$ES = +0,064 \text{ мм}$	$es = 0 \text{ мм}$
Нижнее отклонения (определяем по справочнику)	$EI = +0,025 \text{ мм}$	$ei = -0,016 \text{ мм}$
Верхний предельный размер	$D_{\max} = D + ES = 48,064 \text{ мм}$	$d_{\max} = d + es = 48,000 \text{ мм};$
Нижний предельный размер	$D_{\min} = D + EI = 48,025 \text{ мм};$	$d_{\min} = d + ei = 47,984 \text{ мм};$
Допуск	$TD = D_{\max} - D_{\min} = 0,039 \text{ мм}$ или $TD = ES - EI = 0,039 \text{ мм};$	$Td = d_{\max} - d_{\min} = 0,016 \text{ мм};$ или $Td = es - ei = 0,016 \text{ мм};$

Графическое изображение посадки:



Характер соединения: посадка с зазором.

Основные параметры посадки:

Наибольший зазор	$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 0,080 \text{ мм}$ или $S_{\max} = ES - ei = 0,080 \text{ мм}.$
Наименьший зазор	$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 0,025 \text{ мм}$ или $S_{\min} = EI - es = 0,025 \text{ мм}$
Диапазон посадки с зазором	$TS = S_{\max} - S_{\min} = 0,055 \text{ мм}$ или $TS = TD + Td = 0,055 \text{ мм}$

## СПРАВОЧНЫЙ ЛИСТ

Посадкой - характер соединения двух деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов. Различают посадки трех типов: с зазором, с натягом и переходные.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОСАДОК

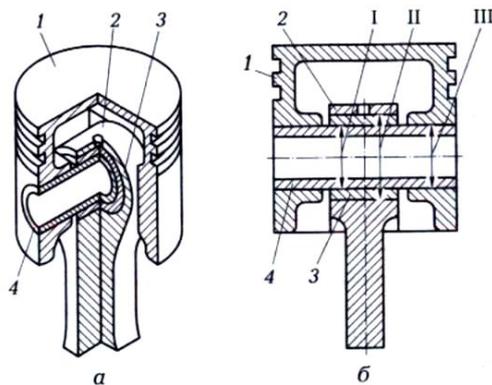


Рисунок 3 а,б- Поршневая группа в сборе;

Соединение 1 –  
посадка с зазором

$$\begin{array}{r} +0,064 \\ \text{Ø}48 \frac{+0,025}{-0,016} \end{array}$$

(Отверстие)

(Вал)

$$\text{Ø}48 \frac{+0,064}{+0,025}$$

$$\text{Ø}48 \frac{0}{-0,016}$$

Номинальный размер  
соединения

$$D = 48 \text{ мм}$$

$$d = 48 \text{ мм}$$

Верхнее отклонения

$$ES = +0,064 \text{ мм}$$

$$es = 0 \text{ мм}$$

Нижнее отклонения

$$EI = +0,025 \text{ мм}$$

$$ei = -0,016 \text{ мм}$$

Верхний предельный размер

$$D_{\max} = D + ES = 48,064 \text{ мм}$$

$$d_{\max} = d + es = 48,000 \text{ мм};$$

Нижний предельный размер

$$D_{\min} = D + EI = 48,025 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d + ei = 47,984 \text{ мм};$$

Допуск

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = 0,039 \text{ мм}$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = 0,016 \text{ мм};$$

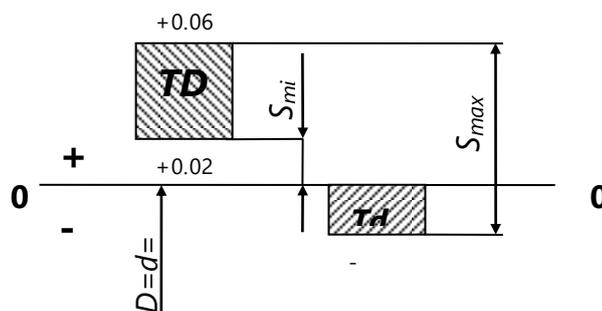
или

или

$$TD = ES - EI = 0,039 \text{ мм};$$

$$Td = es - ei = 0,016 \text{ мм};$$

Графическое изображение посадки:



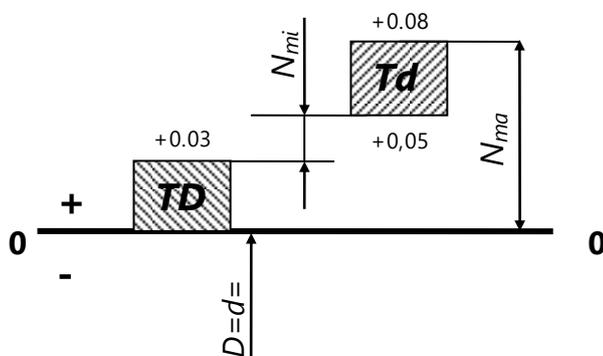
Характер соединения: посадка с зазором.

Основные параметры посадки:

Наибольший зазор	$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 0,080$ мм или $S_{\max} = ES - ei = 0,080$ мм.
Наименьший зазор	$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 0,025$ мм или $S_{\min} = EI - es = 0,025$ мм
Диапазон посадки с зазором	$TS = S_{\max} - S_{\min} = 0,055$ мм или $TS = TD + Td = 0,055$ мм
Соединение 2-посадка с натягом	$\begin{array}{r} \text{Ø}53 \\ +0,030 \\ +0,083 \\ \hline +0,053 \end{array}$

	(Отверстие)	(Вал)
	$\text{Ø}53_0^{+0,030}$	$\text{Ø}53_{+0,053}^{+0,083}$
Номинальный размер соединения	$D = 53$ мм;	$d = 53$ мм;
Верхнее отклонения	$ES = +0,030$ мм;	$es = +0,083$ мм;
Нижнее отклонения	$EI = 0$ мм;	$ei = +0,053$ мм;
Верхний предельный размер	$D_{\max} = D + ES = 53,03$ мм;	$d_{\max} = d + es = 53,083$ мм;
Нижний предельный размер	$D_{\min} = D + EI = 53,00$ мм;	$d_{\min} = d + ei = 53,053$ мм;
Допуск	$TD = D_{\max} - D_{\min} = 0,03$ мм или $TD = ES - EI = 0,03$ мм.	$Td = d_{\max} - d_{\min} = 0,03$ мм; или $Td = es - ei = 0,03$ мм;

Графическое изображение посадки:



Характер соединения: посадка с натягом.

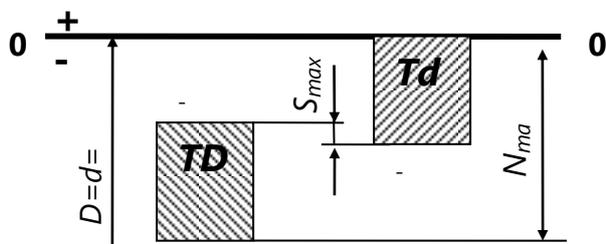
Основные параметры посадки:

Наибольший натяг	$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 0,083$ мм; или $N_{\max} = es - EI = 0,083$ мм.
Наименьший натяг	$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = 0,023$ мм; или $N_{\min} = ei - ES = 0,023$ мм.
Диапазон посадки с натягом	$TN = N_{\max} - N_{\min} = 0,06$ мм; или $TN = TD + Td = 0,06$ мм.

Соединение 3-посадка переходная	$\begin{array}{r} -0,012 \\ \text{Ø}48 \\ -0,028 \\ \hline -0,016 \end{array}$
---------------------------------	--

	(Отверстие)	(Вал)
	$\varnothing 48_{-0,028}^{-0,012}$	$\varnothing 48_{-0,016}^0$
Номинальный размер соединения	$D = 48 \text{ мм}$	$d = 48 \text{ мм}$
Верхнее отклонения	$ES = -0,012 \text{ мм}$	$es = 0$
Нижнее отклонения	$EI = -0,028 \text{ мм}$	$ei = -0,016 \text{ мм}$
Верхний предельный размер	$D_{\max} = D + ES = 47,988 \text{ мм}$	$d_{\max} = d + es = 48,000 \text{ мм}$
Нижний предельный размер	$D_{\min} = D + EI = 47,972 \text{ мм}$	$d_{\min} = d + ei = 47,984 \text{ мм}$
Допуск	$TD = D_{\max} - D_{\min} = 0,016 \text{ мм}$ или $TD = ES - EI = 0,16 \text{ мм}$	$Td = d_{\max} - d_{\min} = 0,016 \text{ мм}$ или $Td = es - ei = 0,016 \text{ мм}$

Графическое изображение посадки:



Характер соединения: посадка переходная.

Основные параметры посадки:

Наибольший зазор  $S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 0,004 \text{ мм}$  или  $S_{\max} = ES - ei = 0,004 \text{ мм}$ .

Наибольший натяг  $N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 0,028 \text{ мм}$  или  $N_{\max} = es - EI = 0,028 \text{ мм}$ .

Диапазон переходной посадки  $T(SN) = S_{\max} + N_{\max} = 0,032 \text{ мм}$  или  $T(SN) = TD + Td = 0,032 \text{ мм}$

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДНОСТИ ДЕТАЛЕЙ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ

**Цель:** Научиться определять годность деталей типа «вал» и «отверстие».

**Задача № 1.** Определить величину допуска, наибольший и наименьший предельные размеры по заданным номинальным размерам и предельным отклонениям.

Номинальные размеры и предельные отклонения	2,5 <sup>+0,02</sup>	4 <sup>0,04</sup>	1,6 <sup>+0,016</sup> <sub>+0,010</sub>	3,2 <sup>-0,08</sup>	12 <sup>-0,045</sup> <sub>-0,105</sub>	4 <sup>0,034</sup>	30 <sup>+0,047</sup> <sub>-0,030</sub>	25 <sup>+0,013</sup> <sub>-0,008</sub>	50 <sup>+0,150</sup> <sub>+0,040</sub>	15 <sup>-0,007</sup> <sub>-0,032</sub>
Допуск										
Наибольший предельный размер										
Наименьший предельный размер										

**Задача № 2.** Определить верхние и нижние предельные отклонения вала по заданным номинальным и предельным размерам.

Номинальный размер	4	10	16	5	8	12	25	32	125	20
Наибольший предельный размер	4,009	10	15,980	5,004	8,005	11,940	25,007	31,975	125	20,056
Наименьший предельный размер	4,001	9,984	15,930	4,996	7,972	11,820	24,993	31,950	124,92	20,035
Верхнее отклонение										
Нижнее отклонение										
Размер в чертеже										

**Задача №3.** Изобразить графически поля допусков отверстий и валов

Отверстие <sup>+0,040</sup>

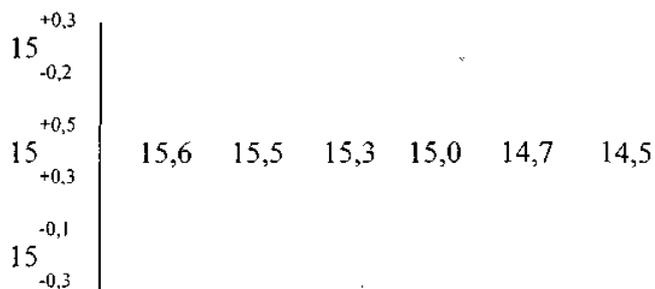
Ø 125 <sup>+0,013</sup>

Вал Ø320 <sup>-0,070</sup>  
<sub>-0,125</sub>

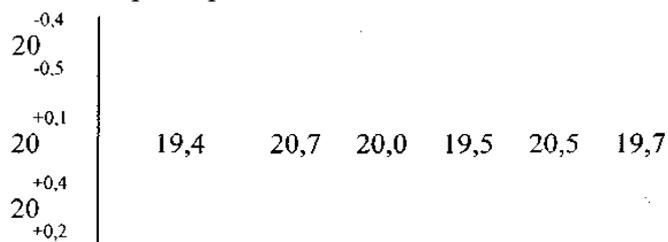
Вал Ø200 <sub>-0,3</sub>

Отверстие Ø450 <sup>+0,020</sup>  
<sub>-0,020</sub>

**Задача № 4.** Определить годность валов, если известен размер к чертежу и действительные размеры.



**Задача №5.** Определить годность отверстий, если известен размер к чертежу и действительные размеры.



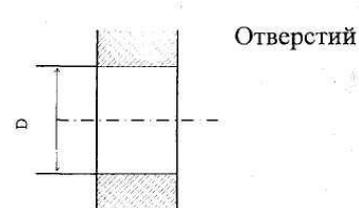
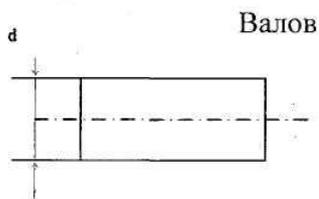
**Задача № 6.** Определить годность валов, по результатам их измерения.

Размер в чертеже	$110_{-0,075}^{-0,040}$	$24_{-0,14}$	$105_{-0,023}$	$75_{-0,030}^{-0,11}$	$85_{+0,190}^{+0,260}$
Действительный размер	109,958	23,98	105,002	74,87	85,2

**Задача № 7.** Определить годность отверстий, по результатам их измерения.

Размер в чертеже	$2_{+0,12}$	$40_{+0,060}$	$71_{-0,03}$	$8_{-0,020}^{-0,004}$	$105_{+0,04}^{-0,09}$	$85_{+0,07}$
Действительный размер	1,95	40,038	71,002	7,965	105,042	85

**Задача №8.** Нанести на чертеже размеры и предельные отклонения диаметров валов и отверстий.



<b>d, мм</b>	<b>125</b>	<b>160</b>	<b>140</b>	<b>220</b>	<b>180</b>	<b>250</b>
es, мкм	+40	0	+14	+230	-50	+45
ei, мкм	+13	-27	-14	+140	-90	+15
<b>D, мм</b>	<b>10</b>	<b>50</b>	<b>12</b>	<b>80</b>	<b>16</b>	<b>125</b>
ES, мкм	+100	+250	-22	+20	-3	+450
EI, мкм	0	+80	-48	-10	-30	+150

Определить предельные отклонения, записать номинальные размеры с предельными отклонениями и начертить схемы расположения полей допусков.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

### ДОПУСКИ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ.

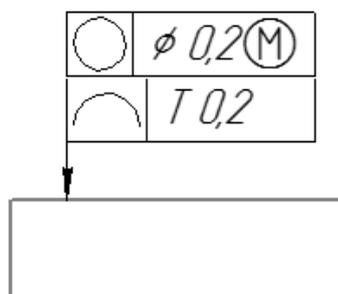
**Цель занятия:** Указать на чертеже необходимые допуски формы и расположения поверхностей.

#### Методические указания к выполнению задания

1. Перед выполнением чертежа необходимо изучить задание (Приложение, Таблица 1 и Таблица 2).
2. Работа выполняется в рабочей тетради с конспектами по данной дисциплине.
3. Согласно своему варианту выполнить в произвольном масштабе изображение детали (Таблица 2), на котором в последующем в пустых ячейках указать необходимые допуски формы и расположения поверхностей (Таблица 1) **Образец выполнения задания**

*Вариант XX*

*Задание: Указать зависимый допуск круглости кругового поля определяющегося диаметром  $\phi 0,2$  мм и допуск формы заданного профиля указанного в диаметральном выражении  $0,2$  мм.*



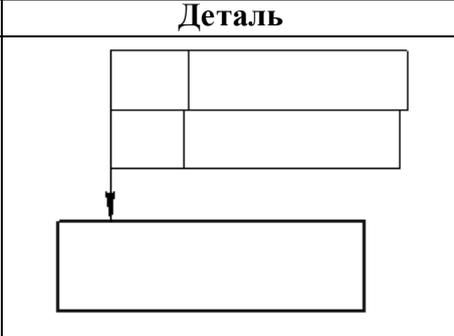
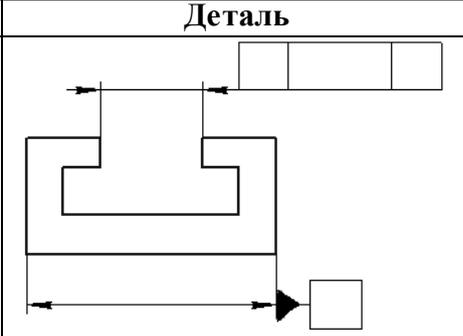
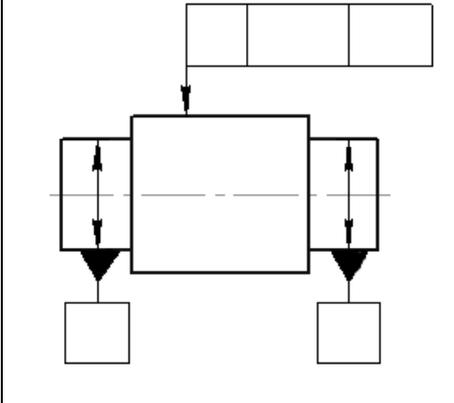
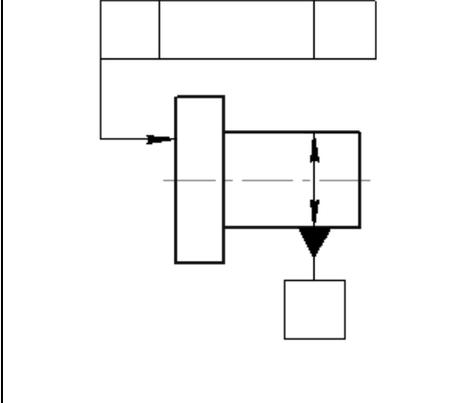
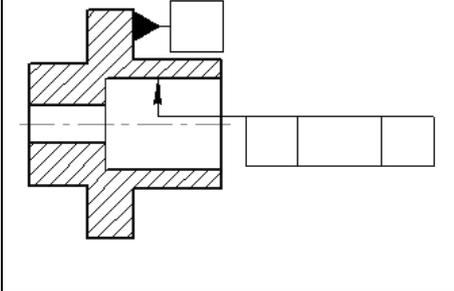
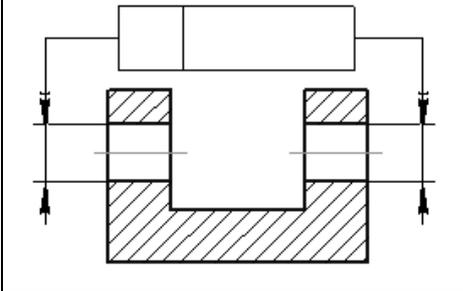
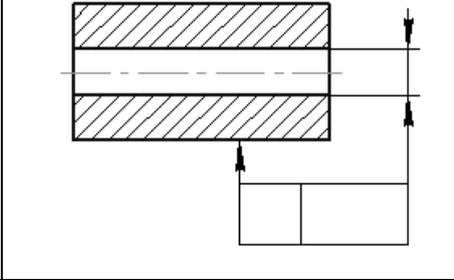
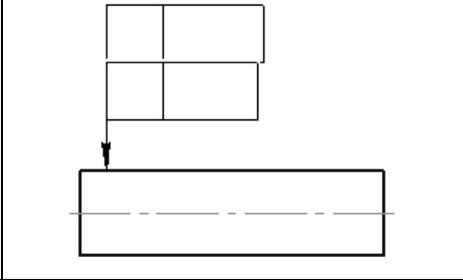
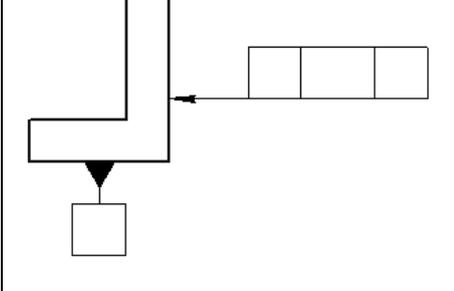
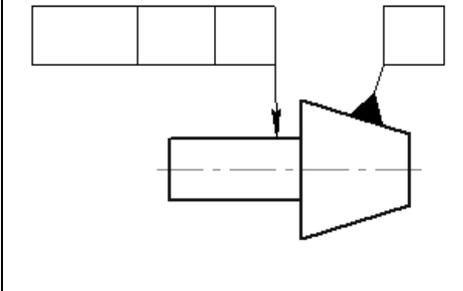
#### Приложение. Варианты заданий

Таблица 1

Вариант	Задание
1	Указать допуск плоскостности $0,1$ мм, относящегося к участку площадью $100 \times 100$ мм и допуск прямолинейности $0,1$ мм, относящегося к участку длиной $80$ мм
2	Указать допуск биения радиального, торцевого и в заданном направлении $0,01$ мм связанного с базами А и Б
3	Указать допуск биения радиального, торцевого и в заданном направлении $0,01$ мм связанного с базой А
4	Указать допуск соосности $0,02$ мм
5	Указать допуск перпендикулярности $0,2$ мм связанного с базой А
6	Указать допуск симметричности указанного в диаметральном выражении $0,2$ мм связанного с базой А
7	Указать допуск биения радиального, торцевого и в заданном направлении $0,01$ мм относящегося к участку $\phi 20$ мм связанного с базой А
8	Указать допуск соосности кругового поля определяющегося диаметром $\phi 0,1$ мм
9	Указать допуск цилиндричности $0,1$ мм относящегося к участку $50$ мм и допуск круглости $0,04$ мм
10	Указать допуск биения радиального, торцевого и в заданном направлении $0,02$ мм связанного с базой А
11	Указать допуск плоскостности $0,2$ мм, относящегося к участку площадью $50 \times 50$

Вариант	Задание
	мм и допуск параллельности 0,02 мм связанного с базой А
12	Указать допуск полного радиального и полного торцевого биений 0,02 мм связанного с базами А и Б
13	Указать допуск биения радиального, торцевого и в заданном направлении 0,1 мм связанного с базой А
14	Указать зависимый допуск прямолинейности кругового поля определяющегося диаметром $\varnothing 0,1$ мм
15	Указать зависимый допуск перпендикулярности 0,1 мм связанного с базой А
16	Указать зависимый допуск симметричности 0,1 мм связанного с базой А
17	Указать допуск биения радиального, торцевого и в заданном направлении 0,2 мм относящегося к участку $\varnothing 10$ мм связанного с базой А
18	Указать зависимый допуск соосности 0,1 мм
19	Указать допуск круглости 0,02 мм и допуск профиля продольного сечения 0,01 мм
20	Указать допуск полного радиального и полного торцевого биений 0,1 мм связанного с базой А
21	Указать допуск плоскостности 0,02 мм и допуск перпендикулярности 0,05 мм связанного с базой А
22	Указать допуск биения радиального, торцевого и в заданном направлении 0,1 мм, относящегося к участку длиной 40 мм и связанного с базами А и Б
23	Указать допуск биения радиального, торцевого и в заданном направлении кругового поля определяющегося диаметром $\varnothing 0,1$ мм и связанного с базой А
24	Указать допуск соосности кругового поля определяющегося диаметром $\varnothing 0,2$ мм
25	Указать допуск перпендикулярности 0,1 мм связанного с базой А
26	Указать допуск симметричности кругового поля определяющегося диаметром $\varnothing 0,1$ мм и связанного с базой А
27	Указать допуск полного радиального и полного торцевого биений 0,02 мм связанного с базой А
28	Указать зависимый допуск соосности 0,2 мм
29	Указать допуск цилиндричности 0,02 мм относящегося к участку 50 мм и допуск круглости 0,01 мм
30	Указать допуск полного радиального и полного торцевого биений 0,01 мм связанного с базой А

Таблица 2

Вариант	Деталь	Вариант	Деталь
1		16	
2		17	
3		18	
4		19	
5		20	

Вариант	Деталь	Вариант	Деталь
6		21	
7		22	
8		23	
9		24	
10		25	

Вариант	Деталь	Вариант	Деталь
11		26	
12		27	
13		28	
14		29	
15		30	

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5

### ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

**Цель занятия:** Ознакомиться с видами контроля шероховатости поверхностей контактным методом с помощью щуповых приборов (профилометров и профилографов) и бесконтактным методом с помощью оптических приборов.

#### Ход работы:

1. Запишите номер, название и цель работы.
2. Изучите и опишите, что представляет собой образец шероховатости.
3. Изучите и охарактеризуйте принцип действия щуповых приборов.
4. Изучите и опишите бесконтактного метод измерения шероховатости.
5. Письменно ответьте на контрольные вопросы.
6. Сделайте вывод.

#### Теоретическое обоснование

Поверхности деталей не бывают совершенно гладкими. При отливке, прокате, штамповке, механической обработке на поверхностях деталей образуются неровности в виде чередующихся выступов и впадин разных размеров. Эти неровности можно рассмотреть через увеличительное стекло (лупа) или на специальных приборах.

Совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная с помощью базовой длины, называется шероховатостью поверхности.

Шероховатость поверхности оказывает заметное влияние на эксплуатационные свойства детали. Чем глаже поверхность, тем меньше трение и износ деталей, тем выше коэффициент полезного действия механизмов, прочность и антикоррозионная стойкость, красивее внешний вид изделия. Шероховатость поверхностей деталей влияет и на герметичность их соединений.

Шероховатость поверхности имеет свои характеристики: геометрическую величину неровностей, способность сцепления поверхности с покрытием, отражающую способность и др. Однако главной характеристикой шероховатости в машиностроении является ее геометрическая величина. Государственный стандарт на шероховатость поверхности устанавливает единый подход к определению величины шероховатости - основой для этого является профиль шероховатости и его параметры.

Шероховатость является существенным геометрическим показателем качества поверхности детали. Однако нельзя завышать параметры шероховатости поверхности более, чем требуется для ее функционирования, так как при повышении точности изготовления и достижении высокого качества поверхности резко возрастает стоимость обработки.

Количественно шероховатость поверхности оценивается такими основными параметрами:

- среднее арифметическое отклонение профиля –  $R_a$ ;
- наибольшая высота неровностей профиля –  $R_{max}$ ;
- средний шаг неровностей профиля –  $S_m$ ;
- средний шаг неровностей профиля по вершинам –  $S$ ;
- опорная длина профиля –  $\eta_r$ ;
- относительная опорная длина профиля –  $tr$ ;
- высота неровности профиля по десяти точкам (сумме средних арифметических абсолютных отклонений точек пяти наибольших минимумов и пяти наибольших максимумов) –  $R_z$ .

Сравнительный бесконтактный метод основан на сравнении реальной поверхности изделия с образцами шероховатости, которые имеют стандартные значения параметра  $R_a$  (ГОСТ 9378-93) и изготавливаются для определенных способов обработки материалов. Контрольные образцы представляют собой набор пластин или образцовых деталей, которые обработаны с определенной шероховатостью, полученной точением, фрезерованием, строганием, шлифованием, полированием, доводкой, выполненной на разных материалах. Этот метод является простым и доступным, обеспечивает достоверность контроля при  $R_a > 1,25$  мкм и  $R_z > 10$  мкм и широко применяется в цеховых условиях. Для повышения точности оценки используют сравнительные микроскопы, в которых рядом ставят образец и контролируемую деталь. Вместо образцов

шероховатости могут быть также применены аттестованные образцовые детали. Этот метод находит применение при единичном производстве изделий.

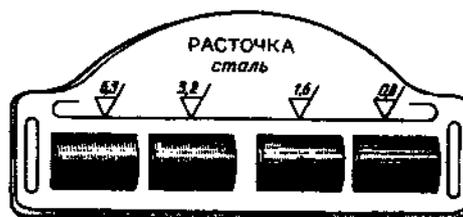


Рисунок 5.1 - Эталоны для шероховатости методом сравнения

Образец шероховатости представляет собой пластинку, одна из поверхностей которой обработана с образцовой шероховатостью и аттестована по параметру  $R_a$  на профилометре. Пластинки собирают в обоймы по 4 штуки, причем так, чтобы значение  $R_a$  соседних пластин отличалось на величину, заданную ГОСТом на эти образцы шероховатости. Чтобы легче было сравнивать сопоставляемые поверхности, пользуются лупой.

Механический контактный метод предусматривает измерение параметров шероховатости с помощью щуповых приборов (профилометров и профилографов). Числовые значения параметров шероховатости определяются либо непосредственно по шкале прибора (профилометров), либо по увеличенным изображениям профиля или записанной профилограммы разреза (профилографов). При контактных методах измерения шероховатости поверхности по контролируемой поверхности перемещается алмазная или стальная игла (с радиусом закругления  $1 \div 12$  мкм). При этом она осуществляет микроперемещения по направлению своей оси, соответствующие изменению профиля поверхностных неровностей. Эти микроперемещения усиливаются и регистрируются отсчетными устройствами. Профилографы позволяют автоматически получить увеличенную запись микропрофиля поверхности в виде профилограммы

На рисунке 5.2, а - показан профилограф-профилометр, а на рисунке 5.2, б - принцип действия этого щупового прибора.

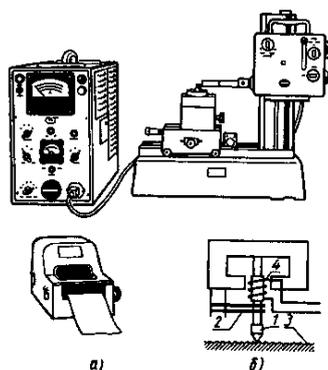


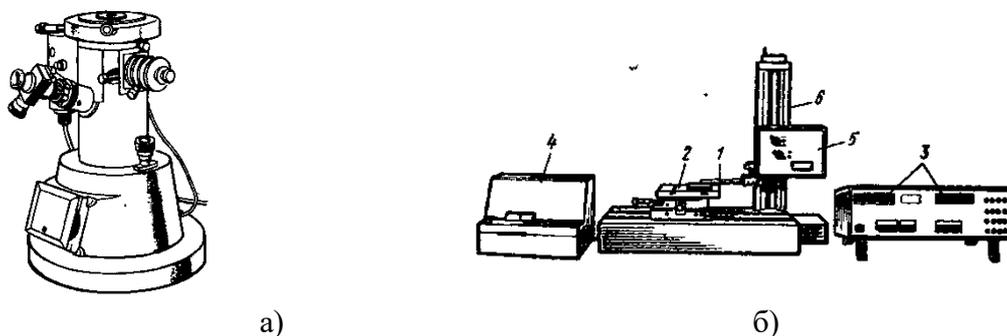
Рисунок 5.2 – Портативный профилометр

Профилограф-профилометр модели 250, изображенный на рисунке 5.3, а, позволяет измерять все параметры шероховатости. Прибор снабжен индуктивным датчиком 1 с иглой, которая находится в контакте с поверхностью детали 2. Полученные в микрометрах значения измеренных параметров шероховатости  $R_a$ ,  $R_{max}$ ,  $S_m$ ,  $t_p$  высвечиваются в окнах цифровой индикации 3. Прибор снабжен самописцем 4, позволяющим получить на бумаге графическое изображение реального профиля поверхности. По профилограмме можно определить параметры  $R_z$  и  $S$ . При этом скорость движения иглы датчика и ее смещение вдоль исследуемой поверхности задаются мотоприводом 5, смонтированным на стойке 6. С помощью профилограф-профилометра можно измерять параметры шероховатости

поверхности отверстий с наименьшим диаметром 3 мм (при глубине 5 мм). При работе в режиме профилографа возможно получить профилограмму при увеличении  $100 \dots 100\,000^{\times}$  по вертикали и  $0,5 \dots 2000^{\times}$  по горизонтали.

Оптический метод представляет собой измерение параметров шероховатости бесконтактными оптическими приборами (двойными микроскопами, микроинтерферометрами и др.). Оптические приборы для измерения параметров шероховатости поверхности (ГОСТ 9847-79) основаны на принципе одновременного преобразования профиля поверхности и предназначены для измерения параметров  $R_{\max}$ ;  $R_z$ ;  $S$  по ГОСТ 2789-73.

Стандартом устанавливаются следующие типы приборов: ПТС – приборы теневого сечения; ПСС – приборы светового сечения; МОМ – микроскопы однообъективные муаровые; МИИ – микроскопы интерференционные, действие которых основано на двухлучевой интерференции света; МПИ – микроскопы-профилометры интерференционные, действие которых основано на интерференции света с образованием полос равного хроматического порядка



а) Профилограф - профилометр модели 250; б) интерференционный микроскоп

Рисунок 5.3

Для бесконтактного измерения шероховатости применяют двойной микроскоп МИС-11 ( $R_z = 1,6 \dots 80$  мкм), микроинтерферометры МИИ-4 и МИИ-11 ( $R_z = 0,05 \dots 1$  мкм), МИИ-100 (для оценки шероховатости в трудно доступных местах по отпечатку поверхности) и другие оптические приборы. В настоящее время для оценки шероховатости применяют лазерные устройства и приборы, измеряющие одновременно несколько параметров.

#### Контрольные вопросы:

1. Дайте определение шероховатости поверхности.
2. Перечислите основные характеристики шероховатости.
3. Как влияет шероховатость на эксплуатационные свойства детали?
4. Что называется профилограммой?

#### Содержание отчета

- 1) Запишите номер, название и цель работы.
- 2) Ход работы.
- 3) Письменно ответить на контрольные вопросы.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6

### ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ПРОДУКЦИИ

**Цель занятия:** Определить численные значения предельных отклонений присоединительных диаметров подшипника и посадочных мест вала и корпуса согласно выбранным посадкам.

#### Краткие теоретические основания выполняемого задания

Подшипники качения работают в самых разнообразных эксплуатационных условиях и призваны обеспечивать требуемую точность и равномерность вращения подвижных частей машин. Являясь стандартными узлами, подшипники качения имеют полную взаимозаменяемость по присоединительным поверхностям, определяемым наружным диаметром наружного и внутренним диаметром внутреннего колец. Качество самих подшипников качения определяется рядом показателей, в зависимости от величины которых стандартами ГОСТ 520-71 и СТ СЭВ 774-77 установлены пять классов точности, обозначаемых в порядке повышения точности: 0, 6, 5, 4 и 2. Класс точности подшипника выбирается исходя из требований, предъявляемых к точности вращения и условиям работы механизма. В машино- и приборостроении при средних и малых нагрузках, нормальной точности вращения обычно применяют подшипники класса точности 0. Для тех же условий, но при повышенных требованиях к точности вращения используют подшипники класса точности 6. Подшипники классов точности 5 и 4 применяют только при больших скоростях и жестких требованиях к точности вращения, а класса точности 2 – лишь в особых условиях. Класс точности (кроме класса 0) указывают через тире перед условным обозначением подшипника, например: 6 – 310.

#### Образец выполнения практической работы

**Дано:**

Подшипник № 5-209

По приложению находим основные размеры подшипника:

Подшипник №5-209

Наружный диаметр  $D = 85$  мм

Внутренний диаметр  $d = 45$  мм

Ширина кольца  $B = 19$  мм

Для подшипника класса точности 5 принимаем поле допуска К6. Тогда посадку наружного кольца в корпус в общем виде запишем так:  $\varnothing 85K6$ . По таблице приложения принимаем поле допуска вала h5. Посадка внутреннего кольца на вал в условной записи имеет вид:  $\square 45h6$ .

По таблицам СТ СЭВ 144-75 или ГОСТ 25347-82 находим численные значения предельных отклонений присоединительных диаметров колец подшипника и посадочных мест вала и корпуса.

Получим:

Внутренне кольцо  $\varnothing 45-0,008$

Шейка вала  $\varnothing 45h5$

Наружное кольцо  $\varnothing 85-0,010$

Отверстие в корпусе  $\varnothing 85K6$

Произведем расчет предельных значений присоединительных диаметров, их допусков, а также полученных в соединениях зазоров и натягов. Расчет производим аналогично расчетам выполненным в примере для посадки с зазором гладких цилиндрических соединений. Данные расчета сводим в таблицу 2.

Определяем предельные размеры и допуски на обработку деталей соединения согласно выбранной посадке:

Внутреннее кольцо подшипника:  $\varnothing 45(-0,008)$

Шейка вала  $\varnothing 45h5$

Параметры отверстия внутреннего кольца подшипника:  $ES=0$ ;  $EI= -8$ ;  $TD=8$ мкм.

Параметры шейки вала:  $es=0$ ;  $ei= -11$ ;  $Td=11$ мкм.

Наибольший и наименьший зазоры:

$$S_{\max}=ES - ei = 0 - (-11) = 11$$

$$S_{\min}=EI - es = -8 - 0 = -8$$

Допуск посадки:

$$TS=S_{\max} - S_{\min} = 11 - (-8) = 19 \text{ мкм}$$

$$TS=ES - ei - EI + es = TD + Td;$$

$$TS=8+11=19 \text{ мкм}$$

Наружное кольцо подшипника:  $\varnothing 85(-0,010)$

Отверстие в корпусе  $\varnothing 85K6$

Параметры отверстия корпуса:  $ES=4$ ;  $EI= -18$ ;  $TD=10$ мкм.

Параметры наружного кольца подшипника:  $es=0$ ;  $ei= -10$ ;  $Td=22$ мкм.

$$S_{\max}=ES - ei = 4 - (-18) = 22$$

$$S_{\min}=EI - es = -18 - 0 = -18$$

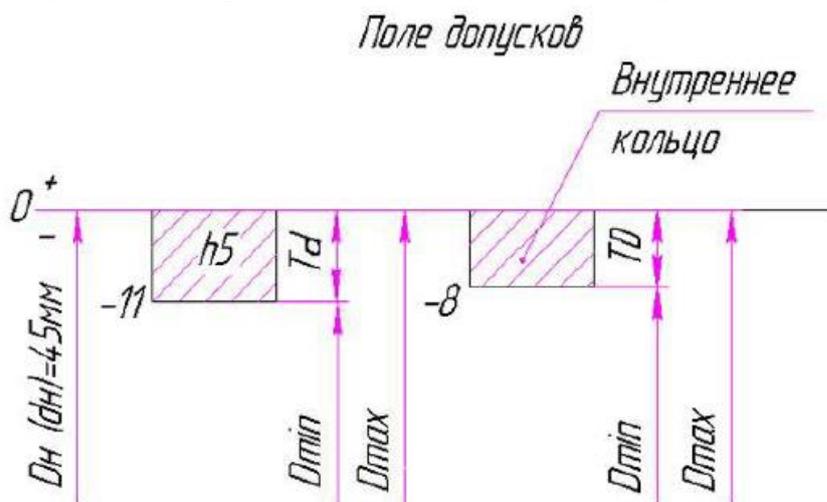
Допуск посадки:

$$TS=S_{\max} - S_{\min} = 22 - (-18) = 40 \text{ мкм}$$

$$TS=ES - ei - EI + es = TD + Td;$$

$$TS=10+22=32 \text{ мкм}$$

Строим схему взаимного расположения полей допусков (рис. 3)



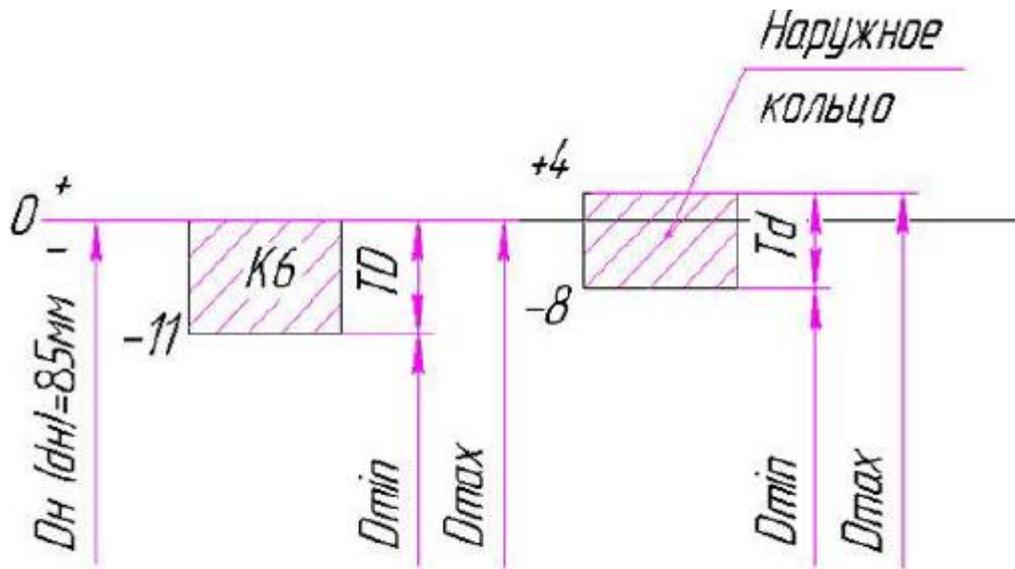


Рис.3 Схема расположения полей допусков соединения «внутреннее кольцо – вал» и «наружное кольцо – корпус».

Таблица 2

Наименование элементов и соединений подшипника	Номинальный размер, мм	Условное обозначение поля допуска	Предельные отклонения	
			Верхнее	Нижнее
1	2	3	4	5

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Присоединительные диаметры:				
Внутреннего кольца	45	-	0	-0,008
Шейки вала	45	h5	0	-0,011
Наружного кольца	85	-	0	-0,010
Отверстия корпуса	85	K6	+0,004	-0,018
Соединения:				
Внутреннего кольца	45	-	-	-
Шейки вала	85	-	-	-

Продолжение таблицы 2

Наименование элементов и соединений подшипника	Предельные размеры, мм		Допуск размера, мкм	Зазор (натяг), мм	
	max	min		max	min
Присоединительные диаметры:					
Внутреннего кольца	45	44,9 92	0,00 8	-	-
Шейки вала	45	44,9 89	0,01 1	-	-
Наружного кольца	85	84,9 90	0,01 0	-	-
Отверстия корпуса	85,0 04	84,9 82	0,02 2	-	-

Соединения:					
«внутреннее кольцо - вал»	-	-	-	0,011	0,008 (натяг)
«наружное кольцо - корпус»	-	-	-	0,015	0,018 (натяг)

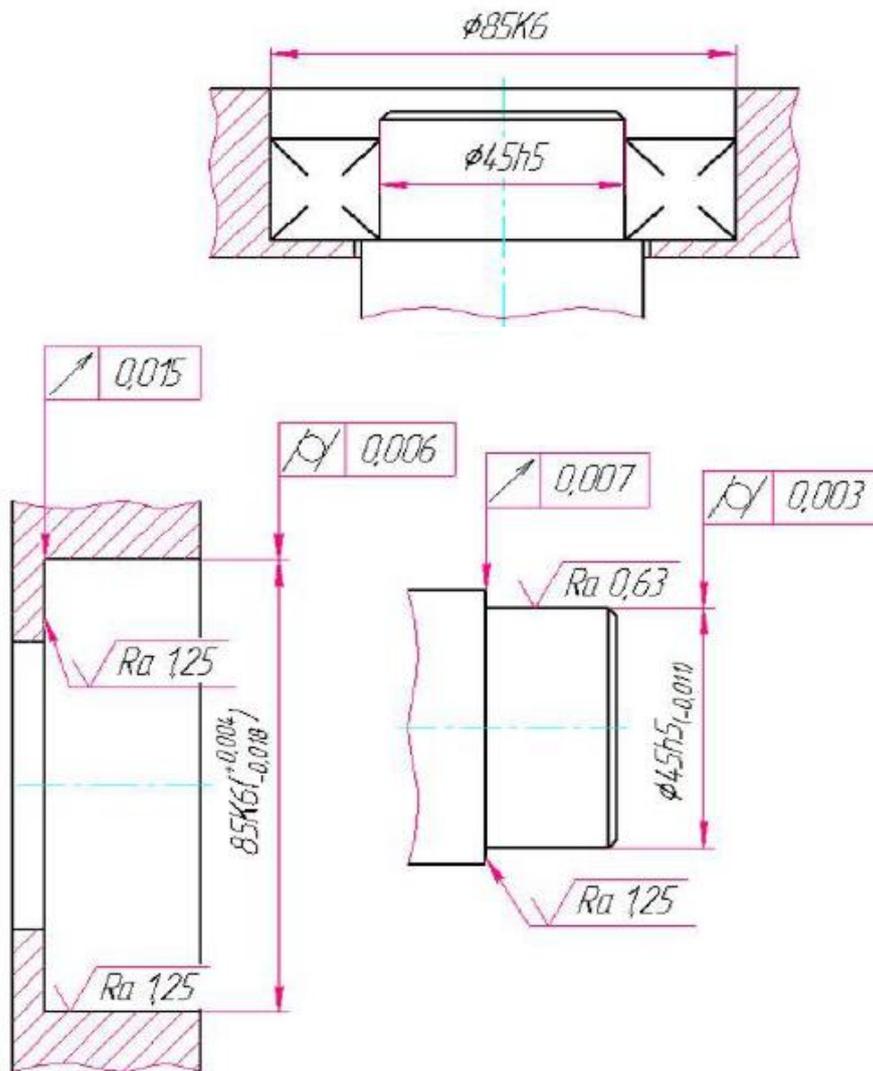


Рис.4 Эскиз подшипникового узла и его деталей.

### ФОРМА ОТЧЁТА

Отчёт по выполнению практической работы №6 «Расчет допусков и посадок подшипников качения» выполняется, в соответствии с ГОСТ 2.106-68, как конструкторский документ рукописным или машинописным способом на стандартных листах формата А4. Если отчет выполняется на ПК то шрифт должен быть 12 Times New Roman интервал 1 .

Отчет выполняется с одной стороны листа. Нумерация страниц вверху листа.

В отчете необходимо отразить следующие пункты.

1. Записать тему, цели практической работы.
2. Выполнить расчет задания согласно варианта
3. Начертить схему полей допусков
4. Ответить на контрольные вопросы

### **Контрольные вопросы**

1. Какой принцип образования полей допусков, принятый в ЕСП СЭВ?
2. Какие основные условия образования посадок?
3. Из каких соображений выбирают класс точности подшипника?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7**  
**КОНТРОЛЬ ШПОНОЧНЫХ И ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

**Цель занятия:** формировать умения и навыки расчёта параметров допусков, определение характера соединения шлицевых и шпоночных соединений, применяемых на транспортных средствах.

**ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ**

**Выполните задание 1** по примеру 1 (варианты задания представлены в таблице 7.1):

**Задание: Определить характер шпоночного соединения (посадку) и вид соединения.**

Таблица 7.1. Варианты задания 1

Варианты	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Номинальная ширина шпоночного соединения, мм	3	6	16	20	8	4	25	32	14	10
Поле допуска шпонки	h9	h9	h9	h9	h9	h9	h9	h9	h9	h9
Поле допуска вала	H9	N9	P9	N9	H9	P9	N9	H9	N9	P9
Поле допуска втулки	D10	Js9	P9	Js9	D10	P9	Js9	D10	Js9	P9

**Выполните задание 2** по примеру 2(варианты задания представлены в табл. 7.2):

Определить характер соединения (посадку) и основные параметры посадки в шлицевом соединении: а) по центрирующему элементу; б) по боковым сторонам зубьев.

Таблица 7.2. Варианты задания 2

Вариант	Условное обозначение	Вариант	Условное обозначение
1	D-6x23x26H7/f7x6F8/f7	6	d-16x56H7/f7x65x5F10/f9
2	d-8x62H7/f7x68x12D9/h9	7	D-10x72x78H7/js6x12F8/js7
3	D-20x112x125H7/js6x9F8/f8	8	d-8x36H7/g6x42x7D9/h9
4	d-10x72H7/g6x78x12D9/k7	9	D-10x36x45H7/f7x5F8/f7
5	D-8x52x60H7/f7x10F8/f7	10	d-6x26H7/f7x30x6D9/k7

**ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ**

Пример 1

Определить характер шпоночного соединения (посадку) и вид соединения.

Условие: номинальная ширина шпоночного соединения  $b = 20$  мм;

Поле допуска: шпонки по ширине- h9;

паза вала- H9;

паза втулки- D10.

Решение:

1) по таблице 7.2.3 находим предельные отклонения размеров:

шпонки -  $20h9 = 20_{-0,052}$ ;

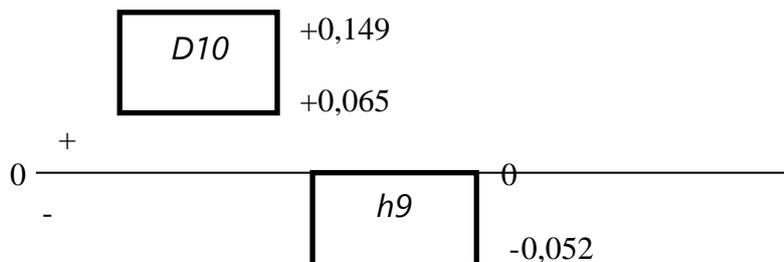
паза вала-  $20H9 = 20_{+0,052}$ ;

паза втулки-  $20D10 = 20_{+0,149}^{+0,065}$

2) Определяем основные параметры посадки для шпонки и втулки:

втулка $\varnothing 20D10$	шпонка $\varnothing 20h9$
$ES = +149 \text{ мкм} = +0,149 \text{ мм}$	$es = 0 \text{ мм}$
$EI = +65 \text{ мкм} = +0,065 \text{ мм}$	$ei = -52 \text{ мкм} = -0,052 \text{ мм}$

3) Графическое изображение полей допусков



4) Определяем характер соединения (посадку): С зазором.

Наибольший зазор равен  $S_{\max} = ES - ei = +0,149 - (-0,052) = 0,201 \text{ мм}$ .

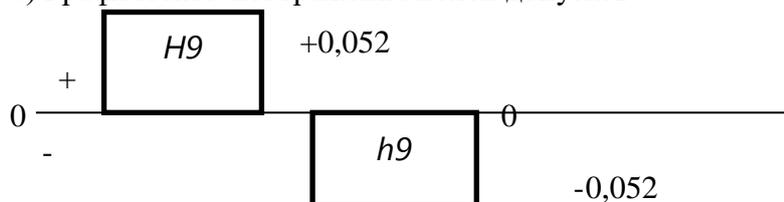
Наименьший зазор равен  $S_{\min} = EI - es = +0,065 - 0 = 0,065 \text{ мм}$ .

Допуск посадки с зазором  $TS = 0,169 \text{ мм}$ .

5) Определяем основные параметры посадки для шпонки и вала:

вал $\varnothing 20H9$	шпонка $\varnothing 20h9$
$ES = +52 \text{ мкм} = +0,052 \text{ мм}$	$es = 0 \text{ мм}$
$EI = 0 \text{ мм}$	$ei = -52 \text{ мкм} = -0,052 \text{ мм}$

6) Графическое изображение полей допусков



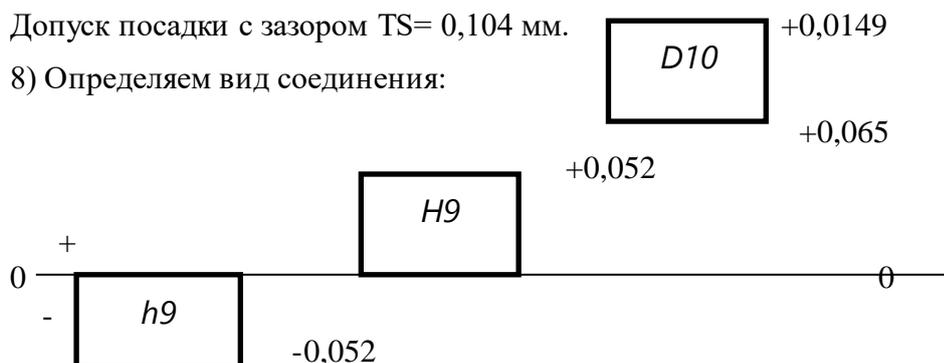
7) Определяем характер соединения (посадку): С зазором.

Наибольший зазор равен  $S_{\max} = ES - ei = +0,052 - (-0,052) = 0,104 \text{ мм}$ .

Наименьший зазор равен  $S_{\min} = EI - es = 0 - 0 = 0 \text{ мм}$ .

Допуск посадки с зазором  $TS = 0,104 \text{ мм}$ .

8) Определяем вид соединения:



Вид соединения - свободное.

ОТВЕТ: 1) для шпонки и втулки  $S_{\max}=0,201$  мм;  $S_{\min}=0,065$  мм;  $TS= 0,136$  мм.

2) для шпонки и вала  $S_{\max}=0,104$  мм;  $S_{\min}=0$  мм;  $TS= 0,104$  мм.

3) I соединение свободное.

### Пример 2

**Задание:**

Определить характер соединения ( посадка ) и основные параметры посадки в шлицевом соединении: а) по центрирующему элементу; б) по боковым сторонам зубьев.

Условие : Дано соединение D-10x72x82H7/f7x12F8/f8

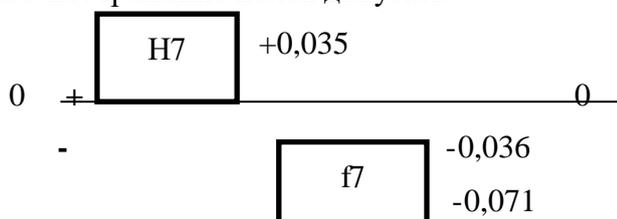
Решение:

1) Центрирующим элементом является  $\varnothing 82$ ;

По таблице (смотри справочный материал) находим предельные отклонения наружного диаметра

втулка	вал
$\varnothing 82H7$	$\varnothing 82f7$
$ES=+0,035$ мм	$es=-0,036$ мм
$EI= 0$ мм	$ei=-0,071$ мм

Графическое изображение полей допусков



Определяем характер соединения (посадку): С зазором.

Наибольший зазор равен  $S_{\max}= ES-ei= 0,035-(-0,071)=0,106$  мм.

Наименьший зазор равен  $S_{\min}= EI-es= 0-(-0,036)= 0,036$  мм.

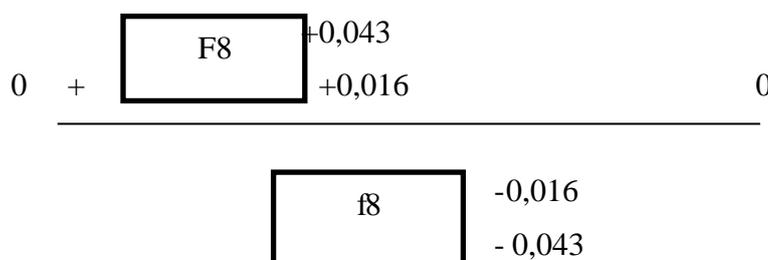
Допуск посадки с зазором  $TS= 0,070$  мм.

2) Размер по боковым сторонам зубьев (толщины зубьев)

По таблице (смотри справочный материал)

втулка	вал
$\varnothing 12F8$	$\varnothing 12f8$
$ES=+0,043$ мм	$es=-0,016$ мм
$EI=+0,016$ мм	$ei=-0,043$ мм

Графическое изображение полей допусков



Определяем характер соединения (посадку): С зазором.

Наибольший зазор равен  $S_{\max}= ES-ei= +0,043-(-0,043)=0,086$  мм.

Наименьший зазор равен  $S_{\min}= EI-es= -0,016-(-0,016)= 0,036$  мм.

Допуск посадки с зазором  $TS = 0,050$  мм.

ОТВЕТ: 1) по центрирующему элементу  $S_{\max} = 0,106$  мм;  $S_{\min} = 0,036$  мм;  $TS = 0,070$  мм.

2) по боковым сторонам зубьев  $S_{\max} = 0,186$  мм;  $S_{\min} = 0,036$  мм;  $TS = 0,050$  мм

### Справочный материал

Таблица 7.3. Предельные отклонения размеров шпонок и пазов по ширине *b* шпоночных соединений (ГОСТ 23360-78)

Номинальная ширина шпонки и паза, мм	На шпонке	На валу		На втулке		На валу и втулке
	<i>h9</i>	<i>H9</i>	<i>M9</i>	<i>D10</i>	<i>I<sub>s</sub>9</i>	<i>F9</i>
	Предельные отклонения размера, мкм					
От 1 до 3	-25	+25	-4 -29	+60 +20	+12 -12	-6 -31
Свыше 3 до 6	-30	+30	-30	+78 +30	+15 -15	-12 -42
» 6 » 10	-36	+36	-36	+98 +40	+18 -18	-15 -51
» 10 » 18	-43	+43	-43	+120 +50	+21 -21	-18 -61
» 18 » 30	-52	+52	-52	+149 +65	+26 -26	-22 -74
» 30 » 50	-62	+62	-62	+180 +80	+31 -31	-26 -88
» 50 » 80	-74	+74	-74	+220 +100	+37 -37	-32 -106
» 80 » 120	-87	+87	-87	+260 +120	+43 -43	-37 -124

Таблица 7.4. Рекомендуемые предельные отклонения диаметров  $D$  и  $d$  при центрировании по  $d$ , мкм (ГОСТ 1139-80)

Элемент соединения		Обозначение поля допуска	$d$ и $D$ , мм							
			свыше 10 до 18	свыше 18 до 30	свыше 30 до 40	свыше 40 до 50	свыше 50 до 65	свыше 65 до 80	свыше 80 до 100	свыше 100 до 120
Втулка	$d$	H7	+18 0	+21 0		+25 0		+30 0	+35 0	+40 0
	$D$	H12	+180 0	+210 0		+250 0		+300 0	+350 0	+400 0
Вал	$d$	g6	-6 -17	-7 -20		-9 -25		-10 -29	-12 -34	-14 -39

Элемент соединения		Обозначение поля допуска	$d$ и $D$ , мм								
			свыше 10 до 18	свыше 18 до 30	свыше 30 до 40	свыше 40 до 50	свыше 50 до 65	свыше 65 до 80	свыше 80 до 100	свыше 100 до 120	свыше 120 до 140
Вал	$d$	h6	0 -11	0 -13		0 -16		0 -19	0 -22	0 -25	
		$i_s 6$	+5,5 -5,5	+6,5 -6,5		+8 -8		+9,5 -9,5	+11 -11	+12,5 -12,5	
		f7	-16 -34	-20 -41		-25 -50		-30 -60	-36 -71	-43 -83	
		e8	-32 -69	-40 -73		-50 -89		-60 -106	-72 -126	-85 -148	
	$D$	a11	-290 -400	-300 -430	-310 -470	-320 -480	-340 -530	-360 -550	-380 -600	-410 -630	-460 -710

Таблица 7.5. Рекомендуемые предельные отклонения диаметров  $D$  и  $d$  при центрировании по  $D$ , мкм (ГОСТ 1139-80)

Элемент соединения	Обозначение поля допуска	$D$ и $d$ , мм						
		свыше 10 до 18	свыше 18 до 30	свыше 30 до 50	свыше 50 до 80	свыше 80 до 120	свыше 120 до 140	
Втулка	$D$	$H7$	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0
		$H8$	+27 0	+33 0	+39 0	+46 0	+54 0	+63 0
	$d$	$H11$	+110 0	+130 0	+160 0	+190 0	+220 0	+250 0
Вал	$D$	$g6$	-6 -17	-7 -20	-9 -25	-10 -29	-12 -34	-14 -39
		$h6$	0 -11	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22	0 -25
Вал	$D$	$js6$	+5,5 -5,5	+6,5 -6,5	+8 -8	+9,5 -9,5	+11 -11	+12,5 -12,5
		$p7$	-16 -34	-20 -41	-25 -50	-30 -60	-36 -71	-43 -83

Таблица 7.6. Рекомендуемые предельные отклонения размера  $b$  при центрировании по  $d$ , мкм

(ГОСТ 1139-80)

Элемент соединения		Обозначение поля допуска	$b$ , мм			Элемент соединения		Обозначение поля допуска	$b$ , мм		
			свыше 3 до 6	свыше 6 до 10	свыше 10 до 18				свыше 3 до 6	свыше 6 до 10	свыше 10 до 18
Втулка	$b$	$D9$	+60 +30	+76 +40	+93 +50	Вал	$b$	$f8$	-10 -28	-13 -35	-16 -43
		$F10$	+58 +10	+71 +13	+86 +16			$h8$	0 -18	0 -22	0 -27
Вал	$b$	$g6$	-4 -12	-5 -14	-6 -17	Вал	$e9$	-20 -50	-25 -61	-32 -75	
Вал	$b$	$h7$	0 -12	0 -15	0 -18	Вал	$b$	$f9$	-10 -40	-13 -49	-16 -59
		$k7$	+13 +1	+16 +1	+19 +1			$h9$	0 -30	0 -36	0 -43
		$e8$	-20 38	-25 -47	-32 -59			$d10$	-30 -78	-40 -98	-50 -120

Таблица 7.7. Рекомендуемые предельные отклонения размера  $b$  при центрировании по  $D$ ,  
 МКМ  
 (ГОСТ 1139-80)

Элемент соединения		Обозначение поля допуска	$\Delta$ , мм			Элемент соединения		Обозначение поля допуска	$\Delta$ , мм		
			свыше 3 до 6	свыше 6 до 10	свыше 10 до 18				свыше 3 до 6	свыше 6 до 10	свыше 10 до 18
Втулка	$b$	$F8$	+28 +10	+35 +13	+43 +16	Вал	$b$	$f8$	-10 -28	-13 -35	-16 -43
		$F10$	+58 +10	+71 +13	+86 +16			$H8$	0 -18	0 -22	0 -27
Вал	$b$	$f7$	-10 -22	-13 -28	-16 -34	$b$	$b$	$e9$	-20 -50	-25 -61	-32 -75
		$js7$	+6 -6	+7 -7	+9 -9			$d10$	-30 -78	-40 -98	-50 -120
		$e8$	-20 -38	-25 -47	-32 -59						

25. Рекомендуемые предельные отклонения размеров  $b$  при центрировании по  $b$ , мкм (ГОСТ 1139-80)

Элемент соединения	Обозначение поля допуска	$b$ , мм			Элемент соединения	Обозначение поля допуска	$b$ , мм				
		свыше 3 до 6	свыше 6 до 10	свыше 10 до 18			свыше 3 до 6	свыше 6 до 10	свыше 10 до 18		
Втулка	$b$	$F8$	+28	+35	+43	Вал	$b$	$i_s7$	+6	+7	+9
			+10	+13	+16				-6	-7	-9
			$D9$	+60	+76				+93	$e8$	-20
			+30	+40	+50			$\beta$	-10	-13	-16
			+10	+13	+16				-28	-35	-43

26. Рекомендуемые предельные отклонения диаметра  $D$  при центрировании по  $b$ , мкм (ГОСТ 1139-80)

Элемент соединения	Обозначение поля допуска	$D$ , мм						
		свыше 10 до 18	свыше 18 до 30	свыше 30 до 50	свыше 50 до 80	свыше 80 до 120	свыше 120 до 140	
Втулка	$D$ , мм	$H12$	+180	+210	+250	+300	+350	+400
			0	0	0	0	0	0
Вал		$all$	-290	-300	-320	-360	410	-460
			-400	-430	-480	550	-630	-710

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8

### РАСЧЕТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

**Цель занятия:** формировать умения и навыки расчета размерных цепей.

#### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

##### 1. Выполните задание 1

(варианты задания представлены в табл. 8.1) (выполнение см. пример 1):

- изобразите эскиз детали (см. рисунок 8.1);
- определите размерную цепь для расчета;
- рассчитайте размерную цепь методом полной взаимозаменяемости (методом максимума—минимума).

*Таблица 8.1. Варианты задания 1*

Вариант	A <sub>1</sub> , мм	A <sub>2</sub> , мм	A <sub>3</sub> , мм	TD <sub>1</sub> , мкм	TD <sub>2</sub> , мкм	TD <sub>3</sub> , мкм
1	48	35	10	+39 0	+39 0	+19 -19
2	63	50	9	+46 0	+46 0	+11 -12
3	69	55	11	+46 0	+46 0	+11 -12
4	76	58	12	+39 0	+39 0	+12 -12
5	80	67	8	+37 0	+34 -24	+14 -14
6	50	34	10	0 -36	+34 -24	+12 -12
7	85	68	12	0 -26	+24 -24	+14 -14
8	100	82	9	+39 -5	+39 -3	+14 -14
9	96	75	15	0 -46	+34 -34	+16 -16
10	57	38	12	+34 0	+24 -24	+12 -12

*Примечание: Допуски TD<sub>1</sub>- TD<sub>4</sub> представлены верхним и нижним отклонениями*

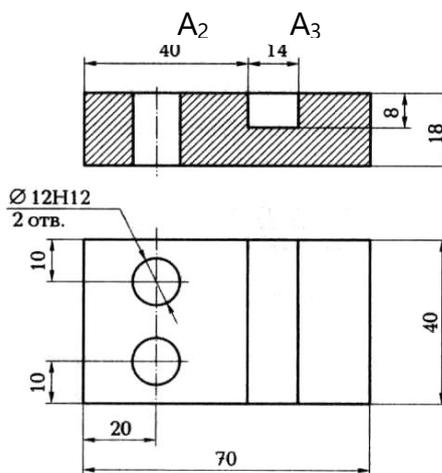
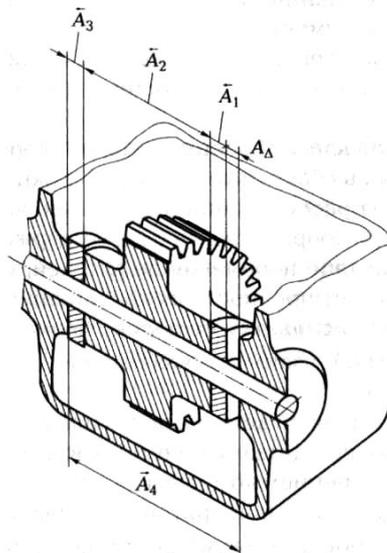


Рисунок 8.1 Э A<sub>1</sub> детали

## 2. Выполните задание 2

(варианты задания представлены в табл. 8.2):

- изобразите эскиз сборочного чертежа редуктора (см. рисунок 8.2);
- определите размерную цепь для расчета;
- рассчитайте размерную цепь методом полной взаимозаменяемости (методом максимума—минимума).



**Рисунок 8.2. Схема редуктора с указанием звеньев размерной цепи  $A_1$ -  $A_4$**

Таблица 8.2. Варианты задания 2

Вариант	$A_1$ , мм	$A_2$ , мм	$A_3$ , мм	$A_4$ , мм	TD <sub>1</sub> , мкм	TD <sub>2</sub> , мкм	TD <sub>3</sub> , мкм	TD <sub>4</sub> , мкм
1	16	21	50	125	+15 -15	+21 -21	+25 -25	+21 -21
2	20	22	63	132	+21 -21	+21 -21	+31 -31	+25 -25
3	25	24	80	140	+21 -21	+21 -21	+30 -30	+25 -25
4	32	25	90	160	+25 -25	+21 -21	+35 -35	+25 -25
5	40	26	125	214	+25 -25	+21 -21	+40 -40	+30 -30
6	50	28	16	145	+25 -25	+21 -21	+15 -15	+25 -25
7	63	30	20	148	+30 -30	+21 -21	+21 -21	+25 -25
8	80	32	25	150	+30 -30	+25 -25	+21 -21	+25 -25
9	100	34	32	180	+35 -35	+25 -25	+25 -25	+30 -30
10	115	36	50	228	+40 -40	+25 -25	+25 -25	+21 -21

Примечание: Допуски TD<sub>1</sub>- TD<sub>4</sub> представлены верхним и нижним отклонениями

## 2. Выполните задание 2 (варианты задания представлены в табл. 8.2):

- изобразите эскиз сборочного чертежа редуктора (см. рис. 8.2);
- определите размерную цепь для расчета;
- рассчитайте размерную цепь методом полной взаимозаменяемости (методом максимума—минимума).

### ПРИМЕР 1.

На рис. 8.2 изображена деталь в двух проекциях, номинальные размеры проставлены на эскизе. Для проектирования сопряженной детали и сборки необходимо определить расстояние от первой стенки паза до правой грани детали.

#### Решение

Все определяемые размеры входят в различные размерные цепи и являются замыкающими, так как точность обрабатываемых размеров задана.

Искомый размер  $A_4$  входит в цепь, размеры которой следующие:

$A_1$ , мм	$A_2$ , мм	$A_3$ , мм	TD <sub>1</sub> , мкм	TD <sub>2</sub> , мкм	TD <sub>3</sub> , мкм
70	40	14	0 -400	+170 -170	+120 -120

$$A_1 = (70_{-0,4}) \text{ мм};$$

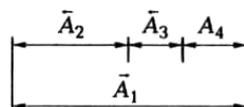
$$A_2 = (40_{-0,17}^{+0,17}) \text{ мм};$$

$$A_3 = (14_{-0,12}^{+0,12}) \text{ мм}.$$

$$A_4 = ? \text{ мм}.$$

Определяем размерную цепь:

Схема размерной цепи



Определяем количество звеньев в цепи:

$$n + p = m - 1 \text{ (должно выполняться равенство),}$$

$n$  — число увеличивающих звеньев,  $n = 1$ ; ( $A_1$ )

$p$  — число уменьшающих звеньев,  $p = 2$ ; ( $A_2$ ,  $A_3$ )

$m$  — общее число звеньев,  $m = 4$ . ( $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_4$ )

$$1 + 2 = 4 - 1$$

$3 = 3$  — количество звеньев определены правильно.

По уравнению (2.1) определяем размер  $A_4$ :

$$A_4 = A_{ув1} - (A_{ум1} + A_{ум2})$$

$$A_4 = A_1 - (A_2 + A_3) = 70 - (40 + 14) = 16 \text{ мм}.$$

Поскольку звенья  $A_1$  —  $A_3$  обрабатываются, звено  $A_4$  будет замыкающим,  $A_4 = A_\Delta$ .

По уравнениям (2.3) получаем:

$$ES_{A_\Delta} = ES_{A_{ув.}} - (EI_{A_{ум1}} + EI_{A_{ум2}}) = 0 - (-0,170 + (-0,120)) = +0,29 \text{ мм — верхнее отклонение;}$$

$$EI_{A_\Delta} = EI_{A_{ув.}} - (ES_{A_{ум1}} + ES_{A_{ум2}}) = -0,400 - (0,170 + 0,120) = -0,690 \text{ мм — нижнее отклонение.}$$

Результат расчета записываем в следующем виде:  $A_4 = A_{\Delta} =$  мм.

Производим проверку по уравнению (2.4):

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} TA_i,$$

$$TA_4 = +0,29 - (-0,69) = 0,98 \text{ мм};$$

$$\sum_{i=1}^3 TA_i = \sum_{i=1}^3 TA = (0 + 0,40) + (0,17 + 0,17) + (0,12 + 0,12) = 0,40 + 0,34 + 0,24 = 0,98 \text{ мм}$$

Расчёты выполнены, верно.

**ОТВЕТ:**  $A_4 =$  мм

*Справочный материал*

### РАСЧЕТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Качество сборочного процесса и ремонта транспортных средств зависит от точного расчета размерной цепи. Размерные цепи подразделяют на *детальные* и *сборочные*.

*Детальная размерная цепь* (рис. 10.1) увязывает размеры и допуски детали.

*Сборочная размерная цепь* (рис. 10.2) увязывает размеры и допуски деталей в сборочной единице.

Размеры, входящие в размерную цепь, называют звеньями размерной цепи. Звенья размерной цепи обозначают прописными буквами русского алфавита (*A, B, B, ...*).

*Замыкающее звено* — звено, получаемое последним в результате решения размерной цепи. Замыкающее звено обозначают индексом  $\Delta$  ( $A_{\Delta}$ ), остальные звенья индексами 1, 2 и т.д. ( $A_1, A_2, ...$ ).

*Увеличивающие звенья* — звенья, при увеличении которых замыкающее звено увеличивается.

*Уменьшающие звенья* — звенья, при увеличении которых замыкающее звено уменьшается..

На изменение величины размера влияют погрешности, которые могут увеличивать и уменьшать размер.

Увеличивающие звенья на схемах обозначают стрелками, направленными вправо ( $\rightarrow$ ), уменьшающие — стрелками, направленными влево ( $\leftarrow$ ).

Методы расчета размерных цепей.

Целью расчета размерной цепи является определение предельных размеров, предельных отклонений и допусков всех звеньев цепи.

Одним из методов расчета размерных цепей является *метод полной взаимозаменяемости* (метод максимума — минимума), позволяющий определить требуемую точность замыкающего звена размерной цепи и при необходимости произвести его замену звеном такого же типа без изменения его величины путем дополнительной обработки.

В размерных цепях, в которых должна быть установлена стопроцентная взаимозаменяемость, допуски рассчитывают по методу максимума—минимума.

*Расчет размерной цепи включает в себя решение прямой и обратной задачи:*

*Прямая задача* — расчет номинального размера замыкающего звена, определение его допуска и предельных отклонений;

*Обратная задача* — определение номинальных размеров, допусков и предельных отклонений составляющих звеньев.

*Метод полной взаимозаменяемости* — метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается при замене любого звена цепи звеном такого же типа и размера без дополнительной пригонки. Поэтому размеры замыкающего

звена должны находиться в установленных при конструировании (в обратной задаче) или рассчитанных (в прямой задаче) пределах даже в тех случаях, когда все составляющие звенья имеют предельно допустимые размеры.

С учетом уравнения (2.1) для предельных размеров цепи можно записать следующие соотношения:

$$\left. \begin{aligned} A_{\Delta \max} &= \sum_i A_{i_{\text{ув max}}} - \sum_j A_{j_{\text{ум min}}} \\ A_{\Delta \min} &= \sum_i A_{i_{\text{ув min}}} - \sum_j A_{j_{\text{ум max}}} \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$

Вычитая почленно нижние уравнения из верхних в уравнениях (2.2), получаем уравнения, связывающие предельные отклонения.

Эти уравнения значительно более удобны для расчетов, чем уравнения (2.1) и (2.2):

$$\left. \begin{aligned} ESA_{\Delta \max} &= \sum_i ESA_{i_{\text{ув max}}} - \sum_j EIA_{j_{\text{ум min}}} \\ EIA_{\Delta \min} &= \sum_i EIA_{i_{\text{ув min}}} - \sum_j ESA_{j_{\text{ум max}}} \end{aligned} \right\} \quad (2.3)$$

Решая систему уравнений (2.3), получаем уравнение

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} TA_i, \quad (2.4)$$

учитывающее все увеличивающие и уменьшающие звенья цепи.

Расчет размерной цепи, независимо от того, решается прямая или обратная задача, включает в себя два основных этапа:

- определение размера (размеров);
- определение соответствующего допуска (допусков).

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №9**  
**ПРИВЕДЕНИЕ НЕСИСТЕМНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ИЗМЕРЕНИЙ В СООТВЕТСТВИЕ С**  
**ДЕЙСТВУЮЩИМИ СТАНДАРТАМИ И МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМОЙ**  
**ЕДИНИЦ СИ**

**Цель занятия:** формировать умения и навыки по приведению не системных единиц физических величин в системные в соответствии с международной системой единиц СИ

**Оборудование, наглядные пособия:** таблицы: Международная система единиц СИ; Пересчёт температуры между основными шкалами.

**ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ**

1. Перевести внесистемные единицы измерений в системные единицы и наоборот (варианты см. в таблице 1).

**Задача 1:** в моечной машине установлена температура  $t_1$  градусов Фаренгейта. Переведите её в градусы Цельсия.

**Задача 2:** на этикетке импортного изделия написано - хранить при температуре  $t_2$  градус Кельвина. Переведите её в градусы Цельсия.

**Задача 3:** на упаковке указано - хранить при температуре  $t_3$  градусов по Цельсию. Переведите её в градусы Фарингейта.

**Задача 4:** на аппарате установлена температура  $t_4$  градусов Кельвина. Переведите её в градусы Цельсия.

**Задача 5:** на упаковке указано - хранить при температуре  $t_5$  градусов по Фарингейта. Переведите её в градусы Кельвин.

*Таблица 1. Задания по вариантам*

Вариант/ № задачи	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1 - $t_1$	545	535	530	527	539	547	555	559	550	542
2 - $t_2$	291	290	295	305	289	278	285	297	303	283
3 - $t_3$	25	21	23	14	20	17	5	10	18	15
4 - $t_4$	450	455	460	445	440	465	430	435	425	467
5 - $t_5$	80	88	85	92	84	78	75	82	95	99

*Таблица 2. Пересчёт температуры между основными шкалами*

в\из	<u>Кельвин</u>	<u>Цельсий</u>	<u>Фаренгейт</u>
<u>Кельвин (К)</u>	= К	= C + 273,15	= (F + 459,67) / 1,8
<u>Цельсий (°C)</u>	= К - 273,15	= C	= (F - 32) / 1,8
<u>Фаренгейт (°F)</u>	= К • 1,8 - 459,67	= C • 1,8 + 32	= F

2. Пример оформления задач.

*Задача 1*

*Дано:*

\_\_\_\_\_

$$t_1 = 344^{\circ}F \quad t = \dots\dots\dots = \dots^{\circ}C$$

$$t = ?^{\circ}C$$

Ответ: .....

3. Ответить на контрольные вопросы по вариантам:

<i>Вариант 1</i>	<i>Вариант 2</i>
1. Что является основной целью метрологии?	1. Дайте понятие метрологии?
2. Перечислите разделы метрологии.	2. На какой закон опирается законодательная метрология?
3. Дайте название определению «...-совокупность средств измерений и метрологических стандартов, обеспечивающих их рациональное использование»	3. . Дайте название понятию «...-объекты и процессы окружающего мира, единицы величин, средства измерений эталоны, методики выполнения измерений»
4. Что понимают под: <i>«значение физической величины, полученное с использованием регламентированного метода измерения».</i>	4. Что понимают под: <i>«степень приближения результата к истинному значению измеряемой физической величины».</i>
5. Какие государственные органы контролируют качество и единство измерений?	5. Перечислите основные структурные единицы метрологической службы на автомобильном транспорте?
6. Перечислите основные задачи, которые решает метрология на автомобильном транспорте.	6. Перечислите основные задачи, которые решает метрология на автомобильном транспорте.
7. Для чего необходимы службы метрологического надзора?	7. Для чего необходимы службы метрологического контроля?
8. Дайте название физической величины <i>фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное единице, и которая применяется для количественного выражения однородных с ней физических величин.</i>	8. Дайте название термину: <i>«одно из свойств физического объекта, общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них».</i>
9. Дайте понятие «Метод измерения».	9. Дайте понятие «Средства измерения».
10. Перечислите виды средств измерения.	10. Перечислите основные элементы измерения.
11. Какие типы средств измерения применяют в крупносерийном и массовом производстве.	11. Какие типы средств измерения применяют в условиях единичного и мелкосерийного производства.
12. Дайте название процессу установления совокупности операций и правил, выполнение которых при измерении обеспечивает получение результатов в соответствии с данным методом.	12. Дайте название процессу нахождения значения физических величин опытным путем с помощью специальных технических средств.
13. Дайте название виду измерения, которое производят для двух или нескольких неоднородных величин в целях нахождения функциональной зависимости между ними.	13. Дайте название виду измерения, которое заключается в одновременном измерении нескольких одноименных величин, искомые значения которых находят решением системы уравнений, получаемых при измерениях этих величин в различных сочетаниях.

14. Дайте название виду измерения, результат которого определяется на основании прямых измерений величин, связанных с измеряемой величиной известной зависимостью.	14. Дайте название виду измерения, при котором числовое значение измеряемой величины определяется по данным отсчета показаний средств измерений.
15. Перечислите измерения, классифицируемые по <b>Числу измерений в серии.</b>	15. Перечислите измерения, классифицируемые по <b>Характеристике точности.</b>
16. Перечислите измерения, классифицируемые по <b>Выражению результата измерений.</b>	16. Перечислите измерения, классифицируемые по <b>Метрологическому назначению.</b>

**Критерии оценки:**

Оценка отлично «5» 20-21 правильных ответов.

Оценка хорошо «4» 17-19 правильных ответов.

Оценка удовлетворительно «3» 15-16 правильных ответов.

Оценка неудовлетворительно «2» 14 и менее правильных ответов.

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 10**  
**ИЗМЕРЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ**  
**ИНСТРУМЕНТОВ**

**Цель работы — формировать умения и навыков контроля деталей транспортных средств с использованием штрихового инструмента.**

**ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Оборудование и образцы:
  - штангенциркуль;
  - деталь (для измерений);
  - набор концевых мер длины.
2. Опишите устройство штангенциркуля и вспомните его принцип действия.
3. Определите метрологические показатели штангенциркуля, укажите его тип. Результаты занесите в табл. 10.1.

Таблица 10.1. Метрологические показатели штангенциркуля

Тип модели	Пределы измерения шкалы, мм	Цена деления, мм	Предел допустимой погрешности при классе точности, мкм	
			0 и 1	2

4. Выполните эскиз детали и проставите размеры на эскизе (пример оформления смотри приложение 10.1).

Последовательность измерений и считывания по штангенциркулю:

- а) установите контролируемую деталь между положениями губок.
- б) на шкале штанги определите положение нулевого штриха нониуса.
- в) по шкале штанги определите, сколько целых миллиметров содержится в определенном размере.
- г) по шкале нониуса определите штрих, который совпадает с одним из штрихов шкалы штанги, и добавьте к ранее полученному размеру десятые или сотые единицы.
- д) результат измерения занесите в табл. 10.2. выполните пять измерений.

Таблица 10.2. Результаты измерений

Номер измерения	1	2	3	4	5
Результат измерения, мм					

**По результатам измерений (таблица 10.2) составьте блоки из мер (пример оформления смотри в приложении 10.2)**

5. Определите среднее значение погрешности штангенциркуля. (Результаты занесите в табл. 10.3.)

**Размеры из таблицы 2.2 занесите в таблицу 10.3 в колонку «Составленная длина блока  $l_2$ ».**

Соберите каждый размер таблицы 10.2 в блоки из концевых мер и выполните измерения каждого блока, результаты занесите в таблице 10.3 «Длина блока мер  $l_1$ , определяемая по штангенциркулю»

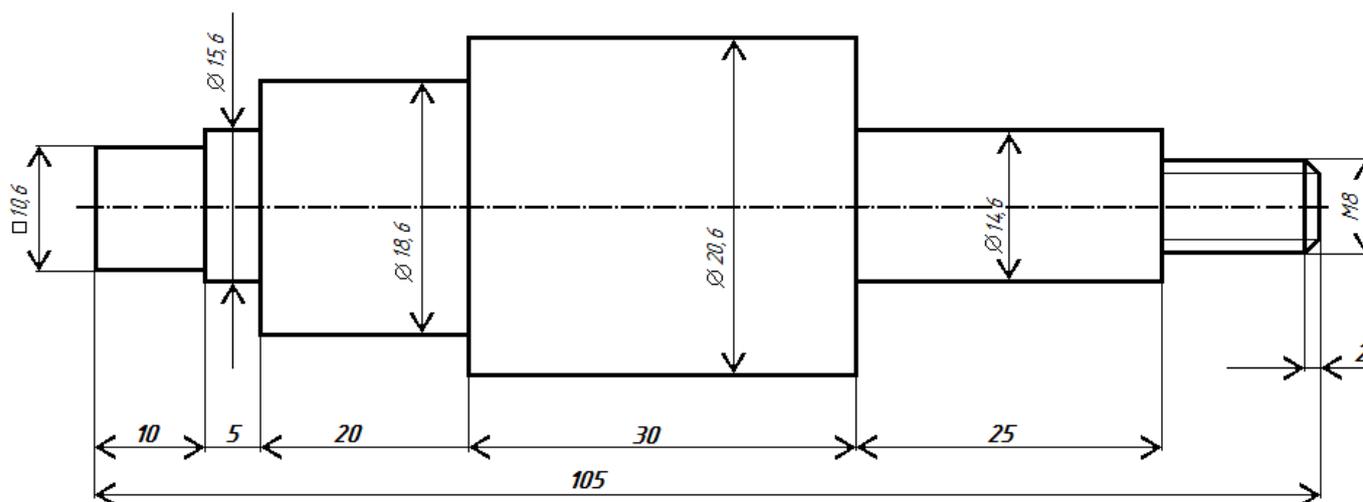
**Таблица 10.3. Среднее значение погрешности штангенциркуля**

Номер измерения	Длина блока мер $l_1$ , определяемая по штангенциркулю, мм	Составленная длина блока $l_2$ , мм	Погрешность штангенциркуля $\Delta = l_1 - l_2$ , мм	Среднее значение погрешности $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta l_i$ , мм
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

6. Сделайте вывод: дайте оценку процессу контроля точности с учетом метрологических показателей штангенциркуля. Для этого сопоставьте величину погрешности измерения с величиной заданной погрешности измерения. С помощью имеющегося штангенциркуля можно контролировать выданную деталь, если величина погрешности штангенциркуля не превышает величину допустимой погрешности на контролируемый размер.

### Приложение 10.1

Эскиз детали № ...



### Приложение 10.2

#### Пример оформления расчётов блока из мер Блок №1 – Размер 35,765 мм:

- ~ длина 1-й меры — 1,005 мм; остаток — 34,76 мм;
- ~ длина 2-й меры — 1,06 мм; остаток — 33,7 мм;
- ~ длина 3-й меры — 1,7 мм; остаток — 32 мм;
- ~ длина 4-й меры — 2 мм; остаток — 30 мм;
- ~ длина 5-й меры — 30 мм; остаток — 0 мм.

#### Ответьте на контрольные вопросы.

1. Сформулируйте правило подбора комплекта концевых мер длины.
2. Почему концевые меры длины являются однозначными мерами?
3. Как при помощи однозначных мер можно контролировать разные размеры?
4. Каким образом осуществляют контроль микрометра концевыми мерами длины?

- Какие ограничения существуют при подборе типа штангенциркуля? От чего зависит точность штангенциркуля?
- Какой тип штангенциркуля можно подобрать для контроля размера детали с указанной точностью? Как определить требуемую точность измерения?
- Укажите тип штангенциркуля, при помощи которого можно контролировать внутренние размеры деталей.

### ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Штриховые инструменты применяют для измерения линейных размеров деталей. Основными элементами штриховых инструментов являются штанга со шкалой и нониус, который показывает точность измерения.

Выбор типа штрихового инструмента зависит от вида контролируемой поверхности: внутренняя, наружная.

Штангенциркули предназначены для контроля наружных и внутренних поверхностей, измерения глубины отверстия. Устройство штангенциркуля показано на рис. 10.1.

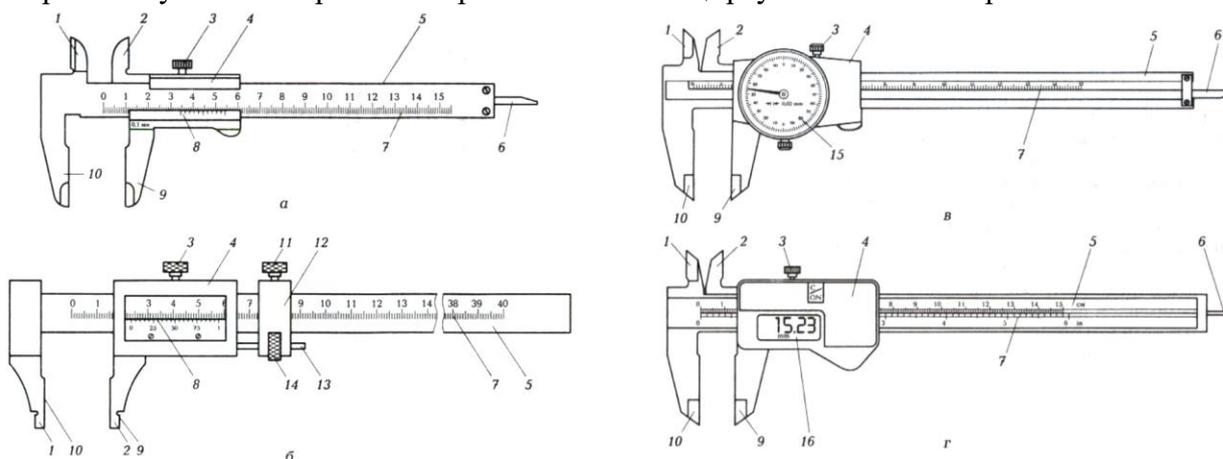


Рис. 10.1. Штангенциркули ШЦ-I (а), ШЦ-III (б), ШЦК-1 (в), ШЦЦ-1 (г): 1, 2 — губки для внутренних измерений; 3, 11 — винты; 4 — рамка; 5 — штанга; 6 — глубиномер; 7 — шкала штанги; 8 — нониус; 9, 10 — губки для наружных измерений; 12 — устройство для тонкой установки рамки; 13 — винт микрометрической подачи; 14 — гайка; 15 — круговая шкала; 16 — панель цифровой индикации

При соприкасающихся губках штангенциркуля первое слева (нулевое) деление нониуса совпадает с нулевым делением штанги, а торец глубиномера совпадает с торцом штанги. Для получения размера, фиксируемого штангенциркулем, устанавливают, на каком месте шкалы штанги находится нулевой штрих нониуса, по шкале штанги определяют, сколько целых миллиметров содержится в определенном размере. По шкале нониуса определяют десятые и сотые доли миллиметра.

На рис. 10.2 показаны типы **нониусов**. Наибольшее распространение получили нониусы с ценой деления 0,1; 0,05 и 0,02 мм.

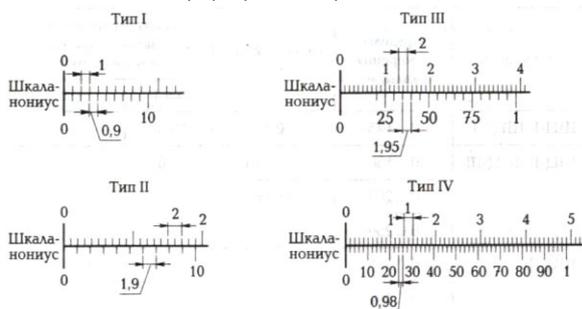


Рис. 10.2. Типы нониусов

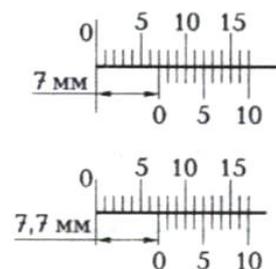


Рис. 10.3. Показания штангенциркуля (7,7 мм)

На рис. 10.3 показано увеличенное изображение части штанги и нониуса. По шкале штанги определяют размер. Нулевой штрих (крайний слева) нониуса находится между 7-м и 8-м штрихами шкалы штанги, следовательно, зафиксированный размер больше 7 мм на

величину  $L_m$ , но меньше 8 мм. По шкале нониуса, которая находится снизу, видно, что его 7-й (слева направо) штрих совпадает с одним из штрихов шкалы штанги, т. е. размер равен семи делениям нониуса. Получаем  $1_{\text{ш}} = 7 \cdot 0,1 = 0,7$  мм. К ранее полученному размеру 7 мм добавим 0,7 мм и получим размер 7,7 мм.

Определенный штангенциркулем размер содержит целое число миллиметров, читаемое на шкале штанги, и число десятых долей миллиметра, равное номеру деления нониуса, совпадающего с каким-либо делением штанги.

Различают следующие типы штангенциркулей: ШЦ-I, ШЦ- II, ШЦК-I, ШЦЦ-1.

Штангенциркуль ШЦ-I (см. рис. 10.1, а) имеет губки для наружных и внутренних измерений 2 и линейку глубиномера 6.

Штангенциркуль ШЦ-II (см. рис. 10.1, б) для плоскостной разметки имеет острые окончания губок 1. Губки 2 имеют дополнительные поверхности 9 и 10 для наружных и внутренних измерений. Штангенциркуль ШЦ-II оснащен микроподачей для плавного подведения губок к поверхности измерений детали. Микроподача состоит из рамки 4 и винта 3.

Штангенциркуль ШЦК-I (см. рис. 10.1, в) для отсчета показаний вместо нониуса имеет отсчетную стрелочную головку с круговой шкалой 15.

Штангенциркуль ШЦЦ-1 (см. рис. 10.1, г) является штангенциркулем с отсчетом по электронному цифровому устройству с показанием измерения на панели цифровой индикации 16.

В табл. 10.4 приведены характеристики разных моделей штангенциркулей.

Таблица 10.4. Характеристики штангенциркулей

Тип модели	Пределы измерения шкалы, мм	Цена деления, мм	Предел допустимой погрешности при классе точности, мкм	
			0 и 1	2
ШЦ-I, ШЦТ-I	0...125	0,1	±0,05	—
ШЦ-II, ШЦ-III	0...160	0,1; 0,01	±0,05	—
	0...200	0,05		
	0...250			
ШЦ-III	0...315	0,1	0,06	0...100
	0...400		0,07	100...200
	0...500		0,08	200...250
ШЦ-III	250...630	0,1	0,08	250...300
	250...800		0,09	300...400
	320...1000		0,1	400...1000
	500...1250		0,16	1000...1200
	500...1600		0,17	1200...1300
	500...1000		0,18	1300...1400
	800...2000		0,2	1400...2000

Примеры обозначения штангенциркулей:

➤ штангенциркуль типа II с диапазоном измерения 250 мм и значением отчета по нониусу 0,05

ГОСТ 166—89:

Штангенциркуль ШЦ- II -250-0,05 ГОСТ 166—89

➤ штангенциркуль типа III с пределом измерения 250...630 мм и значением отчета по нониусу 0,1

ГОСТ 166—89:

Штангенциркуль ШЦ- III -250-630-0,1 ГОСТ 166—89

В настоящее время широкое распространение получают штангенциркули со встроенным, жидкокристаллическим дисплеем,

например электронный штангенциркуль ШЦЦ-200 (0...200 мм). Прибор имеет

возможность установки нуля в любой позиции, переключение на метрическую или дюймовую систему, а также вывод информации через интерфейс. Диапазоны измерений и размеры электронного штангенциркуля ШЦЦ-200 приведены в табл. 10.2. Дискретность дисплея — 0,01/0,001 мм/дюйм; предел допустимой погрешности, мм:  $\pm 0,03$  (0...200);  $\pm 0,04$  (до 300); система измерения — линейная.

Таблица 10.5 Диапазоны измерений и размеры электронного штангенциркуля ШЦЦ-200

Диапазон измерений	$H$	$H_1$	$B$	$D$	$T$
20...170	40	25	20	1	3
25...225	50	35	25	1	4
30...330	60	45	30	1,5	5

Примечание.  $H$  — общая длина губок;  $H_1$  — рабочая длина губок;  $B$  — общий вылет губок;  $D$  — толщина губок;  $T$  — ширина губок.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Основные источники:

1. Зайцев С.А., Толстов А.Н., Грибанов Д.Д. Метрология, стандартизация и сертификации в машиностроении. – М.: Академия, 2017.-288 стр.
2. Завистовский В. Э Допуски, посадки и технические измерения: учебн. пособие, 2016-277 стр.
3. Зайцев С.А., Куранов А.Д., Толстов А.Н. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении. – М.: Академия, 2013.

### Дополнительные источники:

1. Анухин В. И. Допуски и посадки: учебник. - СПб.: Издательство «Питер», 2005. – 175с.
2. Гончаров А.А., Копылов В.Д. Метрология, стандартизация и сертификация. – М.: Академия, 2009.
3. Клевлеев. В.М., Попов Ю.П., Куликов В.П. Стандарты инженерной графики.- М.: ФОРУМ-ИНФРА-М, 2007.