

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Кафедра «Технический сервис»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Метрология и измерительная техника.**

**Направление подготовки:** 27.03.04 Управление в технических системах

**Профиль подготовки:** Системы и средства автоматизации технологических процессов

**Форма обучения:** очная

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Лекция № 1 Предмет, задачи и методика изучения курса "Метрология, стандартизация и сертификация. Основы метрологии .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 Лекция № 2 Физические величины и единицы их измерения.</b>	
<b>1.3 Лекция №3 Классификация и основные характеристики измерений</b>	
<b>1.4 Лекция №4 Погрешности измерения и их анализ.</b>	
<b>1.5 Лекция №5 Нормативная база в области стандартизации</b>	
<b>1.6 Лекция №6 Основы взаимозаменяемости</b>	
<b>1.7 Лекция №7 Единая система допусков и посадок ЕСДП</b>	
<b>1.8 Лекция №8 Нормирование точности поверхностей деталей машин по шероховатости.</b>	
<b>1.9 Лекция №9Размерный анализ.</b>	
<b>1.10 Лекция №10-11 Обработка результатов измерений</b>	
<b>1.11 Лекция №12 Средства измерений</b>	
<b>1.12 Лекция №13-14 Параметры средств измерений.</b>	
<b>1.13 Лекция № 15 Метрологическая аттестация</b>	
<b>1.14 Лекция №16 Обеспечение единства измерений</b>	
<b>1.15 Лекция №17 Единство измерений</b>	
<b>1.16 Лекция №18 Метрологическое обеспечение</b>	
<b>2. Методические указания по выполнению лабораторных работ.....</b>	<b>66</b>
<b>2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 Назначение, устройство плоскопараллельных концевых мер длины (ПКМД), предельных калибров .....</b>	<b>66</b>
<b>2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 Назначение, устройство и эксплуатация штангенинструментов.....</b>	<b>79</b>
<b>2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 Назначение, устройство и эксплуатация микрометрических инструментов.....</b>	<b>89</b>
<b>2.4 Лабораторная работа №ЛР-4 Плоскопараллельные концевые меры длины и проверка погрешностей гладкого микрометра.....</b>	<b>100</b>
<b>2.5 Лабораторная работа №ЛР-5 Устройство и эксплуатация индикаторных скоб.....</b>	<b>102</b>

<b>2.6 Лабораторная работа №ЛР-6 Устройство и эксплуатация индикаторных нутрометров.....</b>	<b>108</b>
<b>2.7 Лабораторная работа №ЛР-7 Измерение углов угломером с нониусом типа I.....</b>	<b>114</b>
<b>2.8 Лабораторная работа №ЛР-8 Измерение углов с оптическим угломером типа YO.....</b>	<b>121</b>
<b>2.9 Лабораторная работа №ЛР-9 Назначение, устройство и методика измерения на горизонтальном оптиметре.....</b>	<b>123</b>
<b>2.10 Лабораторная работа №ЛР-10 Назначение, устройство и методы измерения рычажными скобами.....</b>	<b>130</b>
<b>2.11 Лабораторная работа №ЛР-11 Назначение устройство и настройка рычажного микрометра при измерении непосредственным методом оценки.....</b>	<b>135</b>
<b>2.12 Лабораторная работа №ЛР-12 Устройство цератеста и измерение величины радиального биения.....</b>	<b>138</b>
<b>2.13 Лабораторная работа №ЛР-13 Устройство тангенсальных зубометров и порядок измерения ими.....</b>	<b>142</b>
<b>2.14 Лабораторная работа №ЛР-14 Устройство нормалемера и измерение средней длины общей нормали.....</b>	<b>146</b>
<b>2.15 Лабораторная работа №ЛР-15 Измерение элементов резьбы на микроскопе малом инструментальном ММИ-2.....</b>	<b>150</b>
<b>2.16 Лабораторная работа №ЛР-16 Измерение точных размеров валов электронными показывающими приборами с индуктивными преобразователями.....</b>	<b>158</b>
<b>2.17 Лабораторная работа №ЛР-17 Контроль шероховатости при проверке деталей на пригодность профилометром модели 253.....</b>	<b>166</b>
<b>2.18 Лабораторная работа №ЛР-18 Устройство и эксплуатация твердомера</b>	

### **3. Методические указания по выполнению практических работ**

#### **3.1 Практическое занятие №ПЗ-1 Основы метрологии**

#### **3.2 Практическое занятие № ПЗ-2 основы измерений физических величин**

#### **3.3 Практическое занятие № ПЗ-3 Погрешность измерений**

#### **3.4 Практическое занятие № ПЗ-4 Изучение закона «О техническом регулировании».**

- 3.5      **Практическое занятие № ПЗ-5,6** *Определение основных элементов соединения.*
- 3.6      **Практическое занятие № ПЗ-7 ,8** *Единая система допусков и посадок*
- 3.7      **Практическое занятие № ПЗ-9** *Комплексная стандартизация, унификация, агрегатирование*
- 3.8      **Практическое занятие №ПЗ-10** *Размерный анализ*
- 3.9      **Практическое занятие №Пз-11** *Оценка случайной погрешности прямых измерений.*
- 3.10     **Практическое занятие №ПЗ-12** *Обработка результатов измерений.*
- 3.11     **Практическое занятие № ПЗ-13** *Выявление и исключение промахов из серии измерений*
- 3.12     **Практическое занятие № ПЗ-14** *Выбор средств измерений*
- 3.13     **Практическое занятие № ПЗ-15** *Метрологическая аттестация средств измерений.*
- 3.14     **Практическое занятие № ПЗ-16,17** *Структура метрологического обеспечения единства измерений*
- 3.15     **Практическое занятие № ПЗ-18** *Изучение закона «Об обеспечении единства измерения».*

## **1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**

### **1.5. Лекция №1 (2 часа)**

**Тема:** «Предмет, задачи и методика изучения курса "Метрология и измерительная техника". Основы метрологии»

#### **1.1.1. Вопросы лекции**

1. Введение. Предмет, задачи и методика изучения курса «Метрология и измерительная техника».

2. Роль дисциплины в подготовке инженеров, связь с другими дисциплинами.

3. Основы метрологии. Основные понятия, связанные с объектами и средствами измерения (СИ).

4. Методы и принципы измерения. Погрешности измерения и их анализ.

#### **1.1.2 Краткое содержание вопросов:**

**1. Введение. Предмет, задачи и методика изучения курса «Метрология, стандартизация и сертификация».**

Целями освоения дисциплины «Б.1Б.13 Метрология, стандартизация и сертификация» является:

- получить знания и практические навыки по решению задач в области метрологического обеспечения использования с.-х. техники, стандартных и сертификационных испытаниях с.-х. техники, электрооборудования и средств автоматизации;
- познакомить студентов с основными положениями по управлению качеством продукции;
- правильно оформлять сборочные и рабочие чертежи с указанием норм точности геометрических параметров, работать с нормативно – технической документацией.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- законодательные и нормативные акты, методические материалы по стандартизации, метрологии и управлением качеством;
- методы и средства контроля качества продукции, организацию и технологию стандартизации и сертификации продукции;
- технические средства для измерения угловых и линейных размеров.

**2. Роль дисциплины в подготовке инженеров, связь с другими дисциплинам.**

Переход России к рыночной экономике определил новые условия для деятельности отечественных фирм, предприятий и организация не только во внутреннем рынке, но и на внешних.

Международное сотрудничество по любым направлениям и на любом уровне требует гармонизации этих правил с международными и национальными нормами. Стандартизация, сертификация и метрология в том виде, как это было в плановой экономике, не только не вписывалась в новые условия труда, но и тормозили либо просто делали невозможным интеграцию России в цивилизованное экономическое пространство. Особенно ярким примером тому служит условие вступления нашего государства в ГАТТ/ВТО.

Механическое перенесение зарубежного опыта в отечественные условия невозможно, но инженерам необходимо знать его и иметь достаточно широкий кругозор, чтобы творчески подходить к выработке и принятию новых прогрессивных решений, позволяющих производить продукцию, услуги и реализовать их в стране или за рубежом на должном уровне. Знания в области стандартизации и сертификации в одинаковой степени важны для специалистов по реализации продукции, менеджеров, маркетологов, которые по-новому, осознанно и цивилизованно могут использовать возможности и преимущества стандартизации и сертификации в качестве весомых составляющих конкурентоспособности товара.

### **3.Основы метрологии. Основные понятия, связанные с объектами и средствами измерения (СИ).**

**Измерение** – нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

- **Результатом измерения** является численное значение величины, выраженной в соответствующих единицах.
- Единица измерения должна быть установлена для каждой известной физической единицы.
- **Единицы измерения бывают:**
  - **1.основными**
  - **2.дополнительными**
  - **3. производственными**

Совокупность основных и производственных единиц физических величин, образованная в соответствии с принятыми принципами, называется **системой единиц физических величин**.

Международная система единиц была принята XI Генеральной конференцией по мерам и весам в 1960 году. На территории нашей страны система единиц СИ установлена соответствующим ГОСТом «**ГСИ. Единица физических величин**»

**Ампер**-сила неизменяющегося тока, который проходя по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового сечения, расположенным на расстоянии 1 м один от другого в вакууме, вызывал бы силу взаимодействия, равную  $2 \cdot 10^{-7}$  Н. **Канделла**- сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой  $540 \cdot 10^{12}$  Гц, чья энергетическая сила излучения в этом направлении составляет 1/683 Вт/ср (ср-стераидиан)

Средства измерений, предназначенные для воспроизведения и хранения единиц измерений, проверки и градуировки приборов делятся на **эталоны и образцовые средства измерения**.

**Эталон**-средство измерение, обеспечивающее воспроизведение и (или) хранение единицы физической величины с наивысшей точностью для данного уровня развития измерительной техники с целью передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений.

#### **4.Методы и принципы измерения. Погрешности измерения и их анализ.**

Любой результат измерений содержит погрешность, как бы тщательно оно не проводилось. Для определения понятия «погрешность» необходимо пояснить различие между такими понятиями, как истинное и действительное значение физической величины.

Истинное значение физической величины- это значение, идеальным образом отражающее свойство данного объекта как в количественном, так и в качественном отношении. Оно не зависит от средств нашего познания и является той абсолютной истиной, к которой мы стремимся, пытаясь выразить её в виде числовых значений. На практике это абстрактное понятие приходится заменять понятием «действительное значение». Действительное значение физической величины- значение, найденное экспериментально и настолько приближающееся к истинному, что для данной цели оно может быть использовано вместо него. Результат измерения всегда отличается от истинного значения измеряемой величины и представляет её приближенное значение.

Погрешность результата измерения (сокращённо- погрешность измерения)- это отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

Количество факторов, влияющих на точность измерения, достаточно велико, и любая классификация погрешностей измерения (рис. 2.9), в известной мере, условна, так как различные погрешности в зависимости от условий измерительного процесса проявляются в различных группах.

По характеру измерения результатов при повторных измерениях погрешности разделяют на систематические, случайные и грубые погрешности (промахи).

Систематическая погрешность измерения- составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же величины.

**Грубая погрешность(промах) измерений**- погрешность измерений, существенно превышающая ожидаемую при данных условиях.

Наиболее существенно влияют на величину погрешности измерения пять составляющих: погрешность средств измерения, погрешность установочных мер, погрешность от измерительного усилия, погрешность из-за температурных деформаций, субъективные погрешности исполнителя измерения.

Рассмотрим подробнее составляющие погрешности измерения, определим, как, почему и откуда они возникают.

## 1.2. Лекция № 2 (2 часа)

**Тема:** «Физические величины и единицы их измерения»

### 1.2.1. Вопросы лекции:

1. Физические величины
2. Основные типы шкал измерений
3. Система физических величин и их единиц измерения
4. Международная система единиц физических величин

#### 1. Физические величины

**Физическая величина** — физическое свойство материального объекта, физического явления, процесса, которое может быть охарактеризовано количественно.

**Значение физической величины** — одно или несколько (в случае тензорной физической величины) чисел, характеризующих эту физическую величину, с указанием единицы измерения, на основе которой они были получены.

**Размер физической величины** — значения чисел, фигурирующих в значении физической величины.

**Размерность физической величины** — единица измерения, фигурирующая в значении физической величины. Как правило, у физической величины много различных размерностей: например, у длины — метр, миля, дюйм, парсек, световой год и т. д. Часть таких единиц измерения (без учёта своих десятичных множителей) могут входить в различные системы физических единиц — СИ, СГС и др.

#### 2. Основные типы шкал измерений

Для отображения результатов измерения строятся соответствующие *измерительные шкалы*. Алгоритм присвоения символа объекту также называется измерительной шкалой. Т.о., под измерительной шкалой будем понимать, в зависимости от ситуации, как процедуру измерения, так и ее результат. Как всякая модель, измерительные шкалы должны правильно отражать изучаемые характеристики объекта и, следовательно, иметь те же свойства, что и измеряемые показатели.

**Различают четыре основных типа измерительных шкал:**

- шкала наименований;

- шкала порядка;
- интервальная шкала;
- шкала отношений.

### **3. Система физических величин и их единиц измерения**

Результатом измерения является численное значение величины, выраженной в соответствующих единицах.

Единица измерения должна быть установлена для каждой известной физической единицы.

**Единицы измерения бывают:**

- 1. основными
- 2. дополнительными
- 3. производственными

Совокупность основных и производственных единиц физических величин, образованная в соответствии с принятыми принципами, называется **системой единиц физических величин**.

### **4. Международная система единиц физических величин**

Международная система единиц (система СИ) была принята XI Генеральной конференцией по мерам и весам в 1960 году.

На территории нашей страны система единиц СИ установлена соответствующим ГОСТом «**ГСИ. Единица физических величин**» (таблица 1).

**Таблица 1 - Единицы Международной системы СИ**

Наименование величины	Наименование единицы
<i>Основные единицы</i>	
1.Длина	метр
2.Масса	килограмм
3.Время	секунда
4.Сила электрического тока	ампер
5.Термодинамическая температура	кельвин
6.Количества вещества	моль
7.Сила тока	канделла
<i>Дополнительные единицы</i>	
1.Плоский угол	Радиан
2.Телесный угол	стерадиан

### 1.3. Лекция № 3 (2 часа)

Тема: «Классификация и основные характеристики измерений»

#### 1.3.1. Вопросы лекции:

1. Классификация измерений
2. Методы и принципы измерений

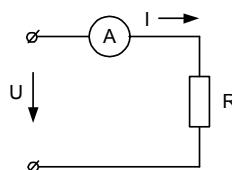
#### 1.3.2. Краткое содержание вопросов

##### 1. Классификация измерений

###### Виды измерений

- **Прямые измерения:**  $X = X_{изм}$ ;

– измеряемая величина находится непосредственно по показанию прибора.



Пример:

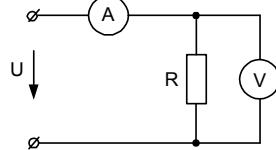
- **Непрямые измерения:**

- **косвенные:**  $X = F(X_1, X_2, X_3 \dots)$ ;

– измеряемая величина находится по известной зависимости от других величин, измеренных прямым способом.

Пример:

$$R = \frac{U}{I}$$



Применяют:

- ✓ при отсутствии приборов прямого измерения;
- ✓ при невозможности применения приборов прямого измерения;
- ✓ если можно получить более высокую точность.

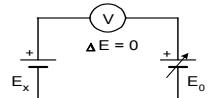
- **совокупные:**

$$\dots) = 0,$$

{

$$F_2(X_1, X_2, X_3 \dots) = 0.$$

$$F_1(X_1, X_2, X_3$$



Пример:

измерение сопротивлений, соединенных в треугольник.

- **совместные:**

– для нахождения зависимости между величинами.

Пример: нахождение зависимости  $R = R_0(1 + \alpha T)$ .

## 2. Методы и принципы измерений

### Методы измерений:

- метод **непосредственной оценки**;

- методы **сравнения**:

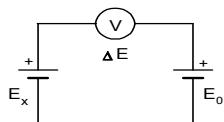
- **сопоставления**

- измеряемая величина  $X_{изм}$  сравнивается одновременно со всеми уровнями известной величины  $X_0$  (меры);

- **совпадения**

- $X_{изм}$  сравнивается с  $X_0$  по совпадению отметок шкал или периодических сигналов.

- **дифференциальный**



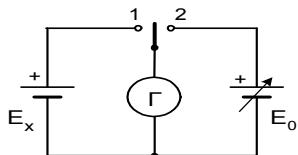
– измеряется разность между  $X_{изм}$  и  $X_0$  :

$$E_x = E_0 + \Delta E;$$

- **уравновешивания (нулевой)**

– разность между  $X_{изм}$  и регулируемой  $X_0$  сводится к нулю:

$$E_x = E_0;$$



- **замещения**

– к прибору поочередно подключаются  $X_{изм}$  и регулируемая  $X_0$  :  
при одинаковых показаниях прибора  $E_x = E_0$ .

## 1.4. Лекция № 4 (4 часа)

**Тема:** «Погрешности измерения и их анализ».

### 1.4.1. Вопросы лекции:

1. Понятие о погрешности измерений
2. Составляющие погрешности измерений

### 1.4.2. Краткое содержание вопросов:

#### 1. Понятие о погрешности измерений

**Погрешность измерения** – отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

Числовые оценки погрешности:

- **абсолютная погрешность**

$$\Delta = X_{u3m} - X$$

$X_{u3m}$  – измеренное значение,  
 $X$  – действительное значение;

- **относительная погрешность**

$$\delta = \frac{\Delta}{X} 100\% \approx \frac{\Delta}{X_{u3m}} 100\%$$

- **приведенная погрешность**

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_h} 100\%$$

$X_h$  – нормирующее значение:  
a)  $X_h$  – предел измерения;  
б)  $X_h = /X_{пред.лев.} + /X_{пред.прав.}/;$   
в)  $X_h = l_{полн} [\text{мм}]$ .

Формулы связи:

$$\Delta = \frac{\delta X}{100\%}; \Delta = \frac{\gamma X_h}{100\%};$$

$$\delta = \frac{\gamma X_h}{X}; \gamma = \frac{\delta X}{X_h}.$$

## 2. Составляющие погрешности измерений

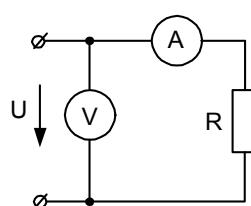
(Систематические погрешности. Случайные погрешности. Грубые погрешности)

По причинам возникновения:

- **инструментальная**  $\Delta_{u3c}$ ,
- **методическая**  $\Delta_{mem}$ ,

$$\Delta = \Delta_{u3c} + \Delta_{mem}.$$

Пример:  $R_{u3m} = \frac{U_{u3m}}{I_{u3m}} = R + R_A;$   
 $\Delta_{mem} = R_{u3m} - R = R_A.$



По характеру изменения:

- **систематическая**  $\Delta_c$ ,

- **случайная**  $\overset{\circ}{\Delta}$ ,

$$\Delta = \Delta_c + \overset{\circ}{\Delta}.$$

По зависимости от значения измеряемой величины:

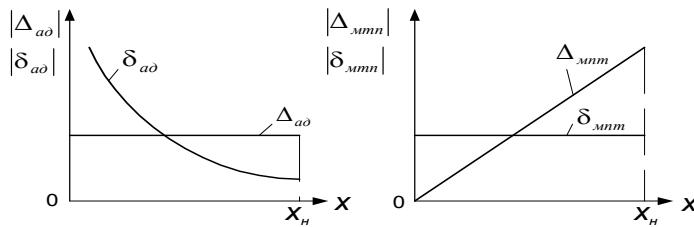
- **аддитивная** (постоянная)  $\Delta_{ad}$ ,

$$\Delta_{ad} = \pm a = const;$$

- **мультипликативная** (пропорциональная)  $\Delta_{milt}$ ,

$$\Delta_{milt} = \pm bX; \quad \delta = \pm \Delta_{milt} / X = \pm b = const;$$

$$\Delta = \Delta_{ad} + \Delta_{milt}.$$



По условиям возникновения:

- **основная** (при нормальных условиях)  $\Delta_{hop}$ ,

- **дополнительная**  $\Delta_{don}$ ,

$$\Delta = \Delta_{hop} + \Delta_{don}.$$

По зависимости от скорости изменения  $X_{изм}$ :

- **статическая**  $\Delta_{cm}$ ,

- **динамическая**  $\Delta_{din}$ ,

$$\Delta = \Delta_{cm} + \Delta_{din}.$$

## Уменьшение погрешности измерений

❖ Систематическая погрешность проявляется в виде *смещения*  $X_{изм}$  относительно  $X$ . Может быть учтена введением *поправки*.

При  $\Delta_c \approx 0$  – измерения **правильные**.

Способы уменьшения  $\Delta_c$ :

- введение поправки:  $\Delta_n = -\Delta_c$ ;
- устранение причины;
- повышение класса точности прибора;
- использование метода замещения;
- изменение знака выходной величины и др.

❖ Случайная погрешность проявляется в виде *разброса* значений  $X_{изм}$  относительно  $X$ . Может быть оценена в виде *доверительного интервала*.

Способы уменьшения  $\Delta$  :

- повышение класса точности измерительных приборов (при однократных измерениях);
- проведение многоократных наблюдений с помощью высокочувствительных приборов.

## 1.5. Лекция № 5 (2 часа)

**Тема:** «Нормативная база в области стандартизации».

### 1.5.2. Вопросы лекции:

1. Концепция развития национальной системы стандартизации
2. Общие положения закона РФ «О техническом регулировании».
3. Понятия о технических регламентах и их применение

### 1.5.3. Краткое содержание вопросов

#### 1. Концепция развития национальной системы стандартизации

Принятие Федерального закона «О техническом регулировании» и вступление Российской Федерации в ВТО потребовало разработки новой концепции национальной системы стандартизации. При разработке новой концепции учитывался опыт реформирования ЕС, в частности, принципы «нового подхода».

Новая концепция развития национальной системы стандартизации принята Распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 февраля 2006 г. № 266-р. Концепция представляет собой систему взглядов на проблемы развития национальной системы стандартизации в Российской Федерации до 2010 г. и содержит обоснованные стратегические цели, задачи и направления развития национальной системы стандартизации.

Система государственной стандартизации в ходе реформы технического регулирования должна быть заменена **Национальной системой стандартизации**, которая в условиях глобализации экономических отношений призвана обеспечить баланс интересов государства, хозяйствующих субъектов, общественных организаций и потребителей, повысить конкурентоспособность российской экономики, создать условия для развития предпринимательства на основе повышения качества товаров, работ и услуг.

В основу стратегии развития национальной системы стандартизации положены апробированные практикой и соответствующие международным подходам следующие **принципы стандартизации**:

- добровольность применения национальных стандартов и обязательность их соблюдения в случае принятия решения об их использовании;
- применение международных стандартов как основы разработки национальных стандартов, за исключением случаев, когда такое применение признано невозможным вследствие несоответствия требований международных стандартов климатическим и географическим особенностям Российской Федерации, по техническим или технологическим особенностям, а также за исключением случаев, когда Российская Федерация выступала против принятия международного стандарта или отдельного его положения;
- максимальный учет законных интересов заинтересованных лиц и разработке национальных стандартов;
- обеспечение преемственности работ по стандартизации;

- обоснованность разработки национальных стандартов;
- обеспечение условий для единообразного применения национальных стандартов;
- недопустимость создания препятствий для производства и обещания продукции, выполнения работ и оказания услуг в большей степени, чем это минимально необходимо для выполнения стратегических целей стандартизации;
- открытость процессов разработки национальных стандартов; обеспечение доступности национальных стандартов и информации о них для пользователей;
- однозначность понимания всеми заинтересованными сторонами требований, включаемых в национальные стандарты;
- прогрессивность и оптимальность требований национальных стандартов;
- применение требований национальных стандартов в контрактах, заключаемых между изготовителем и потребителем.

**Стратегические цели** развития национальной системы стандартизации:

- повышение качества и конкурентоспособности российской продукции, работ и услуг, реализуемых на внутреннем и внешнем рынках;
- обеспечение научно-технического прогресса;
- обороноспособности, экономической, экологической, научно-технической и технологической безопасности Российской Федерации;
- единства измерений;
- рационального использования ресурсов;
- технической, информационной совместимости и взаимозаменяемости продукции;
- содействие взаимопроникновению технологий, знаний и опыта, накопленных в различных отраслях экономики;
- сохранению Российской Федерации позиции одной из ведущих в экономическом отношении стран.

**Направления развития национальной системы стандартизации:**

- совершенствование законодательных основ национальной системы стандартизации;
- усиление роли национальной стандартизации в решении государственных задач и роли государства в развитии стандартизации;
- развитие организационно-функциональной структуры национальной системы стандартизации, экономических основ стандартизации, фонда документов и информационного обеспечения в области стандартизации;
- совершенствование взаимодействия с международными и региональными организациями по стандартизации;
- развитие работ по подготовке, переподготовке и повышению квалификации кадров по стандартизации.

Формировать национальную систему стандартизации будут на основе реализации и ежегодного уточнения программы разработки национальных стандартов, адаптации действующей системы стандартизации к условиям добровольного применения стандартов, реформирования деятельности технических комитетов и активизации их участия в межгосударственной и международной стандартизации

**2. Общие положения закона РФ «О техническом регулировании».**

1 июля 2003 г. вступил в силу Федеральный закон № 184-ФЗ «О техническом регулировании». Указанный закон стал основой кардинальной реформы всей системы технического регулирования в стране и является основным источником технического Права в России.

Области применения ФЗ «О техническом регулировании»:

-разработка, принятие, применение и исполнение обязательных требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации;

-разработка, принятие, применение и исполнение на добровольной основе требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг;

-оценка соответствия;

-права и обязанности участников отношений в указанных областях.

Федеральный закон «О техническом регулировании» основан на положениях Соглашения по техническим барьерам в торговле ВТО. Закон разработан с учетом зарубежного опыта и специфических особенностей Российской Федерации. В Федеральном законе реализованы следующие основополагающие концепции.

1. Применение двухуровневой системы нормативных документов: технических регламентов, которые содержат обязательные требования, и стандартов, исполняемых на добровольной основе.

2. Установление обязательных требований исключительно федеральными законами (в особо оговоренных случаях — постановлениями Правительства РФ либо указами Президента Российской Федерации). Федеральные органы исполнительной власти могут издавать документы, содержащие только рекомендательные требования. Вводится новый нормативный документ — технический регламент, содержащий обязательные требования к продукции, способам производства, эксплуатации, хранению, транспортированию, маркированию, утилизации.

3. В объекты обязательного регулирования не входят услуги и работы.

4. Стандарты должны быть добровольными для применения. Но при этом национальные или международные стандарты могут стать основой для разработки технических регламентов. Кроме того, соблюдение стандартов, перечень которых подлежит опубликованию, может служить доказательной базой выполнения требований технических регламентов.

5. Применение двух форм обязательного подтверждения соответствия — сертификации и декларации о соответствии, подаваемой заявителем.

6. Невозможность совмещения функций органов по сертификации и функций государственного контроля и надзора, а также функций аккредитации и сертификации.

7. Осуществление функций государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов исключительно на стадии обращения.

8. Создание механизма постоянного информирования о ходе разработки и практике применения технических регламентов (учет и анализ случаев причинения вреда вследствие нарушения требований технических регламентов).

9. Введение переходного периода.

Федеральный закон состоит из десяти глав, включающих 48 статей.

Полное введение Федерального закона в действие требует длительного переходного периода, протяженность которого установлена в ст. 46 и составляет 7 лет. Переходный период, необходимый в первую очередь для разработки и принятия технических регламентов, касается в основном подтверждения соответствия и аккредитации. Предстоит также привести в соответствие с Федеральным законом более 120 законодательных актов и более 700 постановлений Правительства Российской Федерации.

### **3. Понятия о технических регламентах и их применение.**

Проводимая в стране реформа технического регулирования направлена на то, чтобы обеспечить на рынке достижение необходимого баланса между интересами потребителя и изготовителя. При этом, с одной стороны, должна быть обеспечена безопасность продукции для человека и окружающей среды, а с другой — барьеры на пути движения товара к рынку (оценка и подтверждение соответствия, контроль и надзор и т. д.) не должны быть препятствием для развития бизнеса.

Основу вновь создаваемой системы технического регулирования составляют **технические регламенты**.

**Технический регламент** — новый вид документа, введенный Федеральным законом, который должен устанавливать исключительно обязательные требования к продукции, процессам или другим объектам.

Федеральный закон устанавливает четыре варианта принятия технических регламентов:

1. международным договором Российской Федерации, ратифицированным в порядке, установленном законодательством Российской Федерации;
2. федеральным законом;
3. указом Президента Российской Федерации;
4. постановлением Правительства Российской Федерации.

#### **Типовая структура технического регламента**

<b>1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ</b>	
1.1. Сфера применения технического регламента	
1.2. Объекты технического регулирования	
1.3. Основные понятия, термины и определения	
1.4. Общие положения для размещения продукции на рынке	
<b>2. ОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ</b>	
2.1 Требования к информации для приобретателя	
2.2. На стадиях жизненного цикла	2.3. К характеристикам продукции
2.2.1. При проектировании и конструировании	2.3.1. Существенные требования
2.2.2. При производстве	2.3.2. Перечень показателей
2.2.3. При транспортировании и хранении	
2.2.4. При реализации	
2.2.5. При эксплуатации	
2.2.6. При выводе из эксплуатации и утилизации	
2.4. Применение стандартов (презумпция соответствия)	
<b>3. ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ</b>	
3.1 Классификация продукции на основе оценки риска	
3.2. Формы и схемы подтверждения соответствия	
<b>4. ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА</b>	
<b>5. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ (НАДЗОР) ЗА СОБЛЮДЕНИЕМ ТРЕБОВАНИЙ РЕГЛАМЕНТА</b>	
5.1. Органы и объекты государственного контроля (надзора)	
5.2. Порядок проведения государственного контроля (надзора)	
5.3. Ответственность за нарушение требований технического регламента	
<b>6. ПЕРЕХОДНЫЙ ПЕРИОД</b>	

#### **Технические регламенты принимают в целях:**

- Защиты жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества;
- Охраны окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений;
- Предупреждения действий, входящих в заблуждение приобретателей.

Принятие технических регламентов в иных целях не допускается.

Введение Федерального закона в действие затронуло интересы более 40 федеральных органов исполнительной власти. Корректировке должно подлежать около 120 ранее

принятых законодательных актов. Правительством РФ принято решение о поэтапном проведении этой работы.

Технические регламенты с учетом степени риска причинения вреда устанавливают минимально необходимые требования, обеспечивающие безопасность излучений, биологическую безопасность, взрывобезопасность, механическую безопасность, пожарную, термическую, промышленную, химическую, электрическую, ядерную и радиационную безопасность, электромагнитную совместимость в части обеспечения безопасности работы приборов и оборудования, единство измерений.

В Российской Федерации действуют общие и специальные технические регламенты.

**Обязательные требования** к отдельным видам продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации состоят из совокупности требований общих технических регламентов и специальных технических регламентов. Требованиями **общего технического регламента** обязательны для применения и соблюдения в отношении любых видов продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации.

Требованиями **специального технического регламента** учитывают технологические и иные особенности отдельных видов продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации.

**Общие технические регламенты** принимают:

- по безопасной эксплуатации и утилизации машин и оборудования;
- безопасной эксплуатации зданий, строений, сооружений и безопасного использования прилегающих к ним территорий;
- пожарной безопасности;
- биологической безопасности;
- электромагнитной совместимости;
- ядерной и радиационной безопасности.

**Специальные технические регламенты** устанавливают требования только к тем отдельным видам продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, в отношении которых цели для принятия технических регламентов не обеспечиваются требованиями общих технических регламентов.

Продукция, соответствие которой требованиям технического регламента подтверждено, должна маркироваться **знаком обращения на рынке**, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 19.11. 2003 г. № 696. Не допускается маркирование знаком обращения на рынке продукции, соответствие которой не подтверждено в порядке, установленном Федеральным законом «О техническом регулировании».

## 1.6. Лекция №6 (2 часа)

Тема: «Основы взаимозаменяемости».

### 1.6.2. Вопросы лекции:

- 1.Принципы взаимозаменяемости
- 2.Понятия о допусках и посадках

### 1.6.3. Краткое содержание вопросов

#### 1.Принципы взаимозаменяемости

Стандартизация, метрология, сертификация объединяются в единое целое современным подходом к качеству продукции. Для достижения высокого качества изделия должны обладать свойством взаимозаменяемости. Для обеспечения взаимозаменяемости

изделия должны соответствовать требованиям, которые устанавливаются в стандартах. Проверка же соответствия изготовленных изделий требованиям стандартов производится с помощью технических измерений, которые относятся к метрологии, а если продукция, процесс или услуга соответствует заданным требованиям, то им выдается сертификат.

Взаимозаменяемость - это свойство деталей (сборочных единиц, агрегатов) занимать свои места в машине без каких-либо дополнительных операций обработки и выполнять при этом свои функции в соответствии с заданными техническими условиями.

В современном производстве взаимозаменяемыми изготавливают различные детали, узлы и механизмы.

Примерами взаимозаменяемых деталей являются запасные части к различным приборам и машинам, стандартные крепежные детали – винты, болты, гайки, шайбы и др.

Примерами взаимозаменяемых узлов могут быть электро- и радиолампы и др.

Взаимозаменяемые детали должны быть одинаковы не только по размерам и форме, но и по твердости материала, его химическим, электрическим и другими свойствами.

Удовлетворение функциональным показателем в пределах заданных допусков называется функциональной взаимозаменяемостью.

#### **Преимущества взаимозаменяемости.**

1. Упрощаются, удешевляются проектно-конструкторские работы по созданию новых машин и механизмов, так как конструкция, точность и технические требования основных элементов стандартизированы (резьба, шлицы, зубчатые передачи и т.д.).

2. Упрощаются, удешевляются изготовление машин в результате регламентирования точности заготовок на всех стадиях механической обработки, применению более современных методов контроля и удешевления сборки, которую можно вести на конвейерах. Качество продукции становится стабильным, повышается ее надежность.

3. Удешевляемостью эксплуатации машин за счет ускорения ремонта и повышения его качества.

Взаимозаменяемость может быть полной и неполной.

**Полная взаимозаменяемость** позволяет получать заданные показатели качества без дополнительных операций в процессе сборки.

**При неполной взаимозаменяемости** при сборке сборочных единиц и конечных изделий допускаются операции, связанные и подбором и регулировкой некоторых деталей и сборочных единиц.

Различают также внешнюю и внутреннюю взаимозаменяемость.

**Внешняя взаимозаменяемость** характеризует размеры и форму присоединительных поверхностей, и основные эксплуатационные показатели.

Эксплуатационные параметры для электродвигателя – мощность, частота вращения;

Присоединительные размеры – диаметры, число и расположение отверстий в лапах электродвигателей.

**Внутренняя взаимозаменяемость** характеризует размеры деталей, входящие в сборочные единицы, агрегаты, изделия.

Например: Взаимозаменяемость шариков и роликов подшипников качения и т.д.

Для массового и единого производства взаимозаменяемость является необходимым условием.

Уровень взаимозаменяемости характеризуется коэффициентом взаимозаменяемости.

**Коэффициент взаимозаменяемости** – равен отношению трудоемкости изготовления взаимозаменяемой детали к трудоемкости изготовления изделия в целом.

Чем ближе он к единице, тем выше технический уровень производства.

## 2. Понятия о допусках и посадках

### Виды размеров:

1. Номинальный  $D_{\text{отв.}}$ ,  $d_{\text{вал}}$
2. Действительный  $D_d$ ,  $d_d$
3. Предельный  $D_{\text{max}}$ ,  $D_{\text{min}}$ ,  $d_{\text{max}}$ ,  $d_{\text{min}}$

**Номинальный размер** – размер, относительно которого определяют предельные размеры и который служит для начала отсчёта отклонений.

Для деталей, оставляющих соединение, номинальный размер является общим.

**Действительный размер** – размер, полученный в результате измерения с допустимой погрешностью.

Два предельно-допустимых размера, между которыми может находиться или которым может быть равен действительный размер годной детали, называется предельным.

Больший из них называют наибольшим предельным размером ( $D_{\text{max}}$ ,  $d_{\text{max}}$ )

Меньший – наименьшим предельным размером ( $D_{\text{min}}$ ,  $d_{\text{min}}$ ).

**Действительный размер** годной детали должен находиться между предельным размером или может быть равен им.

**Отклонением размера** называют разность размера и его номинального значения.

Различают:

- Действительное отклонение
- Предельное отклонение

**Предельное отклонение бывает:**

- верхнее предельное отклонение;
- нижнее предельное отклонение.

**Верхним предельным отклонением (ES), (es)** называют разность между наибольшим предельным и номинальным размерами.

Для отв.: ES

Для вала: es

**Нижним предельным отклонением (EI), (ei)** называют разность между наименьшим предельным и номинальным размерами.

Для отв.: EI

Для вала: ei

Для упрощения оформления и чтения чертежей проставляют не предельные размеры, а предельные отклонения.

**Правила обозначения числовых значений предельных отклонений на чертежах:**

1. предельные отклонения проставляют после номинального размера в 1мм (1мм = 1000 мкм);

2. Верхнее отклонение ставят немного выше номинального размера, а нижнее – немного ниже;

3. Отклонение 0 на чертеже не указывают;  
4. Отклонение равное по абсолютной величине указывают один раз со знаком « $\pm$ » (  $60 \pm 0,2$  );

5. Число знаков после запятой одинаково.

**Допуск (Т) размера** – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютная величина равная алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями.

$$T_b = D_{\text{max}} - D_{\text{min}} = ES - EI$$

$$T_d = d_{\text{max}} - d_{\text{min}} = es - ei$$

Т – величина всегда положительная.

Т определяет величину допустимого рассеяния действительных размеров годных деталей в партии, т. е. заданную точность изготовления.

С увеличением допуска качество изделий, как правило, ухудшается, но стоимость изготовления уменьшается.

### **Посадки и допуски посадок**

Все разнообразные машины, механизмы состоят из взаимосоединяемых деталей. В зависимости от назначения соединения сопрягаемые детали машин и механизмов во время работы либо должны совершать относительно друг друга или иное движение, либо наоборот, сохранять относительно друг друга полную неподвижность.

В соединении деталей, входящих одна в другую, есть охватывающие и охватываемые поверхности.

**Вал** – термин, применяемый для обозначения наружных (охватываемых) элементов (поверхностей) деталей.

**Отверстие** – термин, применяемый для обозначения внутренних (охватывающий) элементов (поверхностей) деталей.

Термин «Вал» и «отверстие» относятся не только к цилиндрическим деталям круглого сечения, но и к элементам деталей другой формы (паз, шпонка).

Для обеспечения подвижности соединения нужно, чтобы действительный размер охватывающего элемента одной детали (отверстия)  $D_d$  был больше действительного размера, охватываемого элемента другой детали (вала)  $d_d$ .

Разность действительных размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала, называется **зазором (S)**.

Для получения неподвижного соединения нужно, чтобы действительный размер охватываемого элемента одной детали (вала)  $d_d$  был больше действительного размера охватывающего элемента другой детали (отв.)  $D_d$ .

Разность действительных размеров вала и отв. до сборки, если размер вала больше размеров отв., называется **натягом (N)**.

Сопряжение, образуемое в результате соединения отв. и валов с одинаковыми номинальными размерами обычно называют **посадкой**.

Можно дать другое определение (более точное):

**Посадка** – это характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов.

Поскольку  $D_d$ ,  $d_d$  годных отверстий и валов в партии деталей могут колебаться между заданными  $D_{max}$ ,  $D_{min}$ ,  $d_{max}$ ,  $d_{min}$ , то и величина  $S$  и  $N$  может колебаться в зависимости от  $D_d$ ,  $d_d$  сопрягаемых деталей.

Поэтому различают:

**наибольший и наименьший зазоры**

$S_{max}$ ,  $S_{min}$ ;

**наибольший и наименьший натяги**

$N_{max}$ ,  $N_{min}$

$S_{max} = D_{max} + d_{min}$ ;

$S_{min} = D_{min} - d_{max}$

**средний зазор**

$S_m = (S_{max} + S_{min})/2$

$N_{max} = d_{max} - D_{min}$ ;

$N_{min} = d_{min} - D_{max}$

**средний натяг**

$N_m = (N_{max} + N_{min})/2$

Наряду с посадками с зазором и посадками с натягом существуют переходные посадки.

**Переходная посадка** – посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга. В этом случае поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью.

При графическом изображении переходной посадки поля допусков отверстия и вала перекрываются, т.е. размеры годного отверстия могут оказаться и больше и меньше размера годного вала, что и не позволяет заранее до изготовления пары сопрягаемых деталей сказать, какая будет посадка – с зазором или натягом.

Применение.

- Посадки с гарантир. зазором используются в тех случаях, когда допускается относительное смещение деталей;
- Посадки с гарантир. натягом – когда необходимо передавать усилие или вращающий момент без дополнительного крепления только за счет упругих деформаций;
- Переходные посадки применяют, когда необходимо обеспечить центрирование деталей, т.е. совпадение осей отверстия и вала.

**Допуск посадки** – разность между наибольшим и наименьшим допустимыми зазорами (допуск зазора  $T_s$  в посадках с зазором) или наибольшим и наименьшим допустимыми натягами (допуск натяга  $T_N$  в посадках с натягом):

$$T_s = S_{max} - S_{min};$$

$$T_N = N_{max} - N_{min}$$

В переходных посадках допуск посадки определяется суммой наибольшего натяга и наибольшего зазора. Для всех типов посадок допуск посадки численно равен сумме допусков отверстия и вала, т.е.

$$T_s(T_N) = T_d + T_d$$

Посадки с зазорами, с натягами, переходные с различными величинами и наибольшими и наименьшими зазорами и натягами ( $S, N$ ) можно получить, изменяя положение полей допусков обеих сопрягаемых деталей отверстия и вала. Но таких сочетаний может оказаться множество, что привело бы к невозможности централизованного изготовления мерного режущего инструмента (свёрл, зенкеров, разверток), формирующего размер отверстия.

Гораздо удобнее в технологическом (при изготовлении) и эксплуатационном (при ремонте) отношениях получать разнообразные посадки, изменяя положение поля допуска только одной детали при неизменном положении поля допуска другой.

**Посадка в системе отверстия** – посадки, в которых различные зазоры ( $S$ ) и натяги ( $N$ ) получают соединением различных валов с основным отверстием, которое обозначается буквой  $H$ .

**Посадки в системе вала** – посадки, в которых различные зазоры и натяги получают соединением различных отверстий с основным валом, который обозначают буквой  $h$ .

Для всех посадок в системе отверстия нижнее отклонение отверстия  $EI=0$

Для всех посадок в системе вала верхнее отклонение вала  $es=0$ .

В практике машиностроения предпочтение отдается системе отверстия, поскольку изготовить отверстие и изменить его значительно труднее и дороже, чем изготовить и изменить вал такого же размера с одинаковой точностью.

### 3. Графическое изображение полей допусков

Изобразить отклонения и допуск в одном масштабе с размерами детали практически невозможно. Поэтому вместо полного изображения отв. и валов с предельными размерами применяют схематичные – только с указателем отклонений, такие схемы можно вычерчивать в масштабе, они получаются более наглядными, простыми и компактными.

Построение схемы начинается с проведения нулевой линии ( $d$ ), от которой откладываются отклонения размеров (вверх со знаком «+» и вниз со знаком «-»).

Зона, заключающаяся между двумя линиями, соответствующая верхнему  $es$  и нижнему  $ei$ , называется полем допуска.

Поле допуска отличается от допуска тем, что оно определяет не только величину, но и его положение относительно номинального размера.

Поле допуска по отношению к нулевой линии может располагаться по разному:

- а) ассиметричное двустороннее расположение;
- б) ассиметричное одностороннее с нижним отклонением = 0;
- в) ассиметричное одностороннее с верхним отклонением = 0;
- г) симметричное двустороннее;
- д) ассиметричное одностороннее с «+»отклонением;
- е) ассиметричное одностороннее с «-»отклонением.

## 1.7. Лекция № 7 (2 часа)

**Тема:** «Единая система допусков и посадок»

### 1.7.2. 1 Вопросы лекции:

- 1.Общие сведения о ЕСДП
- 2.Признаки ЕСДП
- 3.Обозначения посадок ЕСДП на чертежах

### 1.7.3. Краткое содержание вопросов

#### 1.Общие сведения о ЕСДП

Гладкие цилиндрические соединения по назначению можно разделить на 3 типа:

**Подвижные соединения**– это соединения со свободным взаимным перемещением деталей, обеспечиваемым гарантированным зазором.

**Неподвижные соединения**– это соединение в процессе работы которых отверстия и вал относительно не перемещаются, что обеспечиваются гарантированным натягом или применение еще дополнительных деталей (шпонок, стопорных винтов и т. д.)

**Переходные соединения (посадки)** – посадки в которых центрирование деталей обеспечивается наличием небольших зазоров или натягов, а взаимные перемещения предотвращаются применением дополнительных деталей.

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} \quad N_{max} = d_{max} - D_{min}$$

$$T_{\Pi} = T_D + T_d$$

В соответствии с этим необходимо иметь посадки (соединения) с гарантированным зазором, с гарантированным натягом и переходные, чтобы обеспечить минимальное число посадок в соответствии с эксплуатационными требованиями, разработана система допусков и посадок.

**Система допусков и посадок** – комплекс рядов допусков и посадок, созданный на основе теоретических исследований и обобщения опыта проектирования, изготовления и эксплуатации изделий.

Основные принципы построения Единой системы допусков и посадок (ЕСДП ИСО) изложены в международных стандартах ИСО 286-1: 1988 и ИСО 286-2: 1988, которые полностью гармонизированы с ГОСТ 25346-89 «Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений» и с ГОСТ 25347-82 «Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки». Действие этих стандартов распространяется на размеры до 3150 мм. Абсолютное большинство соединений в тракторах, автомобилях и сельскохозяйственных машинах имеет размеры до 500 мм.

Система предназначена для выбора отклонений, допусков и посадок, унифицированных и оригинальных соединений, дает возможность стандартизовать режущие инструменты и калибры, облегчает конструирование, производство и ремонт деталей машин путем применения методов обеспечения полной взаимозаменяемости, что благоприятно отражается на качестве.

Единая система допусков и посадок создана по определенным принципам построения и характеризуется рядом необходимых структурных элементов, которые описаны далее.

## 2.Признаки ЕСДП

### Единица допуска

Практика показала, что погрешности обработки возрастают с увеличением диаметра, и становится сложнее достигнуть заданной точности изготовления. Специальными исследованиями была установлена зависимость между диаметром обрабатываемой детали и погрешностями размеров при различных видах обработки:

$$\omega = C \sqrt[x]{d}$$

где  $\omega$  — зона рассеяния размеров при обработке, мм; С — коэффициент, зависящий от способа обработки; х — показатель степени (от 2,5 до 3,5); d — диаметр обрабатываемой детали, мм.

Поэтому в ЕСДП введено понятие единицы допуска.

Единица допуска ( $i$ ,  $I$ ) — множитель в формулах допусков, являющийся функцией номинального размера и служащий для определения числового значения допуска.

Для размеров до 500 мм справедлива зависимость:

$$i = 0,45 \sqrt[3]{D_{cp}} + 0,001 D_{cp},$$

где  $i$  — единица допуска, мкм;

$D_{cp}$  — среднее геометрическое граничных значений размеров в интервале, мм;

$$D_{cp} = \sqrt{D_{max} D_{min}},$$

где  $D_{min}$  и  $D_{max}$  — наименьший и наибольший размеры в заданном интервале размеров, мм

Для размеров от 500 до 10 000 мм справедлива зависимость:

$$I = 0,004 D_{cp} + 2,1.$$

### Интервалы размеров

ЕСДП предусматривает 13 интервалов размеров в диапазоне от 500 мм, эти интервалы называют осинными, для каждого из них определена своя единица допуска, интервалы увеличиваются вместе с размерами, составляя приближенную геометрическую прогрессию со знаменателем 1,6.

Основные интервалы размеров используют для нормирования дельных отклонений, которые меняются плавно в зависимости от номинальных размеров. Для номинальных размеров более 10 мм введены промежуточные интервалы, которые делят основной интервал на два или три. При определении принадлежности размера к тому или иному интервалу следует помнить, что последнее число интервала относится к данному интервалу, а первое число — к предыдущему.

### Ряды точности (ряды допусков, квалитеты)

Каждую деталь изготавливают с определенной точностью в зависимости от эксплуатационных требований, которую необходимо нормировать. В ЕСДП нормированную точность, или качество изготовления, принято называть квалитетом (качество — от англ. — quality), характеризующим сложность получения размера

независимо от диаметра.

Квалитет (степень точности) — совокупность допусков, рассматриваемых как соответствующие одному уровню точности для всех номинальных размеров. Исходя из реальных и предполагаемых возможностей производства, в ЕСДП предусмотрено 20 квалитетов, обозначаемых порядковым номером, возрастающим с увеличением допуска: 0,1; 0; 1; 2; 3; 4; 5; ...; 18. Сокращенно стандартный допуск обозначают буквами IT (InternationalTolerance — международный допуск), а номер квалитета, например IT8, означает допуск по 8-му квалитету.

Стандартный допуск (IT) — любой из допусков, устанавливаемых данной системой допусков и посадок.

Значение допуска для квалитетов от 2-го и выше определяют по формуле:

$$IT=ki$$

где  $k$  — число единиц допуска;  
 $i$  — единица допуска, мкм.

Значения числа единиц допуска для квалитетов с 4-го по 18-й (ГОСТ 25364-89)

Квалитет	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Значение $K$	5	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500

В ЕСДП при переходе от одного квалитета к другому допуск возрастает на 60% (знаменатель прогрессии 1,6), а при переходе на пять ступеней грубее (начиная с IT6) значение допуска увеличивается в 10 раз. Это правило можно использовать и для получения допусков грубее IT8, что предусматривается системой.

Например, число единиц допуска для 20-го квалитета будет равно  $k_{20} = k_{15} \cdot 10 = 6400$ .

Квалитеты 0,1, 0, 1 и 2 используют для создания эталонов, концевых мер и калибров; квалитеты 2, 3 и 4 — в приборостроении; квалитеты с 4-го по 7-й — для образования высокоточных посадок ответственных соединений; квалитеты с 8-го по 12-й — для образования посадок пониженной точности; более грубые квалитеты (от 12-го) — для свободных размеров.

### Ряды основных отклонений

В ЕСДП положение поля допуска относительно нулевой линии определяется основным отклонением.

Основное отклонение — одно из двух предельных отклонений (верхнее или нижнее), определяющее положение поля допуска относительно к нулевой линии. В данной системе допусков и посадок основным является отклонение, ближайшее к нулевой линии.

Нормировано 28 основных отклонений для отверстий и валов, каждое из которых обозначается одной или двумя латинскими буквами. Для полей допусков валов применяют строчные буквы алфавита (a, b, c, d, ..., h, ..., x, y, z, za, zb, zc), а для полей допусков отверстий — прописные буквы (A, B, C, D, ..., D, ..., X, Y, Z, ZA, ZB, ZC) (приложение 1, табл. 4 и 5). Полный набор основных отклонений, схематично показывающий положение полей

допусков относительно нулевой линии. Выделим свойства основных отклонений в ЕСДП и их особенности.

1. Буквой Н обозначают основное нижнее отклонение отверстия, равное нулю, а буквой h — основное верхнее отклонение вала, равное нулю.

2. В пределах одного интервала размеров основные отклонения отверстия и валов равны, как правило, по значению и противоположны по знаку одноименным основным отклонениям валов, т.е. симметричны относительно нулевой линии.

3. Основные отклонения отверстий от А до Н предназначены для образования посадок с зазором в системе вала. Основные отклонения валов от а до h служат для получения посадок с зазором в системе отверстия.

4. Основные отклонения отверстий от J до N и валов от j до n применяют для получения переходных посадок в системе вала и отверстия.

5. Основные отклонения отверстий от P до ZСвалов от p до zc используют для получения посадок с натягом в системе вала и отверстия.

6. Для отверстий и валов, обозначенных  $J_s$  и  $j_x$ , поле допуска располагается строго симметрично относительно нулевой линии и предельные отклонения равны по значению и противоположны по знаку. Основные отклонения J и j отличаются тем, что поле допуска с таким основным отклонением не имеет строгого симметричного расположения.

В ЕСДП нормируется одно отклонение (основное), а другое получают добавлением значения допуска к этому отклонению. Если основное отклонение нижнее, то верхнее отклонение получается прибавлением допуска, а если задано верхнее отклонение, то нижнее отклонение находится прибавлением к нему значения допуска со знаком минус.

Поле допуска в ЕСДП обозначается с помощью основного отклонения и стандартного допуска.

Например, для валов диаметров 20j8, Ø40h10, Ø60V6, для отверстий Ø20F8, Ø40H10, Ø60V6.

### **Посадки в системе отверстия и системе вала**

Разнообразие основных отклонений и стандартных допусков элементов деталей может привести к очень широкой номенклатуре посадок, что экономически невыгодно, так как потребуется на (сН) и система вала (ch), в которых принимают постоянное (основное) положение одного из полей допусков (отверстия или вала).

**Основной вал** — вал, верхнее отклонение которого равно нулю (h).

**Основное отверстие** — отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю (Н).

Посадки в системе отверстия — посадки, в которых требуемые зазоры или натяги получаются сочетанием различных полей допуском валов с полем допуска основного отверстия.

Посадки в системе вала — посадки, в которых требуемые зазоры или натяги получаются сочетанием различных полей допусков отверстий с полем допуска основного вала.

Две системы посадок необходимы не только из-за конструктивных особенностей узлов машин, но и из-за особенности технологии и отопления деталей машин и их сборки. Для конкретного соединения безразлично, в какой системе назначены допуски и посадки, так как только величины зазоров или натягов характеризуют качество его работы. Выбор системы определяет сложность изготовления деталей и их сборки, а следовательно, и стоимость изготовления сборочной единицы и агрегата.

Предпочтение отдают системе отверстия, поскольку изготовить и измерить отверстие обычно значительно труднее и дороже, чем изготовить и измерить вал такого же размера и той же точности. Систему вала выбирают исходя из ряда конструктивных, технологических или эксплуатационных соображений, но только когда это экономически выгодно.

Посадки в системе вала выбирают в случаях, когда:

- применяют валы из светлого калиброванного материала (серебрянка) без дополнительной механической обработки посадочных мест;
- на отдельных участках вала необходимо обеспечить различные посадки нескольких деталей.

в сопряжении применяют стандартные узлы или детали, изготовленные в системе вала (например, посадка наружных колец подшипников качения в корпус);

- по условиям прочности нельзя делать вал ступенчатым;
- по технологическим условиям, например, при ремонте имеется вал, обработанный под ремонтный размер (с уменьшением) и под него делают отверстие;
- в других обоснованных случаях.

### **Нормальная температура**

Во всех странах мира принято считать значения размеров, которые приводятся в нормативных документах, относящимся к деталям при их температуре 20°C по стандарту ИСО 1. Если температура детали отличается от 20°C, то необходимо пересчетом привести размер к 20 °C.

### **Предпочтительные поля допусков, обозначение посадок на чертежах**

В ЕСДП теоретически допускаются любые сочетания полей доков отверстий и валов любых квалитетов, что позволяет иметь огромный набор различных посадок, но это экономически нецелесообразно, а технически в этом нет необходимости.

ГОСТ 25347—82 устанавливает основной набор полей допусков как сочетания некоторых основных отклонений и квалитетов, включающий в себя 72 поля допуска отверстий и 80 полей допусков **валов**.

Помимо основного набора в приложении к ГОСТ 25347—82 дается дополнительный набор, включающий 34 поля допуска вала и 32 поля допуска отверстий, являющийся непредпочтительным. Основной и дополнительный набор дают значительно больше полей допусков, чем практически используется. Поэтому из основного набора полей допусков выделены поля допусков предпочтительного применения, куда входят 10 полей допусков для отверстий и 10 полей допусков для валов.

Разрешается применять любое поле допуска из основного или дополнительного набора. Однако чтобы предотвратить необоснованное многообразие в допусках и посадках, установлен следующий порядок выбора полей допусков:

- в первую очередь следует применять предпочтительные поля допусков;
- если невозможно обеспечить конструктивные и технологические требования за счет предпочтительных полей допусков, используют поля допусков из основного набора;
- в некоторых технически обоснованных случаях возможно применение полей допусков из дополнительного набора.

Поля допусков, не предусмотренные стандартом, считаются специальными. Их применяют в технически и экономически обоснованных случаях, и основанием для их использования могут быть другие стандарты для соответствующих видов продукции (например, на подшипники качения), материалов (например, на изделие из пластмасс) или способов обработки.

В ЕСДП теоретически допускается применение любой посадки в системе отверстия или вала. Стандарт рекомендует к применению 68 посадок, причем используют квалитеты с 5-го до 12-й для отверстий с 4-го по 12-й для валов. Из них выделены посадки предпочтительного применения. Таких посадок в системе отверстия 17, а в системе вала — 10 (слайд 8).

### **3.Обозначения посадок ЕСДП на чертежах**

Предельные отклонения линейных размеров могут быть указаны на чертежах одним из трех способов: числовыми значениями стандартных предельных отклонений; условными

обозначениями полей допусков без или с указанием справа скобках числовых значений предельных отклонений.

Например,  $18^{+0,018}$ ,  $12_{-0,059}^{-0,032}$ , или  $18H7$ ,  $12e8$ , или  $18H7(^{+0,018})$ ,  $12e8(^{-0,032}_{-0,059})$

Посадки обозначают в виде дроби. При этом поле допуска отверстия всегда указывается в числителе, а поле допуска вала — в знаменателе.

Например,  $\varnothing 20^{H7}_{f6}$  или  $\varnothing 20H7/f6$  или, редко, через тире  $\varnothing 20H7-f6$ .

Легко переводить посадки из одной системы в другую, не меняя характера сопряжения, при этом квалитеты у отверстия и вала сохраняют, а заменяют основные отклонения.

Например, из системы вала  $\varnothing 80G7/h6$  в систему отверстия  $\varnothing 80H7/g6$ .

В ГОСТ 25346—89 точность размеров с неуказанными допусками нормируется с использованием 12... 18-го квалитетов и приведены еще ряды точности, которые имеют следующие названия: точный ( $t_1$ ), средний ( $t_2$ ), грубый ( $t_3$ ) и очень грубый ( $t_4$ ).

В ГОСТ 25670—83 даны два равнозначных метода указания точности размеров с неуказанными допусками:

- IT12 или класс «точный» ( $t_1$ )
- IT13, IT14 или класс «средний» ( $t_2$ )
- IT15, IT16 или класс «грубый» ( $t_3$ )
- IT17, IT18 или класс «очень грубый» ( $t_4$ )

Поля допусков для размеров с неуказанными допусками для валов и отверстий принимают как для основного вала  $h$  и основного отверстия  $H$ , т. е. поле допуска располагается «в тело» — отклонение равное допуску дается в минус от номинала для вала и в плюс для отверстия. Для размеров, не являющихся отверстием или валом (расположенных лесенкой, ступенькой и пр.), принимают симметричное расположение поля допуска —  $J_s$  или  $j_s$ .

На размеры с неуказанными допусками требования к точности называют в технических условиях, а на чертежах только условным обозначением.

; Например:  $H14, h14, t22$ , либо  $H14, h14, J<sub>5</sub>14$ , либо  $H14, h14, j<sub>5</sub>14$ .

В этой записи нет текста, но читается она следующим образом: «Все размеры, у которых не указано поле допуска, должны изготавливаться так: отверстия как поле допуска основного отверстия по 14-му квалитету, валы как основной вал по 14-му квалитету, а остальные размеры с симметричным расположением допуска по 14-квалитету». Допускаются условные обозначения дополнять текстом «Неуказанные предельные отклонения размеров:  $h14, H14, \pm t/2$

## 1.8. Лекция №8 (2 часа)

**Тема:** «Нормирование точности поверхностей деталей машин по шероховатости»

### 1.8.2. 1 Вопросы лекции:

1. Понятие о шероховатости поверхностей и ее влияние на эксплуатационные показатели работы деталей, соединений и машин.
2. Средства измерения шероховатости поверхностей.
3. Параметры для нормирования и оценки шероховатости поверхностей.
4. Обозначение шероховатости поверхностей на чертежах.

### 1.8.3 Краткое содержание вопросов

#### 1. Понятие о шероховатости поверхностей и ее влияние на эксплуатационные показатели работы деталей, соединений и машин.

Рассмотрим некоторые определения относящиеся к данной теме:

**Шероховатостью поверхности** согласно ГОСТ 25142-82 называют совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенную с помощью базовой длины  $L$ .

**Базовая длина  $L$**  – длина базовой линии, используемой для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности.

**Базовая линия (поверхность)** – линия (поверхность) заданной геометрической формы, определенным образом проведенная относительно профиля (поверхности) и служащая для оценки геометрических поверхностей.

**Существует несколько причин возникновения шероховатостей:**

- пластические деформации поверхностного слоя детали при образовании стружки;
- копирование неровностей режущих кромок инструмента и трение его о деталь;
- вырывание с поверхности частиц материала при обработке;
- вибрация заготовки, инструмента и др.

Поверхности деталей, обработанных на металорежущих станках, имеют неровности в продольном и поперечном направлениях. Продольные неровности определяются в направлении главного рабочего движения при резании, а поперечные – в направлении, перпендикулярном к нему.

Эти неточности, их форма, размеры, частота повторяемости зависят от режущего инструмента, метода и режима обработки, материала детали, жесткости оборудования и как следствие от колебательных движений в системе станок – приспособление – инструмент – деталь (система СПИД).

Условно границу между различными порядками отклонений поверхности можно установить по значению отношения шага  $S_w$  к высоте неровностей  $R_w$ .

$$\frac{S_w}{R_w} \leq 50 - \text{шероховатость}$$

где,  $S_w$  – шаг неровностей,

$R_w$  – высота неровностей.

$$50 \leq \frac{S_w}{R_w} \leq 1000 - \text{волнистость}$$

$$\frac{S_w}{R_w} \geq 1000 - \text{отклонение формы}$$

**Волнистость** – совокупность периодически чередующихся возвышенностей и впадин, у которых расстояние между смежными возвышенностями или впадинами превышают базовую длину  $L$ .

Волнистость занимает промежуточное значение между отклонениями формы и шероховатостью поверхности.

Шероховатость – один из основных показателей качества поверхности.

Например:  $R_a (0,16 \dots 0,32) \text{ мкм}$  – оптимальное значение для ДВС.

В подвижных соединениях из-за волнистости и шероховатости фактическая площадь контакта в 3...5 раз меньше номинальной, что приводит к увеличению удельного давления в точках контакта и разрыва масляного слоя. Удельное давление при этих слоях достигает

такого значения, при котором упругие деформации неровностей могут переходить в пластические, что сглаживает неровности. Кроме того, при разрыве масляного слоя и больших удельных давления происходит схватывание отдельных неровностей и вырывание частиц металла. Эти процессы сопровождаются значительным повышением температуры, что в соединениях типа «коленчатый вал – вкладыш» приводит к выплавлению антифрикционного слоя. Если же такого аварийного разрушения сопрягаемых поверхностей не происходит, тот все равно наблюдается ускоренный износ детали и значительное увеличение зазора. Этот процесс продолжается до тех пор, пока высота поверхностей не достигнет определенного стабильного значения. Такую шероховатость называют оптимальной. Она характеризуется определенной высотой, шагом и формой неровности.

Шероховатость поверхности – фактор управляемый, т.к. зависит от режимов резания, режущего инструмента охлаждающей жидкости и от вида обработки. Параметры шероховатости связаны с допуском размера и формы поверхности, но однозначной зависимости между ними нет.

## 2.Средства измерения шероховатости поверхностей

Количественный контроль параметров шероховатости осуществляют контактными методами с помощью щуповых приборов (профилометров и профилографов) и бесконтактными методами (с помощью микроскопов и микроинтерферометров и т.д.).

Контактные профилометры и профилографы, имеющие высокую точность, применяют для контроля наиболее ответственных измерений.

При выборе метода и типа прибора необходимо учитывать возможность контроля предписанного чертежом параметра, пределы измерения, допускаемые отклонения контролируемого параметра, погрешность измерения и прибора, форму, размеры и материал детали, и другие факторы.

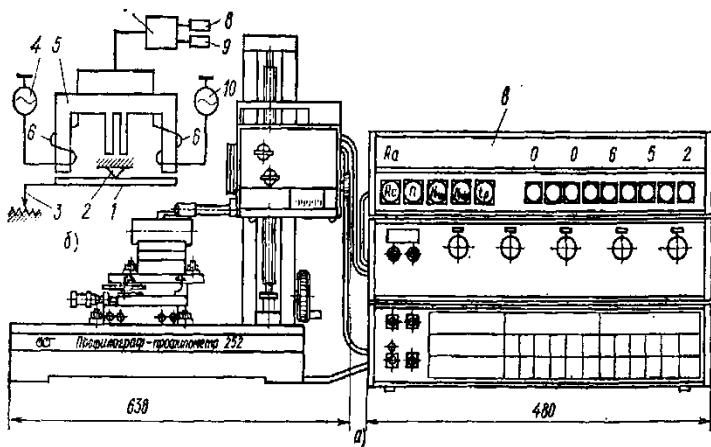


Рисунок 8.1.-Профилограф-профилометр.

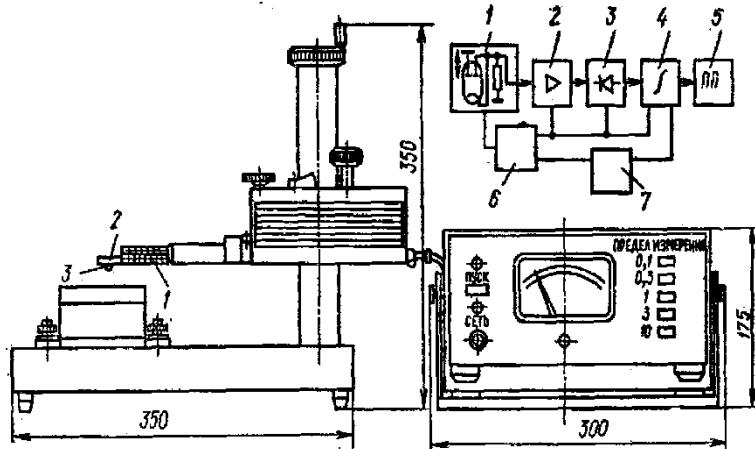


Рисунок 8.2.-Мехатронный профилометр.

### 3.Параметры для нормирования и оценки шероховатости поверхностей.

Согласно ГОСТ 2789-73 шероховатость поверхности изделий независимо от материала и способа изготовления (получения поверхности) можно оценивать количественно одним или несколькими параметрами.

#### Высотные параметры:

$R_a$  – среднее арифметическое отклонение профиля

$R_z$  – высота неровностей профиля по 10 точкам

$R_{max}$  – наибольшая высота неровностей профиля.

Параметр  $R_a$  является предпочтительным.

Параметр  $R_a$  характеризует среднюю высоту всех неровностей.

$R_z$  – характеризует среднюю высоту наибольших неровностей.

$R_{max}$  – характеризует наибольшую высоту профиля.

#### Шаговые параметры $Sm$ , $S$ .

$Sm$  – средний шаг неровностей.

$S$  – средний шаг неровностей по вершинам.

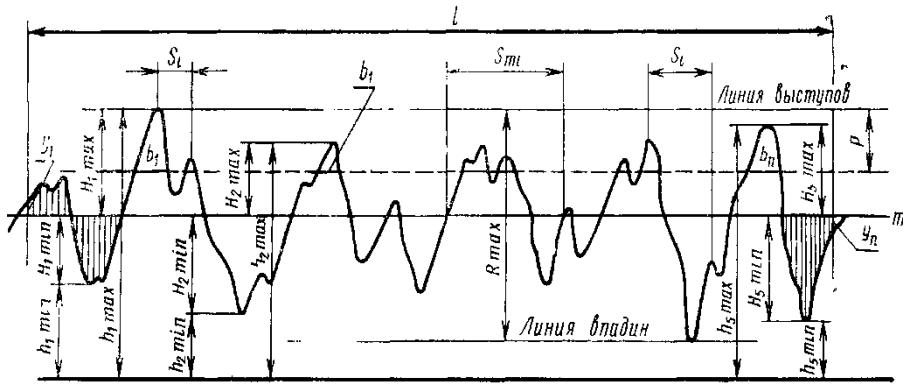
#### Опорный параметр $tp$

$tp$  – относительная опорная длина профиля.

Шаговые параметры  $Sm$ ,  $S$ , и  $tp$  – введены для учета различной формы и взаимного расположения характерных точек неровностей. Эти параметры позволяют также нормировать спектральные характеристики профиля.

Стандартом ГОСТ 25142-82 предусмотрен ряд параметров для количественной оценки шероховатости, причем отсчет ведется от единой базы, за которую принята средняя линия профиля  $mm$ .

Представим профилограмму поверхности детали.



**Профилограмма** – изображение реальной поверхности, полученное измерением на базовой длине  $L$ .

**Средняя линия** – среднеквадратическое отклонение профилей (сумма площадей над линией равна сумме площадей под линией).

Количественную оценку шероховатости проводят по следующим параметрам:

**Параметры шероховатости, связанные с высотными свойствами неровностей:**

**$R_a$**  – среднее арифметическое значение из абсолютных величин отклонений профиля – среднее арифметическое отклонение профиля

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i|$$

$Y_i$  – расстояние от любой точки профиля по нормали к средней линии,  
 $n$  – количество замеров профиля, шт.

$R_a$  – на профилограмме показаны параллельные линии  $Y_i$ .

**$R_z$**  – высота неровностей профиля по 10 точкам (сумма средних значений 5 самых высших точек профиля и 5 самых низших точек профиля)

$$R_z = \frac{1}{5} \left( \sum_{i=1}^5 h_i \max - \sum_{i=1}^5 h_i \min \right)$$

где,  $h_{imax}$  – расстояние от высших точек пяти наибольших максимумов до линии, параллельной средней и не пересекающей профиль;

$h_{imin}$  – расстояние от низших точек пяти наибольших минимумов до этой же линии.

**$R_{max}$**  – расстояние между линией выступов и линией впадин профиля в пределах базовой длины  $L$ .

обозначение параметров  $R_z$  и  $R_{max}$

**Параметры шероховатости, связанные со свойствами неровностей в направлении длины профиля:**

средний шаг неровностей:

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi}$$

$S_{mi}$  – длина отрезка средней линии, пересекающего профиль в трех соседних точках и ограниченного крайними точками.

**Средний шаг неровностей по вершинам:**

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i$$

$S_i$  – длина отрезка средней линии между проекциями на нее двух высших точек соседних выступов.

### Параметры шероховатости, связанные с формой неровностей:

$$t_p = \frac{\sum_{i=1}^n b_i}{L} \cdot 100\%$$

$p$  – уровень сечения (выбирается в % от  $R_{\max}$ ).

### Применение параметров шероховатости:

1. Для деталей, которые испытывают трение и износ  $R_a$  ( $R_z$ ),  $t_p$ , причем параметру  $R_a$  отдается предпочтение.
2. Вибrouстойчивость и циклическая прочность

$R_{\max}, t_p$

3. Для неподвижных деталей

$R_a$  ( $R_z$ )

Требования к шероховатости устанавливают указанием числовых значений (наибольших или номинальных с отклонениями в % или диапазона значений) параметра или параметров на базовой длине  $L$ .

### Числовые значения параметров шероховатости:

$R_a$  – 0,008…100 мкм;

$R_z$  – 0,025…1600 мкм;

$S_m, S$  – 0,002…12,5 мм;

Значение уровня сечения  $p$ :

5;10;15;20;25;30;40;50;60;70;80;90

Требования к шероховатости должны быть обусловлены и должны исходить от функционального назначения поверхности детали.

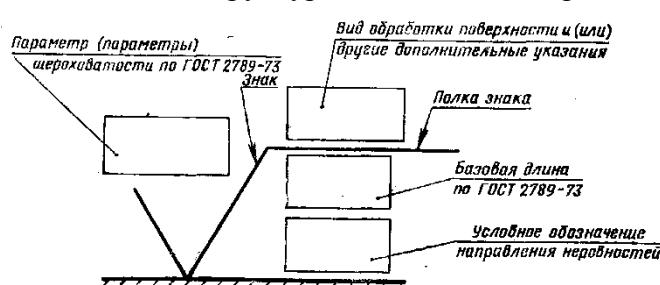
**Обозначение шероховатости** поверхностей на чертежах регламентируется ГОСТом 2.309-73 ЕСКД. «Обозначение шероховатости поверхностей»

Данный ГОСТ 2.309-73 регламентирует:

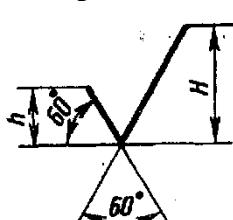
1. Обозначение шероховатостей;
2. правила нанесения и обозначения шероховатости на чертежах.

## **4. Обозначение шероховатости поверхностей на чертежах.**

В общем виде структура обозначения шероховатостей следующая:



### **Размеры знака шероховатости:**



$h$  – высота цифр размерных чисел;  
 $H = (1,5\dots 3) h$

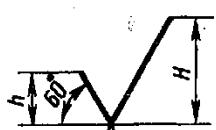
Толщина линий знака приблизительно равна  $\frac{1}{2}$  толщины сплошной основной линии

### **Направление неровностей**

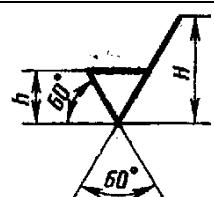
Условные обозначения направления неровностей должны соответствовать приведенным в таблице

Схематическое изображение неровностей	Обозначение
	$\checkmark \equiv$
	$\checkmark \perp$
	$\checkmark \times$
	$\checkmark \text{M}$
	$\checkmark \text{C}$
	$\checkmark \text{R}$

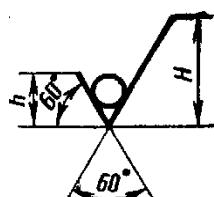
### Структура обозначение шероховатости:



Для обозначения шероховатости поверхностей, вид обработки которых конструктором не нормируется



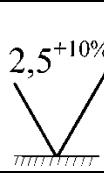
Для обозначения шероховатости поверхностей, которые должна быть образованы снятием слоя материала



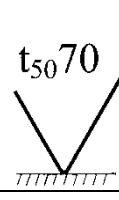
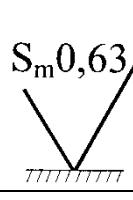
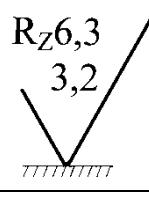
Для обозначения шероховатости поверхностей, которые должны быть образованы без снятия слоя материала (ковка, литье, штамповка, протягивание и т.д.)

### (Слайд 27) Значения параметров шероховатости по ГОСТ 2789-73 указывают:

- для параметра  $R_a$  – без символа



- для остальных параметров – после соответствующего символа



### Расшифровка обозначения шероховатости:

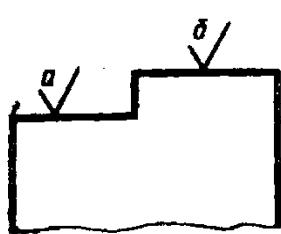
При указании двух и более параметров шероховатости в обозначении шероховатости значения параметров записывают сверху вниз в следующем порядке:

- параметр высоты неровностей профиля;
- параметр шага неровностей профиля;
- относительная опорная длина профиля.

$0,1$ $Sm\ 0,063$ $0,040\sqrt{0,8}$ $t_{50}80\pm10\% 0,25$	$R_a \leq 0,1 \text{ мкм};$ $0,040 \leq S_m \leq 0,063 \text{ мкм.}$ $t = 80 \pm 10\% \text{ при } p=50\%$ $L = 0,25 \dots 0,8 \text{ мм}$ направление неровностей (C) - кругообразное
$0,025$ $\checkmark M$	$R_a \leq 0,025 \text{ мкм};$ направление неровностей (M) - произвольное поверхность - полировать

### Упрощенное обозначение шероховатости:

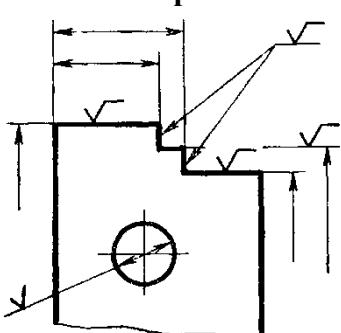
Допускается применять упрощенное обозначение шероховатости поверхностей с разъяснением его в технических требованиях чертежа.



$$a \checkmark = \checkmark 0,32 \text{ Полировать}$$

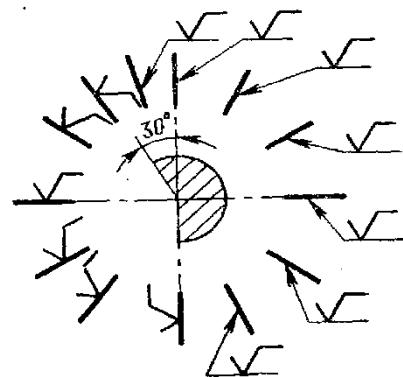
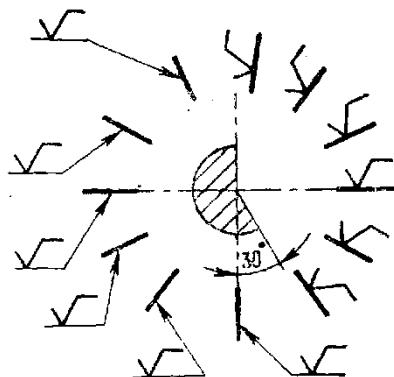
$$b \checkmark = \checkmark 0,25 \text{ } 0,40 \sqrt{0,25}$$

### Обозначение шероховатости на изображении детали располагают:

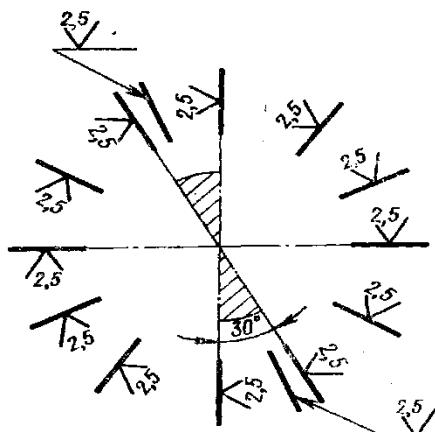


1. На контурных линиях;
2. на выносных линиях (ближе к размерной);
3. на полках линий выносок;
4. при недостатке места на размерных линиях

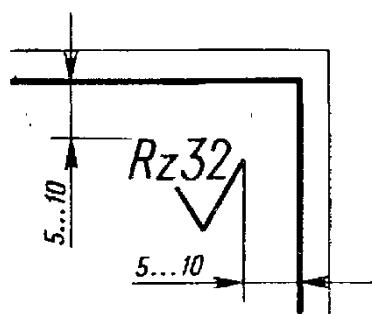
**Обозначение шероховатости поверхности**, в которой знак имеет полку, располагают относительно основной надписи чертежа так, как показано на чертеже



и в которых знак не имеет полки

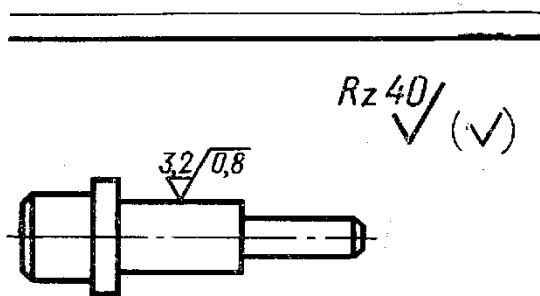


При одинаковой шероховатости для всех поверхностей изделия обозначение шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображении не наносят



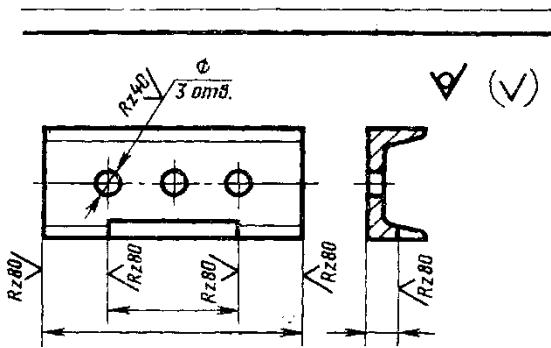
Размеры знака и толщина линий увеличиваются в 1,5 раза

При одинаковой шероховатости части поверхности обозначение шероховатости также выносится в правый верхний угол чертежа и в скобках указывается знак шероховатости



Размер и толщина знака в скобках должны соответствовать знаку на изображении

Если поверхности образованы без снятия слоя материал или по которым не проводится обработка



Шероховатость остальных поверхностей сохраняется в соответствии поставки

## 1.9. Лекция № 9 (2 часа)

Тема: «Размерный анализ»

### 1.9.2 Вопросы лекции:

1. Основные положения размерного анализа.
2. Методика построения размерных цепей.
3. Классификация размерных цепей.
4. Методы расчета размерных цепей.

### 1.9.3 Краткое содержание вопросов

#### 1. Основные положения размерного анализа.

**Размерная цепь** — совокупность размеров, непосредственно участвующих в решении поставленной задачи и образующих замкнутый контур.

**Звено размерной цепи** — один из размеров, образующих размерную цепь.

**Замыкающее звено** — звено размерной цепи, являющееся исходным при постановке задачи или получающееся последним в результате ее решения.

**Составляющее звено** — звено размерной цепи, функционально связанное с замыкающим звеном.

#### Составляющее звено



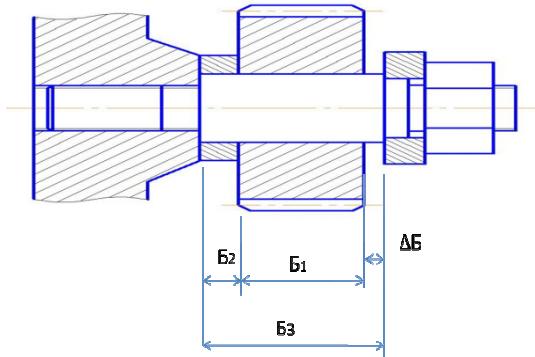
#### Увеличивающее звено

#### Уменьшающее звено

**Увеличивающее звено** — составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено увеличивается.

**Уменьшающее звено** — составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено уменьшается.

**Корректирующее звено** — составляющее звено размерной цепи, изменением значения которого достигается требуемая точность замыкающего звена.



**Рисунок 9.1-** Сборочная размерная цепь:  
 $\Delta B$  — замыкающее звено;  $B_1, B_2$  — уменьшающее звено;  $B_3$  — увеличивающее звено.

## 2. Методика построения размерных цепей.

**Основное уравнение размерной цепи:**

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^m A_i^{ys} - \sum_{m+1}^{n-1} A_i^{ym}$$

-  $A_{\Delta}$  — номинальный размер замыкающего звена;  
 $\sum_{i=1}^m A_i^{ys}$  — сумма номинальных размеров увеличивающих звеньев;

$\sum_{m+1}^{n-1} A_i^{ym}$  — сумма номинальных размеров уменьшающих звеньев;

$m$  — число увеличивающих звеньев;  
 $n$  — общее число звеньев размерной цепи.

В общем виде это выражение может быть представлено так:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} \xi_i A_i$$

где  $\xi$  — передаточное отношение, характеризующее влияние отклонений размеров составляющих звеньев на размер замыкающего звена ( $\xi = +1$  для увеличивающих звеньев и  $\xi = -1$  для уменьшающих звеньев в том случае, когда звенья размерной цепи расположены линейно и параллельно).

### 3. Классификация размерных цепей

#### Виды размерных цепей

**Размерные цепи делятся по расположению звеньев на:**

1. плоские и пространственные;
2. линейные и угловые.

**Размерные цепи делятся по назначению на:**

- 1.конструкторские;
- 2.технологические;
3. измерительные.

**Конструкторские размерные цепи** устанавливают связь размеров деталей в изделии

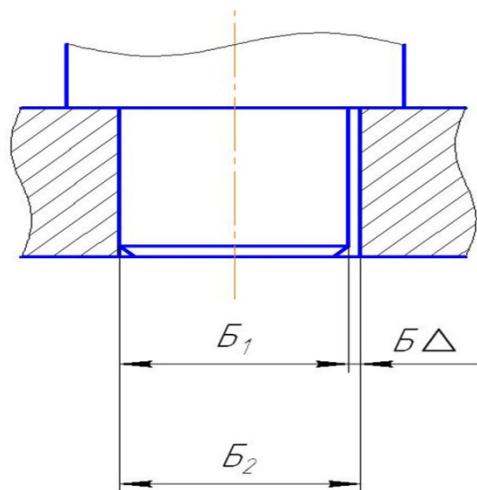
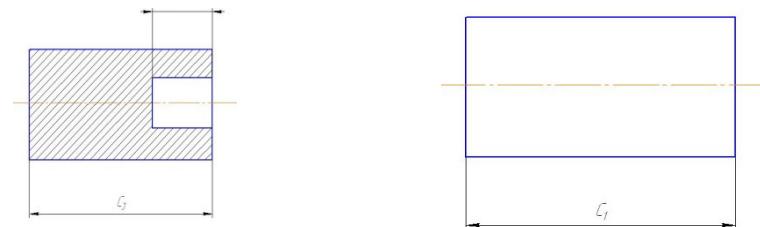


Рисунок 9.1.-Схема конструкторской размерной цепи

**Технологические размерные цепи** устанавливают связь размеров деталей на разных этапах технологического процесса.



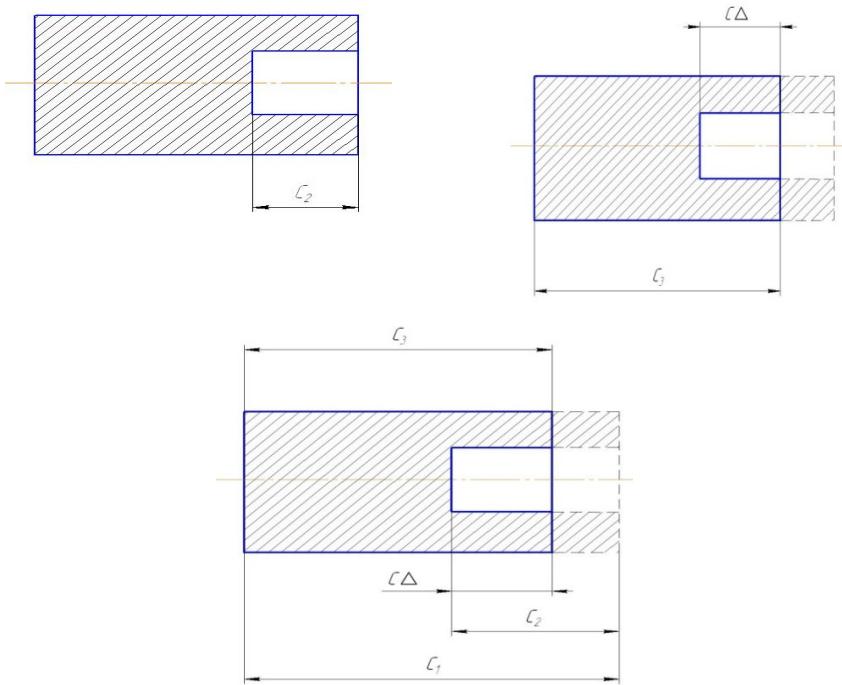


Рисунок 9.2. - Технологическая размерная цепь:  
а -готовая деталь; б, в, г -1, 2 и 3-я операции; д - размерная цепь.

#### 4. Методы расчета размерных цепей

**Прямая задача (проектировочная)**заключается в определении допусков и предельных отклонений на все составляющие звенья по известному допуску и предельным отклонениям замыкающего звена.

**Обратная задача (проверочная)**заключается в определении допуска и предельных отклонений замыкающего звена по известным допускам и предельным отклонениям всех составляющих звеньев.

##### Методы расчета размерных цепей:

- 1.Метод расчета размерных цепей на максимум—минимум. 2.Вероятностный метод расчета размерных цепей .

##### **Метод расчета размерных цепей на максимум—минимум.**

Выражения для определения наибольшего и наименьшего значений замыкающего звена записывают в виде:

$$A_{\Delta_{\max}} = \sum_{i=1}^m A_{i_{\max}}^{y^s} - \sum_{i=1}^{n-1} A_{i_{\min}}^{y^m}$$

$$A_{\Delta_{\min}} = \sum_{i=1}^m A_{i_{\min}}^{y^s} - \sum_{i=1}^{n-1} A_{i_{\max}}^{y^m}$$

Вычитают из первого равенства второе и, перегруппировав члены правой части с их знаками, получают:

$$A_{i_{\max}} - A_{i_{\min}} = \sum_{i=1}^m A_{i_{\max}}^{y^b} - \sum_{i=1}^m A_{i_{\min}}^{y^b} + \sum_{i=m+1}^{n-1} A_{i_{\max}}^{y^m} - \sum_{i=m+1}^{n-1} A_{i_{\min}}^{y^m}$$

Разность между наибольшим и наименьшим размерами замыкающего звена равна допуску на это звено, так же как и разности предельных размеров составляющих звеньев равны допускам на каждый из них:

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m TA_i^{y^b} + \sum_{i=m+1}^{n-1} TA_i^{y^m}$$

Формулы для расчета верхнего и нижнего отклонений замыкающего звена образуются из зависимостей:

$$ESA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m ESA_i^{y^b} - \sum_{i=m+1}^{n-1} EIA_i^{y^m}$$

$$EIA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m EIA_i^{y^b} - \sum_{i=m+1}^{n-1} ESA_i^{y^m}$$

Эти равенства можно записать в виде, более удобном для расчета размерных цепей, выразив предельные отклонения через координату середины поля допуска или, другими словами, через среднее отклонение ECA.

$$ECA_i = (ESA_i + EIA_i) / 2$$

Тогда предельные отклонения:

$$ESA_i = ECA_i + 0,5TA$$

$$EIA_i = ECA_i - 0,5TA$$

Аналогично для замыкающего звена:

$$ESA_{\Delta} = ECA_{\Delta} + 0,5TA_{\Delta}$$

$$EIA_{\Delta} = ECA_{\Delta} - 0,5TA_{\Delta}$$

Среднее отклонение замыкающего звена:

$$ECA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m ECA_i^{y^b} - \sum_{i=m+1}^{n-1} ECA_i^{y^m}$$

Прямую задачу можно решить способами:

1. хаотичного подбора допусков;
2. назначения равных допусков;
3. назначения допусков одного квалитета.

**Способ хаотичного подбора допусков** заключается в подборе допусков до выполнения равенства :

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m TA_i^{ye} + \sum_{m+1}^{n-1} TA_i^{ym}$$

**Способ равных допусков** используют в тех случаях, когда размеры всех составляющих звеньев примерно одинаковы. При этом способе допуски составляющих звеньев вычисляют по выражению:

**Способ допусков одного (равного) квалитета** применяют с целью получения равной степени точности всех звеньев, имеющих различные номинальные размеры, для этого допуск замыкающего звена делят пропорционально единице допуска каждого составляющего звена.

**Допуск любого звена** можно выразить через произведение числа единиц допуска  $k \approx a$  на единицу допуска  $i$ :

$$TA_i = ai_{A_i}$$

Допуск замыкающего звена:

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} ai_{A_i} = a \sum_{i=1}^{n-1} i_{A_i}$$

В пределах одного квалитета число единиц допуска у всех звеньев всегда одинаково, тогда выразим  $a$  из формулы:

$$a = \frac{TA_{\Delta}}{\sum_{i=1}^{n-1} i_{A_i}}$$

По полученному коэффициенту точности находят квалитет методом выбора числа единиц допуска  $k$ , по которому необходимо назначить допуски на все звенья.

Виды отклонений на составляющие звенья,

кроме корректирующего звена:

-для охватываемых размеров (типа «вал» — диаметр и длина вала, толщина выступа, толщина прокладки, гайки, шайбы и т. п.) —  $h$  ( $es = 0$ );

-для охватывающих размеров (типа «отверстие» — диаметр отверстия, ширина паза, внутренний размер корпуса и т. п.) —  $H$  ( $EI = 0$ );

-для прочих размеров — симметричные (глубина отверстия, бурт вала, высота уступа, межцентровые расстояния и т. п.) —  $J_s, j_s (+IT/2)$ .

**Допуск корректирующего звена**

$$TA_{\text{кор}} = TA_{\Delta} - \sum_{i=1}^{n-2} ITA_i$$

Предельные отклонения корректирующего звена находят по зависимости:

$$ECA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m ECA_i^{ye} - \sum_{m+1}^{n-1} ECA_i^{ym}$$

выразив из нее среднее отклонение корректирующего звена:

для увеличивающего корректирующего звена:

$$ECA_{\text{кор}}^{\text{yb}} = ECA_{\Delta} - \sum_{i=1}^m ECA_i^{\text{yb}} + \sum_{i=1}^{n-2} ECA_i^{\text{ym}}$$

для уменьшающего корректирующего звена:

$$ECA_{\text{кор}}^{\text{yb}} = ECA_{\Delta} - \sum_{i=1}^m ECA_i^{\text{yb}} + \sum_{i=1}^{n-2} ECA_i^{\text{ym}}$$

В размерную цепь часто входят размеры, допуски на которые уже известны т.е. размеры стандартизованных деталей (болтов, гаек, колец подшипников качения и т.д.). Размеры указанных деталей, входящие в размерную цепь, будут влиять на размер замыкающего звена, поэтому при расчетах допусков составляющих звеньев необходимо учитывать и выделять уже известные допуски звеньев. Исходя из этого, коэффициент точности размерной цепи с имеющимися известными допусками определяют по формуле:

$$\alpha = \frac{TA_{\Delta} - \sum_{x+1}^{n-1} TA_{i_{\text{изн}}}}{\sum_{i=1}^x iA_{i_{\text{опр}}}}$$

$\sum_{x+1}^{n-1} TA_{i_{\text{изн}}}$  -сумма известных допусков составляющих звеньев;

$\sum_{i=1}^x iA_{i_{\text{опр}}}$	-сумма единиц допуска всех остальных (определяемых) составляющих звеньев
$x$	-число звеньев, для которых определяют допуски.

**Преимущества использования метода максимум—минимум** заключаются в упрощении и ускорении процесса сборки и обеспечении высокого качества продукции.

**Недостатки** — получение очень точных, технологически трудно выполнимых допусков, невозможность использовать этот метод для расчета цепей высокой точности.

## 1.10 Лекция № 10,11 (4 часа)

**Тема:** «Обработка результатов измерений».

### 1.10.2 Вопросы лекции:

1. Показатели точности измерений
2. Представление результатов измерений
3. Вычисление значения измеряемой величины
4. Процедура оценивания погрешности
5. Оценивание погрешности при однократных измерениях

### 1.10.3 Краткое содержание вопросов

#### 1. Показатели точности измерений

**Результат измерения** – числовое значение, приписываемое измеряемой величине, с указанием точности измерения.

**Численные показатели точности:**

- доверительный интервал (доверительные границы) погрешности  $\Delta_P$ ;
- оценка СКО погрешности  $S$ .

Правила выражения показателей точности:

- численные показатели точности выражаются в единицах измеряемой величины;
- численные показатели точности должны содержать не более двух значащих цифр
- наименьшие разряды результата измерения и численных показателей точности должны быть одинаковыми.

### 2.Представление результатов измерений

Результат измерения:

$$X = \tilde{X}, \Delta = \pm \Delta_P \quad \text{или} \quad X = \tilde{X} \pm \Delta_P$$

Пример:

$$U = 105,0 \text{ B}, \Delta_{0,95} = \pm 1,5 \text{ B} \text{ или } U = 105,0 \pm 1,5 \text{ B}.$$

### 3.Вычисление значения измеряемой величины

Пусть модель объекта (измеряемой величины)

$$X = f(X_1, X_2, \dots, X_m) - \Delta_{mem};$$

при измерениях получены результаты наблюдений  $X_{ij}$ ,

где  $i = 1, \dots, m$  – количество прямо измеряемых входных величин;

$j = 1, \dots, n$  – число наблюдений каждой входной величины.

Порядок нахождения  $\tilde{X}$ :

- 1) исключение известных систематических погрешностей путем введения поправок  $\Delta_{cij}$  :

$$X'_{ij} = X_{ij} - \Delta_{cij};$$

- 2) оценка равноточности измерений (исключение грубых погрешностей)  
– по критерию Смирнова или критерию Райта;

- 3) вычисление среднего арифметического каждой входной величины:

$$\tilde{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^n X'_{ij}}{n};$$

- 4) вычисление значения измеряемой величины:

$$\tilde{X} = f(\tilde{X}_1 \dots \tilde{X}_m) - \Delta_{mem}.$$

При связанных входных величинах сначала вычисляют ряд  $X'_j = f(X'_{1j}, \dots, X'_{mj}) - \Delta_{mem}$ , а затем  $\tilde{X} = \sum X'_j / n$ .

#### 4. Процедура оценивания погрешности

1) вычисление оценок СКО

– выходных величин:

$$S(\tilde{X}_i) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - \tilde{X}_i)^2}{n(n-1)}};$$

– результата измерения:

$$S(X) = \sqrt{\sum_1^m \left[ \frac{\partial f}{\partial X_i} S(\tilde{X}_i) \right]^2};$$

2) определение доверительных границ случайной составляющей погрешности:

$$\overset{\circ}{\Delta}_P = t_P(v) S(X),$$

$t_P(v)$  – квантиль распределения Стьюдента для заданной  $P_\partial$  при числе степеней свободы  $v = n - 1$ .

3) вычисление границ и СКО неисключенной систематической составляющей погрешности:

$$\Delta_{hc} = k \sqrt{\sum_1^m \left( \frac{\partial f}{\partial X_i} \Delta_{hci} \right)^2}, \quad S_{hc} = \frac{\Delta_{hc}}{\sqrt{3} k},$$

$k = 1,1$  при  $P_\partial = 0,95$ ;

$\Delta_{hci}$  определяется по имеющейся информации;

4) вычисление СКО суммарной погрешности:

$$S_\Sigma = \sqrt{S^2 + S_{hc}^2};$$

5) оценка погрешности измерения

– если  $\Delta_{hc}/S(X) < 0,8$ , то  $\overset{\circ}{\Delta}_P = \overset{\circ}{\Delta}_P$ ;

– если  $\Delta_{hc}/S(X) > 8$ , то  $\overset{\circ}{\Delta}_P = \Delta_{hc}$ ;

– если  $0,8 \leq \Delta_{hc}/S(X) \leq 8$ , то  $\overset{\circ}{\Delta}_P = \frac{\overset{\circ}{\Delta}_P + \Delta_{hc}}{S(X) + S_{hc}} S_\Sigma$ .

6) интерпретация полученных результатов:

• интервал  $(\tilde{X} - \Delta_P, \tilde{X} + \Delta_P)$  с вероятностью  $P_\partial$  содержит истинное значение измеряемой величины.

•

#### 5. Оценивание погрешности при однократных измерениях

1) **прямые измерения** ( $i = 1, j = 1$ )

$$X = \tilde{X} \pm \Delta_p$$

$$\tilde{X} = X_{uzm} - \Delta_c; \quad \Delta_p = \Delta_{\max},$$

( $\Delta_{\max}$  находится через класс точности прибора).

**Пример 1:**  $U_{h1} = 150$  В,  $K_1 = 1,0$ ;  $U_{h2} = 200$  В,  $K_2 = 1,0/0,5$ . Запишите результаты измерения напряжения при показаниях вольтметров  $U_{uzm} = 75$  В.

**Решение:**

$$\Delta_{\max 1} = \frac{K_1 U_{h1}}{100\%} = \frac{1,0 \cdot 150}{100} = 1,5 \text{ В};$$

$$U = 75,0 \pm 1,5 \text{ В}.$$

$$2) \text{ косвенные измерения} \quad \delta_{\max 2} = c + d \left( \frac{U_{h2}}{U} - 1 \right) = 1,0 + 0,5 \left( \frac{200}{75} - 1 \right) = 1,8 \%$$

**нныe измерения**

$$\begin{aligned} & ; \\ (i = 1, 2, \dots, m, j = 1) \quad \Delta_{\max 2} & = \frac{\delta_{\max 2} U}{100\%} = \frac{1,8 \cdot 75}{100} = 1,4 \text{ В}; \\ m, j = 1 & = U = 75,0 \pm 1,4 \text{ В}. \end{aligned}$$

1)

$$X = \tilde{X} \pm \Delta_p$$

$$\tilde{X} = f(\tilde{X}_1 \dots \tilde{X}_m) - \Delta_{mem}.$$

$$\Delta_p = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left( \frac{\partial f}{\partial X_i} \Delta_{\max i} \right)^2};$$

- если  $X = \sum X_i$ , то  $\Delta_p = \sqrt{\sum_{i=1}^m \Delta_{\max i}^2}$ ;

- если  $X = \frac{X_1 \dots X_\ell}{X_{\ell+1} \dots X_m}$ , то

$$\delta(X) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \delta_{\max i}^2}; \quad \Delta_p = \frac{\delta(X)X}{100\%};$$

- если  $X = kY$ , то  $\Delta(X) = k\Delta(Y)_{\max}$ ;

- если  $X = Y^n$ , то  $\Delta(X) = n\Delta(Y)_{\max}$

$$\Delta(X) = nY^{n-1}\Delta(Y)_{\max}$$

( $\Delta_{\max}$  и  $\delta_{\max}$  вычисляются через класс точности).

**Пример 2:** Мощность симметричной трехфазной нагрузки измеряется одним ваттметром. Определите результат измерения, если показание ваттметра 600 Вт, предел измерения 750 Вт, класс точности 0,5.

Решение:  $P = \tilde{P} \pm \Delta_P; \quad \tilde{P} = 3P_\phi = 1800 \text{ Вт};$

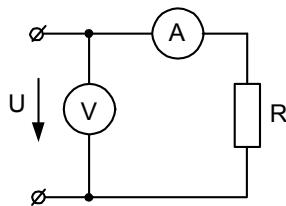
$$\Delta_{\max} = \frac{KP_\mu}{100\%} = \frac{0,5 \cdot 750}{100} = 3,75 \text{ Вт}; \quad \Delta_P = 3\Delta_{\max} = 11 \text{ Вт};$$

Результат измерения:  $P = 1800 \pm 11 \text{ Вт}.$

**Пример 3:**

Найдите результат измерения сопротивления в схеме при показаниях приборов  $U_{u3m} = 100 \text{ В}$ ,  $I_{u3m} = 1 \text{ А}$ ,

если  $U_h = 200 \text{ В}$ ,  $K_V = 1,0/0,5$ ,  $R_V = 10 \text{ кОм}$ ;  
 $I_h = 2 \text{ А}$ ,  $K_A = 1,0$ ,  $R_A = 1 \text{ Ом}$ .



Решение:  $\Delta_{mem} = R_A = 1 \text{ Ом};$

$$\tilde{R} = \frac{U_{u3m}}{I_{u3m}} - \Delta_{mem} = \frac{100}{1} - 1 = 99 \text{ Ом};$$

$$\delta_I = \frac{K_1 I_h}{I_{u3m}} = \frac{1,0 \cdot 2}{1} = 2,0\%; \quad \delta_U = c + d \left( \frac{U_h}{U} - 1 \right) = 1,0 + 0,5 \left( \frac{200}{100} - 1 \right) = 1,5\%;$$

$$\delta_R = \sqrt{\delta_U^2 + \delta_I^2} = \sqrt{1,5^2 + 2,0^2} = 2,5\%;$$

$$\Delta R = \frac{\delta_R R_N}{100\%} = \frac{2,5 \cdot 99}{100} = 2,5 \text{ Ом};$$

Результат измерения:  $R = 99,0 \pm 2,5 \text{ Ом}.$

**Пример 4:**

Переменная составляющая несинусоидального напряжения определяется по показаниям электромагнитного и магнитоэлектрического вольтметров: 50 В и 40 В соответственно.

Найдите результат измерения при условиях:  $U_{h1} = 100 \text{ В}$ ,  $K_1 = 0,5$ ;  $U_{h2} = 50 \text{ В}$ ,  $K_2 = 0,5$ .

$$\tilde{U}_\sim = \sqrt{U^2 - U_0^2} = \sqrt{50^2 - 40^2} = 30 \text{ В};$$

Решение:

$$\Delta_{U_{\max}} = \frac{K_1 U_{h1}}{100\%} = \frac{0,5 \cdot 100}{100} = 0,5 \text{ В}; \quad \Delta_{U_0_{\max}} = \frac{K_2 U_{h2}}{100\%} = \frac{0,5 \cdot 50}{100\%} = 0,25 \text{ В};$$

$$\Delta_P = \sqrt{\left( \frac{\partial U}{\partial U_\sim} \Delta_{U_{\max}} \right)^2 + \left( \frac{\partial U_0}{\partial U_\sim} \Delta_{U_0_{\max}} \right)^2} = \sqrt{\frac{U^2 \Delta_{U_{\max}}^2 + U_0^2 \Delta_{U_0_{\max}}^2}{U^2 - U_0^2}} = \sqrt{\frac{(50 \cdot 0,5)^2 + (40 \cdot 0,25)^2}{50^2 - 40^2}} = 1,6 \text{ В};$$

Результат измерения:  $U_\sim = 30,0 \pm 1,6 \text{ В}.$

## Лекция № 12 (2 часа)

Тема: «Средства измерений».

### 1 Вопросы лекции:

1. Основные понятия, связанные с объектами и средствами измерения (СИ).
2. Классификация средств измерений

### 2 Литература.

#### 2.1 Основная литература

2.1.1. Леонов О.А., Карпузов В.В., Шкаруба Н.Ж., Кисенков Н.Е. Метрология, стандартизация и сертификация/Под ред. О.А. Леонов.-М.: КолосС, 2009.-568с.:ил.- (Учебники и учеб.пособия для студентов высш.учеб. заведений).

#### 2.2.2 Дополнительная литература

1. Лифиц И.М. Основы стандартизации, метрологии, сертификации: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2001. – 268 с.

2. Радкевич Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация: Учеб. Для вузов/Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе, Б.И. Лактионов.-3-е изд. Перераб. и доп.- М.: Высш.шк., 2007.-791с.:ил.

3. Гончаров А.А. Метрология, стандартизация и сертификация. Учебное пособие для студ. Высш.учеб.заведений/ А.А. Гончаров, В.Д. Копылов. –М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 240 с.

### 1. Основные понятия, связанные с объектами и средствами измерения (СИ).

**Измерительная техника** – это практическая, прикладная область метрологии.

**Средство измерений** — техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

Законом РФ «Об обеспечении единства измерений» средство измерений определено как техническое средство, предназначенное для измерений.

### 2. Классификация средств измерений

По техническому назначению:

- **мера физической величины** — средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью;
- **измерительный прибор** — средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне;
- **измерительный преобразователь** — техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи;
- **измерительная установка (измерительная машина)** — совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенная для измерений одной или нескольких физических величин и расположенная в одном месте
- **измерительная система** — совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта и т. п. с целью измерений

одной или нескольких физических величин, свойственных этому объекту, и выработки измерительных сигналов в разных целях;

- измерительно-вычислительный комплекс — функционально объединенная совокупность средств измерений, ЭВМ и вспомогательных устройств, предназначенная для выполнения в составе измерительной системы конкретной измерительной задачи.

По степени автоматизации:

- автоматические;
- автоматизированные;
- ручные.

По стандартизации средств измерений:

- стандартизированные;
- нестандартизованные.

По положению в проверочной схеме:

- эталоны;
- рабочие средства измерений.

По значимости измеряемой физической величины:

- основные средства измерений той физической величины, значение которой необходимо получить в соответствии с измерительной задачей;
- вспомогательные средства измерений той физической величины, влияние которой на основное средство измерений или объект измерений необходимо учитывать для получения результатов измерений требуемой точности.

По измерительным физико-химическим параметрам:

- для измерения температуры;
- давления;
- расхода и количества;
- концентрации раствора;
- для измерения уровня и др.

## 1.11 Лекция № 13,14 (4 часа)

Тема: «Параметры средств измерений».

### 1.11.2 Вопросы лекции:

- Классы точности средств измерений
- Выбор средств измерений

### 1.11.3 Краткое содержание вопросов

#### 1.Классы точности

**Класс точности** – нормированная метрологическая характеристика средства измерения, определяемая пределами допускаемых погрешностей, а также другими свойствами, влияющими на точность.

Приборы с  $\Delta_{ao} > \Delta_{макс}$

$$\Delta \approx \pm a = const; \delta = \pm \frac{a}{X} = var; \gamma = \pm \frac{a}{X} 100\% = const.$$

Класс точности:

$$K = |\gamma_{\max}|$$

Пример обозначения: 1,0

Расчетные формулы:  $\Delta_{\max} = \frac{K X_h}{100\%}$ ;  $\delta_{\max} = \frac{K X_h}{X}$ .

Пример 1: Предел измерения амперметра 10 A, класс точности 0,5. Определите абсолютную и относительную погрешности измерения тока 5 A.

Решение:

$$\Delta_{\max} = \frac{K X_h}{100\%} = \frac{0,5 \cdot 10}{100\%} = 0,05 \text{ A};$$

$$\delta_{\max} = \frac{K X_h}{X} = \frac{0,5 \cdot 10}{5} = 1 \text{ \%}.$$

У приборов с резко неравномерной шкалой  $X_h = l_{\text{полн}}$ .

Класс точности:

$$K = |\gamma_{\max}|$$

Пример обозначения:

1,0

Приборы с  $\Delta_{\max} >> \Delta_{ad}$

$$\Delta \approx \pm bX = var; \delta \approx \pm b = const;$$

Класс точности:

$$K = |\delta_{\max}|$$

Пример обозначения: (1,0)

Расчетная формула:  $\Delta_{\max} = \frac{K X}{100\%}$ ;

Пример 2: Счетчик электрической энергии зарегистрировал расход энергии 200 кВт-час.

Определите абсолютную погрешность измерения энергии, если класс точности счетчика

(2,5)

$$\delta_{\max 1} = \frac{K_1 X_{h1}}{X} = \frac{0,5 \cdot 750}{500} = 0,75\%.$$

Решение:  $\Delta_{\max} = \frac{K X}{100\%} = \frac{2,5 \cdot 200}{100} = 5 \text{ кВт-час}$ .

Приборы с  $\Delta_{ad} \sim \Delta_{\max}$

$$\Delta = \pm(a + bX) = var; \quad \delta = \pm \frac{a + bX}{X} = var;$$

Класс точности:

$$K = c/d$$

Пример обозначения: 1,0/0,5

$$\delta_{\max} = c + d \left( \frac{X_h}{X} - 1 \right)$$

Расчетная формула:  $\Delta_{\max} = \frac{\delta X}{100\%} = \frac{dX_h + (c - d)X}{100\%}$ .

Пример 3:  $U_h = 50B$ ;  $K_V = 0,5/0,2$ ;  $U_{u3m} = 20B$ .  
 $\Delta, \delta, \gamma = ?$

Решение:

$$\delta_{\max} = c + d \left( \frac{X_h}{X_{u3m}} - 1 \right) = 0,5 + 0,2 \left( \frac{50}{20} - 1 \right) = 0,8\%;$$

$$\Delta_{\max} = \frac{\delta X}{100\%} = \frac{0,8 \cdot 20}{100} = 0,16 B.$$

Пример 4:  $W_{h1} = 750Bm$ ;  $K_1 = 0,5$ ;  $W_{h2} = 1000Bm$ ,  $K_2 = 0,5/0,1$ ;  
 Выбрать прибор, обеспечивающий меньшую погрешность измерения  
 мощности 500 Bm.

Решение:

Меньшую погрешность дает второй вольтметр.

$$\delta_{\max 2} = c + d \left( \frac{X_{h2}}{X_{u3m}} - 1 \right) = 0,5 + 0,1 \left( \frac{1000}{500} - 1 \right) = 0,6\%;$$

## 2. Выбор средств измерения

Правильный выбор средств измерения не только обеспечивает требуемую точность изготовления детали, но и ускоряет процесс измерений, сокращает время обработки и сборки и, следовательно, уменьшает себестоимость выпускаемой продукции.

Конкретное СИ выбирают таким, чтобы предельная погрешность измерения  $\Delta_{\lim}$  не превышала установленную допускаемую погрешность измерения  $\Delta$ , т. е.

$$\Delta_{\lim} \leq \delta_{u3m}$$

При отсутствии рекомендаций в НТД допуск на измерение принимают

$$\delta_{u3m} = 0,33T$$

Где Т- допуск контролируемого параметра.

Исходными данными для выбора средств измерений являются указанные в конструкторской (технологической) документации наименьшие и наибольшие размеры физической величины или допуск.

Допуск относительно номинального размера может располагаться односторонне, симметрично и ассиметрично. Его расположение относительно номинального размера на выбор СИ не влияет. Действительные размеры измеряемой величины могут изменяться по различному закону.

В соответствии с исходными данными определяют допускаемые значения основной абсолютной, относительной или приведенной погрешностей средства измерений(или измерительной системы); назначают требования к габаритным размерам, массе, соединительным элементам, особенностям конструкции данного средства измерения; рассчитывают значения нижнего и верхнего пределов(диапазона) средства измерения

$$H_{\partial u} \prec \Pi_{\min} - \delta_{\text{изм}}$$

где  $H_{\partial u}$  - значение нижнего предела рабочей части шкалы(диапазона);

$\Pi_{\min}$  - наименьшее значение измеряемой величины.

Верхний предел рабочей части шкалы

$$B_{\partial u} \succ \Pi_{\max} + \delta_{\text{изм}}$$

где  $B_{\partial u}$  - значение верхнего предела рабочей части шкалы (диапазона);

$\Pi_{\max}$  - наиболее предельное значение измеряемой величины.

Выбор пределов ( $H_{\partial u} \text{ и } B_{\partial u}$ ) рабочей части шкалы средства измерения вызван необходимостью исключить возможное внесение в результаты измерения ошибок в случае, когда истинные значения измеряемой величины близки к граничным значениям рабочей части шкалы.

Влияние точности контролируемых параметров на результаты разбраковки выражается через относительную величину

$$\frac{T}{\sigma_{\text{текс}}}.$$

При этом точность технологического процесса изготовления влияет на параметры разбраковки в большей мере, чем погрешность измерения. Чем точнее технологический процесс, тем меньше неправильна принятых и неправильно забракованных изделий. При рассеянии размеров в пределах допуска параметры разбраковки будут равны нулю, и приемочный контроль в этом случае можно не проводить. Однако повышение точности технологического процесса приводит к увеличению стоимости изделий, что в практике изготовления и восстановления деталей применяют редко.

## 1.12.Лекция № 15 (2 часа)

**Тема:** «Метрологическая аттестация средств измерения».

### 1.12.2 1Вопросы лекции:

1. Государственный метрологический контроль и надзор
- 2.Проверка средств измерения.
3. Калибровка средств измерения.

### 1.12.3 Краткое содержание вопросов

#### 1. Государственный метрологический контроль и надзор

Государственный метрологический контроль и надзор (ГМКиН) обеспечивается Государственной метрологической службой для проверки соответствия нормам законодательной метрологии, утвержденным Законом РФ «Об обеспечении единства измерений», государственными стандартами и другими нормативными документами.

**Государственный метрологический контроль и надзор распространяется на:**

- 1) средства измерений;
- 2) эталоны величин;
- 3) методы проведения измерений;
- 4) качество товаров и другие объекты, утвержденные законодательной метрологией.

**Область применения Государственного метрологического контроля и надзора распространяется на:**

- 1) здравоохранение;
- 2) ветеринарную практику;
- 3) охрану окружающей среды;
- 4) торговлю;
- 5) расчеты между экономическими агентами;
- 6) учетные операции, осуществляемые государством;
- 7) обороноспособность государства;
- 8) геодезические работы;
- 9) гидрометеорологические работы;
- 10) банковские операции;
- 11) налоговые операции;
- 12) таможенные операции;
- 13) почтовые операции;
- 14) продукцию, поставки которой осуществляются по государственным контрактам;
- 15) проверку и контроль качества продукции на выполнение обязательных требований государственных стандартов Российской Федерации;
- 16) измерения, которые осуществляются по запросам судебных органов, прокуратуры и других государственных органов;
- 17) регистрацию спортивных рекордов государственного и международного масштабов.

Необходимо отметить, что неточность и недостоверность измерений в непроизводственных сферах, таких как здравоохранение, могут повлечь за собой серьезные последствия и угрозу безопасности. Неточность и недостоверность измерений в сфере торговых и банковских операций, например, могут вызвать огромные финансовые потери как отдельных граждан, так и государства.

**Объектами Государственного метрологического контроля и надзора могут являться, например, следующие средства измерений:**

- 1) приборы для измерения кровяного давления;
- 2) медицинские термометры;
- 3) приборы для определения уровня радиации;
- 4) устройства для определения концентрации окиси углерода в выхлопных газах автомобилей;
- 5) средства измерений, предназначенные для контроля качества товара.

В Законе Российской Федерации установлено три вида государственного метрологического контроля и три вида государственного метрологического надзора.

**Виды государственного метрологического контроля:**

- 1) определение типа средств измерений;
- 2) поверка средств измерений;
- 3) лицензирование юридических и физических лиц, занимающихся производством и ремонтом средств измерений. Виды государственного метрологического надзора:

**Виды государственного метрологического надзора:**

- 1) за изготовлением, состоянием и эксплуатацией средств измерений, аттестованными методами выполнения измерений, эталонами единиц физических величин, выполнением метрологических правил и норм;
- 2) за количеством товаров, которые отчуждаются в процессе торговых операций;
- 3) за количеством товаров, расфасованных в упаковки любого вида, в процессе их фасовки и продажи.

**2.Поверка средств измерения.**

Совокупность операций, выполняемых органами государственной метрологической службы (другими уполномоченными на то органами, организациями) с целью определения и подтверждения соответствия средства измерений установленным техническим требованиям, - **проверка средств измерений.**

Средства измерений, подлежащие метрологическому контролю и надзору, подвергаются поверке при выпуске из производства или ремонта, при ввозе по импорту, при продаже и выдаче на прокат, а также при эксплуатации.

Правилами ПР 50.2.006-94 "ГСИ. Проверка средств измерений. Организация и порядок проведения" установлено, что поверку средств измерений осуществляют органы государственной метрологической службы (ГМС), государственные научные метрологические центры (ГНМЦ), а также аккредитованные метрологические службы юридических лиц.

Проверку проводит физическое лицо, аттестованное в качестве поверителя в соответствии с правилами ПР 50.2.012-94 "ГСИ. Порядок аттестации поверителей средств измерений", по нормативным документам, утверждаемым по результатам испытаний с целью утверждения их типа. Если средство измерений по результатам поверки признано пригодным к применению, то на него и (или) техническую документацию наносится оттиск поверительного клейма и (или) выдается свидетельство о поверке. Если по результатам поверки средство измерений признано не пригодным к применению, оттиск поверительного клейма и (или) "Свидетельство о поверке" аннулируются и выписывают извещение о непригодности или делается соответствующая запись в технической документации.

**Существуют следующие виды поверок:**

**Первичная поверка** - проводится для средств измерений утвержденных типов при выпуске их из производства, после ремонта, при ввозе из-за границы. При утверждении типа средств измерений единичного производства на каждое из них оформляется сертификат об утверждении типа; первичную поверку данные средства измерений не проходят.

**Периодическую поверку** проводят для средств измерений, находящихся в эксплуатации, через определённые межповерочные интервалы. Необходимость поверки обусловлена возможностью утраты измерительным средством метрологических показателей из-за временных и других воздействий.

**Внеочередную поверку** проводят: при необходимости подтверждения пригодности средства измерений к применению; в случае применения средства измерений, в качестве комплектующего по истечении половины межповерочного интервала; в случае повреждения клейма или утери свидетельства о поверке; при вводе в эксплуатацию после длительной консервации (более одного межповерочного интервала); при отправке средств измерений потребителю после истечения половины межповерочного интервала.

**Экспертную поверку** проводят при возникновении разногласий по вопросам, относящимся к метрологическим характеристикам, исправности средств измерений и пригодности их к применению.

**Инспекционную поверку** выполняют в рамках государственного надзора или ведомственного контроля, для контроля качества первичных или периодических поверок и определения пригодности средств измерений к применению.

### **3. Калибровка средств измерений**

В Российской Федерации возникла необходимость поиска новых форм организации метрологической деятельности, которые соответствовали бы рыночным отношениям в экономике. Одной из таких форм является организация Российской системы калибровки (РСК), схема которой приведена на слайде 3.

Средств измерений на предмет их пригодности к применению в мировой практике осуществляется двумя основными видами: поверкой и калибровкой.

**Калибровка средства измерений** - это совокупность операций, выполняемых калибровочной лабораторией с целью определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик и (или) пригодности средства измерений к применению в сферах, не подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору в соответствии с установленными требованиями.

Результаты калибровки средств измерений удостоверяются калибровочным знаком, наносимым на средства измерений, или сертификатом о калибровке, а также записью в эксплуатационных документах.

Поверку (обязательная госповерка) может выполнять, как правило, орган государственной метрологической службы, а калибровку - любая аккредитованная и неаккредитованная организация.

Проверка обязательна для средств измерений, применяемых в сферах, подлежащих Государственному метрологическому контролю (ГМК), калибровка же - процедура добровольная, поскольку относится к средствам измерений, не подлежащим ГМК. Предприятие вправе самостоятельно решать вопрос о выборе форм и режимов контроля состояния средств измерений, за исключением тех областей применения средств измерений, за которыми государства всего мира устанавливают свой контроль - это здравоохранение, безопасность труда, экология и др.

Освободившись от государственного контроля, предприятия попадают под не менее жёсткий контроль рынка. Это означает, что свобода выбора предприятия по "метрологическому поведению" является относительной, все равно необходимо соблюдать метрологические правила. В развитых странах устанавливает и контролирует исполнение этих правил негосударственная организация, именуемая "национальной калибровочной службой". Эта служба берёт на себя функции регулирования и разрешения вопросов, связанных со средствами измерений, не подпадающими под контроль государственных метрологических служб.

Желание иметь конкурентоспособную продукцию побуждает предприятия иметь измерительные средства, дающие достоверные результаты.

Внедрение системы сертификации продукции дополнительно стимулирует поддержание измерительных средств на соответствующем уровне. Это согласуется с требованиями систем качества, регламентируемыми стандартами ИСО серии 9000.

Построение Российской системы калибровки (РСК) основывается на следующих принципах: добровольность вступления; обязательность получения размеров единиц от государственных эталонов; профессионализм и компетентность персонала; самоокупаемость и самофинансирование.

Основное звено РСК - калибровочная лаборатория. Она представляет собой самостоятельное предприятие или подразделение, или подразделение в составе метрологической службы предприятия, которое может осуществлять калибровку средств измерений для собственных нужд или для сторонних организаций. Если калибровка проводится для сторонних организаций, то калибровочная лаборатория должна быть аккредитована органом РСК. Аккредитацию осуществляют государственные научные метрологические центры или органы Государственной метрологической службы в соответствии со своей компетенцией и требованиями, установленными в ГОСТе 51000.2-95 "Общие требования к аккредитующему органу".

Порядок аккредитации метрологической службы утвержден постановлением Госстандarta РФ от 28 декабря 1995 г. N 95 "Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право проведения калибровочных работ".

**Методы поверки (калибровки) и поверочные схемы.** Допускается применение четырех методов поверки (калибровки) средств измерений: непосредственное сличение с эталоном; сличение с помощью компаратора; прямые измерения величины; косвенные измерения величины.

**Метод непосредственного сличения** поверяемого (калибруемого) средства измерения с эталоном соответствующего разряда широко применяется для различных средств измерений в таких областях, как электрические и магнитные измерения, для определения напряжения, частоты и силы тока. В основе метода лежит проведение одновременных измерений одной и той же физической величины поверяемым (калибруемым) и эталонным приборами. Достоинства этого метода в его простоте, наглядности, возможности применения автоматической поверки (калибровки), отсутствии потребности в сложном оборудовании.

**Метод сличения с помощью компаратора** основан на использовании прибора сравнения, с помощью которого сличаются поверяемое (калибруемое) и эталонное средства измерения. Достоинством данного метода специалисты считают последовательное во времени сравнение двух величин.

**Метод прямых измерений** применяют, когда имеется возможность сличить испытуемый прибор с эталонным в определенных пределах измерений. В целом этот метод аналогичен методу непосредственного сличения, но методом прямых измерений производится сличение на всех числовых отметках каждого диапазона (и поддиапазонов, если они имеются в приборе). Метод прямых измерений применяют, например, для поверки или калибровки вольтметров постоянного электрического тока.

**Метод косвенных измерений** используется, когда действительные значения измеряемых величин невозможно определить прямыми измерениями либо когда косвенные измерения оказываются более точными, чем прямые. Этим методом определяют вначале не искомую характеристику, а другие, связанные с ней определенной зависимостью. Искомую характеристику рассчитывают.

Для обеспечения правильной передачи размеров единиц измерения от эталона к рабочим средствам измерения составляют поверочные схемы, устанавливающие метрологические соподчинения государственного эталона, разрядных эталонов и рабочих средств измерений.

Схемы передачи информации о размерах единиц при их централизованном воспроизведении называют поверочными.

**Поверочная схема** - это утвержденный в установленном порядке документ, регламентирующий средства, методы и точность передачи размера единицы физической величины от государственного эталона или исходного образцового средства измерений рабочим средствам измерений.

Поверочная схема может быть: государственной и локальной.

**Государственная поверочная схема** устанавливает передачу информации о размере единицы в масштабах страны. Она возглавляется государственными или специальными эталонами.

**Локальные поверочные схемы** в отличие от государственных поверочных разрабатываются метрологическими службами предприятия и организации.

Рассмотрим в общем виде содержание государственной поверочной схемы. Наименование эталонов и рабочих средств измерений обычно располагают в прямоугольниках (для государственного эталона прямоугольник двухконтурный). Здесь же указывают метрологические характеристики для данной ступени схемы. В нижней части схемы расположены рабочие средства измерений, которые в зависимости от их степени точности (т.е. погрешности измерений) подразделяют на пять категорий: наивысшей, высшей, высокой, средней, низшей. Наивысшая точность обычно соизмерима со степенью погрешности средства измерения государственного эталона. В каждой ступени поверочной схемы регламентируется порядок (метод) передачи размера единицы. Наименования методов поверки (калибровки) располагаются в овалах, в которых также указывается допускаемая погрешность метода поверки (калибровки).

### **1.13 Лекция № 16 (2 часа)**

**Тема:** «Обеспечение единства измерений»

#### **1.13.2 Вопросы лекции:**

- 1.Национальный орган РФ по метрологии.
- 2.Метрологические службы и организации

#### **1.13.3 Краткое содержание вопросов**

##### **1.Национальный орган РФ по метрологии.**

Национальный орган по метрологии – это Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (РОССТАНДАРТ), которое входит в систему федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации и находится в ведении Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации; образовано в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 20 мая 2004 г. №649 «Вопросы структуры федеральных органов исполнительной власти».

РОССТАНДАРТ является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг, управлению государственным имуществом в сфере технического регулирования и метрологии. Оно осуществляет лицензирование деятельности по изготовлению и ремонту средств измерений, а также функции по государственному метрологическому контролю и надзору, а также контроль и надзор за соблюдением обязательных требований государственных стандартов и технических регламентов.

##### **2.Метрологические службы и организации**

РОССТАНДАРТ осуществляет свою деятельность непосредственно через свои территориальные органы и через подведомственные организации .

РОССТАНДАРТ осуществляет руководство Государственной метрологической службой(ГМС), которая несёт ответственность за метрологическое обеспечение измерений в стране на межотраслевом уровне, и государственный метрологический контроль и надзор.

В состав ГМС входят:

Государственные научные метрологические центры(ГНМЦ), метрологические научно-исследовательские институты, несущие в соответствии с законодательством ответственность за создание, хранение и применение государственных эталонов, а также за разработку нормативных документов по обеспечению единства измерений в закреплённом виде измерений.

Основная деятельность органов ГМС направлена на обеспечение единства измерений в стране. Она включает создание государственных и вторичных эталонов, разработку систем

передачи размеров единиц ФВ рабочим СИ, государственный надзор за производством, состоянием, применением, ремонтом СИ, метрологическую экспертизу документации и важнейших видов продукции, методическое руководство МС юридических лиц;

Органы Государственной метрологической службы на территории республик в составе Российской Федерации, автономной области, автономных округов, краев, областей, городов Москвы и Санкт-Петербурга.

ГМС взаимодействует с другими государственными службами по обеспечению единства измерений, а именно:

Государственная служба времени и частоты и определения параметров вращения Земли(ГСВЧ)- сеть организаций, ответственных за воспроизведение и хранение единиц времени и частоты и передачу их размеров, а также за обеспечение потребителей в народном хозяйстве информацией о точном времени, за выполнение измерений времени и частоты в установленных единицах и шкалах;

Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов(ГССО)- сеть организаций, ответственных за создание и внедрение стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов с целью обеспечения единства измерений;

Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов(ГССД)-сеть организаций, ответственных за получение и информационное обеспечение заинтересованных лиц данными о физических константах и свойствах веществ и материалов, основанных на исследованиях и высокочастотных измерениях.

## **1.14.Лекция № 17 (2 часа)**

**Тема:** «Единства измерений»

### **1.14.2 Вопросы лекции:**

- 1.Правовые основы единства измерений.
- 2.Основные положения закона РФ «Об обеспечении единства измерения».

### **1.14.3 Краткое содержание вопросов**

#### **1.Правовые основы единства измерений.**

Правовой основой обеспечения единства измерений служит законодательная метрология, которая представляет собой свод государственных актов и нормативно-технических документов различного уровня, регламентирующих метрологические правила, требования и нормы.

**Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ)** – комплекс установленных стандартами взаимоувязанных правил, положений, требований и норм, определяющих организацию и методику проведения работ по оценке и обеспечению точности измерений.

#### **Технической основой ГСИ являются:**

1. Система (совокупность) государственных эталонов единиц и шкал физических величин - эталонная база страны.
2. Система передачи размеров единиц и шкал физических величин от эталонов ко всем СИ с помощью эталонов и других средств поверки.
3. Система разработки, постановки на производство и выпуска в обращение рабочих СИ, обеспечивающих исследования, разработки, определение с требуемой точностью характеристик продукции, технологических процессов и других объектов.
4. Система государственных испытаний СИ (утверждение типа СИ), предназначенных для серийного или массового производства и ввоза из-за границы партиями.
5. Система поверки и калибровки СИ.
6. Система стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов.

7. Система стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов.

## **2.Основные положения ФЗ РФ «Об обеспечение единства измерений».**

В1993 г. принят Закон РФ «Об обеспечении единства измерений». До того, по существу, не было законодательных норм в области метрологии. Правовые нормы устанавливались постановлением Правительства (№ 273 от 04.04.83), и действовала централизованная система управления государственными и ведомственными метрологическими службами. По сравнению с положениями этих постановлений Закон установил немало нововведений – от терминологии до лицензирования метрологической деятельности в стране.

Рассмотрим основные положения Закона «Об обеспечении единства измерений».

### **Цели Закона состоят в следующем:**

- защита прав и законных интересов граждан, установленного правопорядка и экономики Российской Федерации от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений;
- содействие научно-техническому и экономическому прогрессу на основе применения государственных эталонов единиц величин и использования результатов измерений гарантированной точности, выраженных в допускаемых к применению в стране единицах;
- создание благоприятных условий для развития международных и межфирменных связей;
- регулирование отношений государственных органов управления РФ с юридическими и физическими лицами по вопросам изготовления, выпуска, эксплуатации, ремонта, продажи и импорта средств измерений;
- адаптация российской системы измерений к мировой практике.

### **Основные статьи Закона устанавливают:**

- организационную структуру государственного управления обеспечением единства измерений;
- нормативные документы по обеспечению единства измерений;
- единицы величин и государственные эталоны единиц величин;
- средства и методики измерений.

Закон «Об обеспечении единства измерений» укрепляет правовую базу для международного сотрудничества в области метрологии, принципами которого являются:

- поддержка приоритетов международных договорных обязательств;
- содействие процессам присоединения России к ВТО;
- сохранение авторитета российской метрологической школы в международных организациях;
- создание условие для взаимного признания результатов испытаний, поверок и калибровок в целях устранения технических барьеров в двухсторонних и многосторонних внешнеэкономических отношениях.

## **1.15.Лекция № 18 (2 часа)**

**Тема:** «Метрологическое обеспечение»

### **1.15.2 Вопросы лекции:**

- 1.Обеспечение единства измерений
- 2.Организационные, научные основы метрологического обеспечения с.х. предприятий.

### **1.15.3 Краткое содержание вопросов**

#### **1.Обеспечение единства измерений**

Единство измерений означает, что результаты измерений выражены в узаконенных единицах, а погрешности известны с заданной вероятностью.

Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ) – комплекс государственных стандартов, устанавливающих правила, требования и нормы по организации и методике оценивания и обеспечения точности измерений.

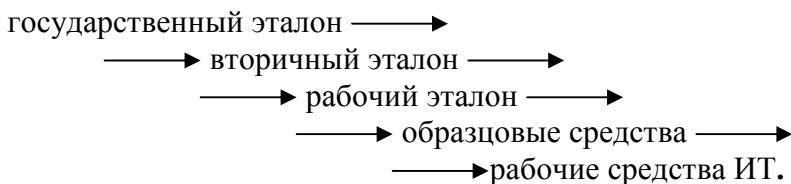
Основные положения ГСИ:

- результаты измерений должны выражаться в принятой системе единиц (системе СИ);
- форма представления результатов измерений должна содержать показатели точности;
- средства ИТ подлежат испытаниям при выпуске и обязательной поверке при эксплуатации.

Поверка – установление соответствия средств ИТ нормативным техническим требованиям.

Цель поверки – определение погрешностей и других метрологических характеристик, регламентированных ТУ.

Поверочные схемы для передачи размера единицы физической величины:



## **2.Организационные, научные основы метрологического обеспечения предприятий.**

Под метрологическим обеспечением (МО) понимается установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений. Основной тенденцией в развитии МО является переход от существовавшей ранее сравнительно узкой задачи обеспечения единства и требуемой точности измерений к принципиально новой задаче обеспечения качества измерений. Качество измерений- понятие более широкое, чем точность измерений. Оно характеризует совокупность свойств СИ, обеспечивающих получение в установленный срок результатов измерений с требуемой точностью (размером допускаемых погрешностей), достоверностью, правильностью, сходимостью и воспроизводимостью.

Понятие «метрологическое обеспечение» применяется, как правило, по отношению к измерениям (испытанию, контролю) в целом. В то же время допускают использование термина «метрологическое обеспечение технологического процесса (производства, организации)», подразумевая при этом МО измерений (испытаний или контроля) в данном процессе, производстве, организации.

Объектом МО являются все стадии жизненного цикла (ЖЦ) изделия (продукции) или услуги. Под ЖЦ понимается совокупность последовательных взаимосвязанных процессов создания и изменения состояния продукции от формулирования исходных требований к ней до окончания эксплуатации или потребления.

Так, на стадии разработки продукции для достижения высокого качества изделия производится выбор контролируемых параметров, норм точности, допусков, средств измерения, контроля и испытания. Так же осуществляется метрологическая экспертиза конструкторской и технологической документации.

При разработке МО необходимо использовать системный подход, суть которого состоит в рассмотрении указанного обеспечения как совокупности взаимосвязанных процессов, объединённых одной целью- достижением требуемого качества измерений.

Такими процессами являются:

- установление рациональной номенклатуры измеряемых параметров и оптимальных норм точности измерений при контроле качества продукции и управлении процессами;
- технико-экономическое обоснование и выбор СИ, испытаний и контроля и установление их рациональной номенклатуры;
- стандартизация, унификация и агрегатирование используемой контрольно-измерительной техники;
- разработка, внедрение и аттестация современных методик выполнения измерения, испытаний и контроля (МВИ);
- поверка, метрологическая аттестация и калибровка контрольно-измерительного и испытательного оборудования (КИО), применяемого на предприятии;
- контроль за производством, состоянием, применением и ремонтом КИО, а также за соблюдением метрологических правил и норм на предприятии;
- участие в разработке и внедрении стандартов предприятия;
- внедрение международных, государственных и отраслевых стандартов, а также иных нормативных документов Госстандарта;
- проведение метрологической экспертизы проектов нормативной, конструкторской и технологической документации;
- проведение анализа состояния измерений, разработка на его основе и осуществление мероприятий по совершенствованию МО;
- подготовка работников соответствующих служб и подразделений предприятия к выполнению контрольно-измерительных операций.

Метрологическое обеспечение имеет четыре основы: научную, организационную, нормативную и техническую. Отдельные аспекты МО рассмотрены в рекомендации МИ 2500-98 по метрологическому обеспечению малых предприятий. Разработка и проведение мероприятий МО возложено на метрологические службы (МС). Метрологическая служба-служба, создаваемая в соответствии с законодательством для выполнения работ по обеспечению единства измерений и осуществления метрологического контроля и надзора.

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

### 2.1 Лабораторная работа №1 (2 часа).

Тема: «Назначение, устройство плоскопараллельных концевых мер длины (ПКМД), предельных калибров»

#### 2.1.1 Цель работы:

1. Изучить назначение, устройство ПКМД, предельных калибров для контроля деталей гладких цилиндрических соединений и правила пользования ими.
2. Приобрести навыки в настройке регулируемых калибров-скоб для контроля заданного размера вала по ПКМД.

#### 2.1.2 Задачи работы:

1. Изучить назначение, устройство, правила пользования ПКМД.
2. Изучить назначение, устройство, правила пользования предельными калибрами для контроля деталей гладких цилиндрических соединений, порядок построения схемы полей допусков калибров и определения их размеров.
3. Настроить регулируемую калибр-скобу для контроля заданного размера вала.
4. Составить отчет по установленной форме.

#### 2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Набор плоскопараллельных концевых мер длины №1
2. Регулируемая калибр – скоба.

#### 2.1.4 Описание (ход) работы:

##### *Плоскопараллельные концевые меры длины (ПКМД)*

В машиностроении нашли широкое применение ПКМД. К ПКМД условно могут отнесены установочные меры к микрометрам, калибр – пластины, щупы, установочные меры к микрометрическим нутромерам, калиброванные кольца.

Плоскопараллельные концевые меры длины предназначены для хранения и воспроизведения единицы длины в соответствии с государственной поверочной схемой, для поверки и градуировки мер и измерительных приборов, для установки приборов на ноль при измерениях методом сравнения с мерой, для непосредственных измерений высокоточных размеров изделий, при точных разметках изделий, при точных лекальных, слесарных, сборочных и регулировочных работах. ПКМД являются основным средством обеспечения единства линейных измерений в машиностроении.

ПКМД изготавливают в виде прямоугольного параллелепипеда. За длину концевой меры длины принимают длину перпендикуляра АВ (рис. 1.1), опущенного из данной точки измерительной поверхности концевой меры на противоположную измерительную поверхность. Обе измерительные поверхности отличаются от других поверхностей ПКМД малой шероховатостью (среднее арифметическое отклонение профиля  $R_a \leq 0,016$  мкм).

В зависимости от точности изготовления ПКМД, т. е. от отклонения длины концевой меры от номинальной и от отклонения от плоскопараллельности измерительных поверхностей, их относят к классам точности: 00; 01; 0; 1; 2; 3 (меры из стали) и 00; 0; 1; 2; 3 (меры из твердого сплава). После ремонта ПКМД могут быть отнесены к классам точности 4 и 5. В зависимости от точности аттестации в органах метрологической службы

ПКМД подразделяют на пять разрядов: первый, второй, третий, четвертый, пятый.

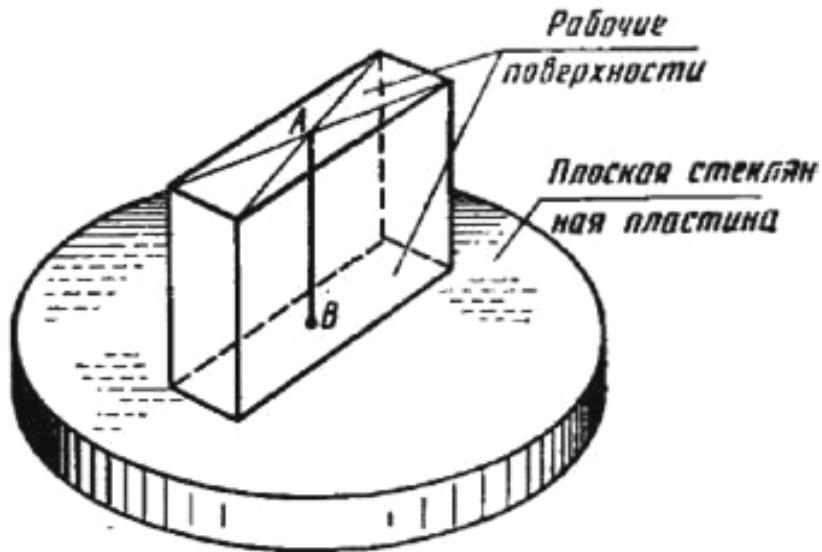


Рис. 1.1. Рабочий размер концевой меры

Особым свойством ПКМД является их притираемость – свойство измерительных поверхностей концевых мер обеспечивать прочное сцепление между собой, а также с металлической, стеклянной или кварцевой пластиинами при прикладывании или надвигании одной концевой меры на другую.

ПКМД выпускаются наборами №1...№19 и спецнаборами №20...№22, которые отличаются друг от друга количеством мер, размерами мер и градацией их. Наиболее распространенными являются наборы №1 (87 мер), №6 (11 мер) и №16 (19 мер). На рис. 1.2 представлен набор из 87 концевых мер.

При работе с ПКМД в общем случае, если в наборе нет меры требуемого номинального размера, составляют блок из возможно меньшего числа мер, для чего сначала рассчитывают и подбирают концевые меры длины.

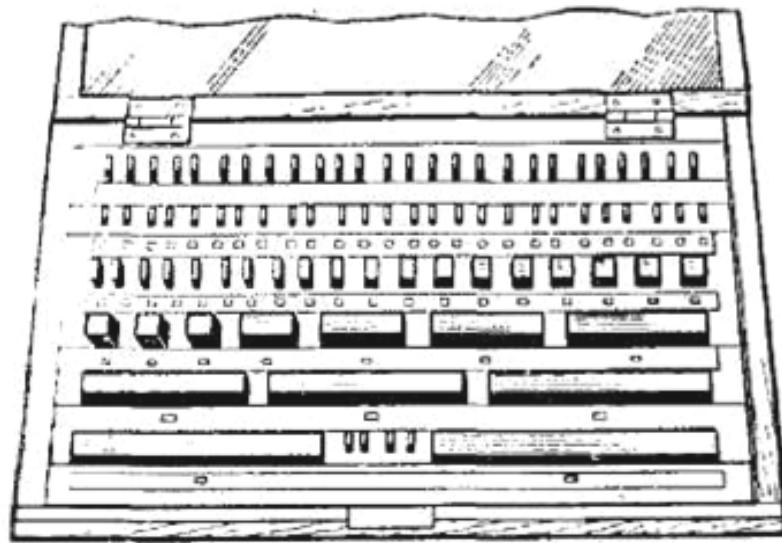


Рис. 1.2. Набор из 87 концевых мер

*Расчет размеров плоскопараллельных концевых мер для составления их в блоки*

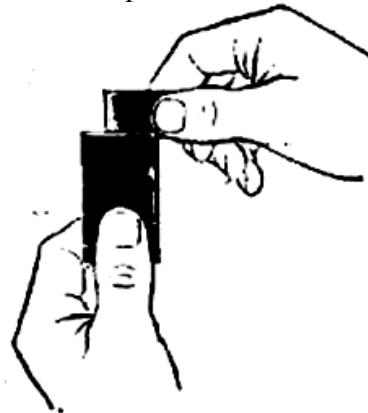
Определение номинальных размеров мер для составления блока ПКМД начинают с концевой меры, у которой размер совпадает несколькими (или одной) последними цифрами с размером блока. Затем из размера блока вычтывают размер первой меры и берут вторую меру, совпадающую несколькими (или одной) последними цифрами с остатком. Дальнейший расчет проводится в той же последовательности, что обеспечивает наименьшее количество мер в блоке и повышает точность размеров блоков.

**Примеры расчета размеров плоскопараллельных концевых мер.**

При наборе из 87 мер

Составить блок размером 49,48 мм		Составить блок размером 37,875 мм	
1-я мера	1,48 мм	1-я мера	1,005 мм
остаток	48 мм	остаток	36,87 мм
2-я мера	8 мм	2-я мера	1,37 мм
остаток	40 мм	остаток	35,5 мм
3-я мера	40 мм	3-я мера	5,5 мм
		остаток	30 мм
		4-я мера	30 мм
Проверка: 1,48 мм + 8 мм + 40 мм = 49,48 мм		Проверка: 1,005 мм + 1,37 мм + 5,5 мм + 30 мм = 37,875 мм	

Выбранные для составления блока ПКМД предварительно очищают от смазки, промывают бензином и вытирают насухо чистой салфеткой. Подготовленные для блока ПКМД притирают при их относительном перемещении под небольшим давлением (рис.1.3).



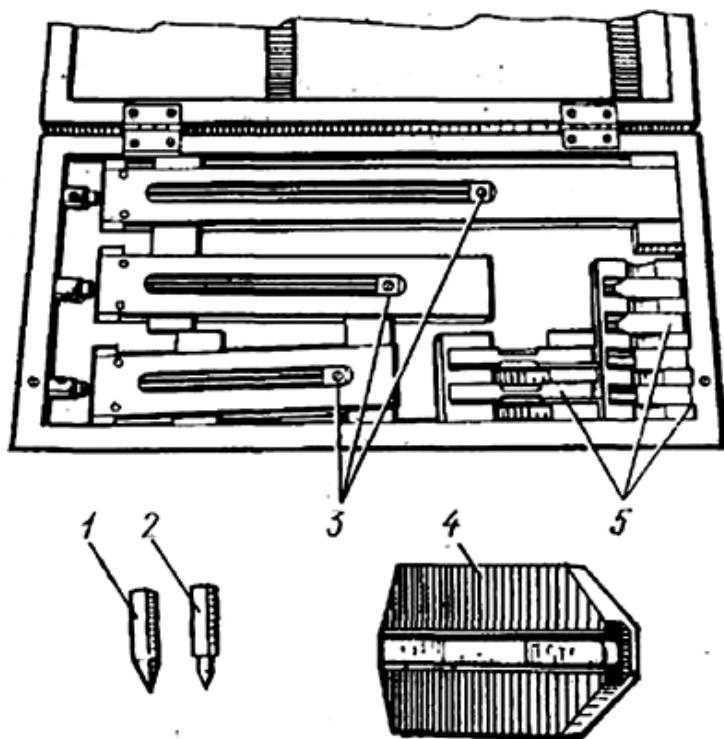
**Рис. 1.3. Составление блоков из ПКМД**

При составлении блока сначала притирают меры с номинальными размерами, выраженным целыми числами миллиметров, а затем притирают к ним концевые меры длины в порядке нарастания числа десятичных знаков в обозначении их размера.

После окончания работы с блоком ПКМД его разбирают, концевые меры длины вторично промывают бензином, протирают салфеткой, смазывают и укладывают в футляры.

ПКМД, служащие для поверки и градуировки средств измерения, называют образцовыми.

К концевым мерам длины поставляются наборы принадлежностей, расширяющих область применения ПКМД (рис. 1.4).



**Рис. 1.4. Принадлежности к концевым мерам:**

1 – чертильный боковик; 2 – центровой боковик; 3 – державки;  
4 – основание; 5 – радиусные боковики

Некоторые примеры применения ПКМД и их принадлежностей представлены на рис. 1.5...1.9.

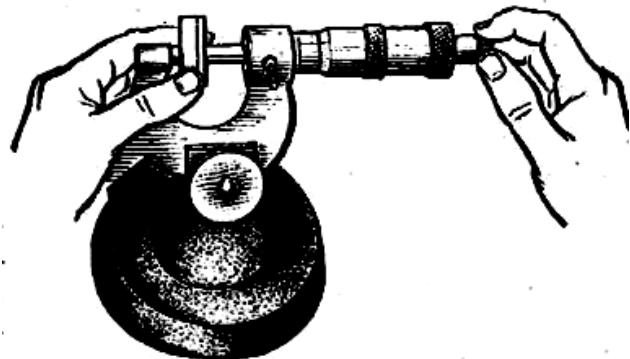
При проверке скобы (рис. 1.5) блоки концевых мер требуемых размеров (соответствующих наибольшему и наименьшему предельным размерам скобы) вводят между проверяемыми плоскостями и определяют плотность сопряжения.



**Рис. 1.5. Проверка скобы блоком концевых мер**

При наличии зазора или чрезмерно плотного соединения изменяется размер блока мер и проверку производят повторно. Действительным размером скобы будет являться тот блок, который удерживается под действием собственной массы, но при уменьшении на 1 мкм выпадает.

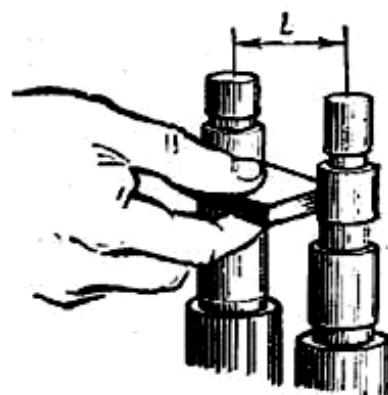
При проверке предела допускаемой погрешности микрометра (рис. 1.6) сопоставляют его показания с размерами блоков мер.



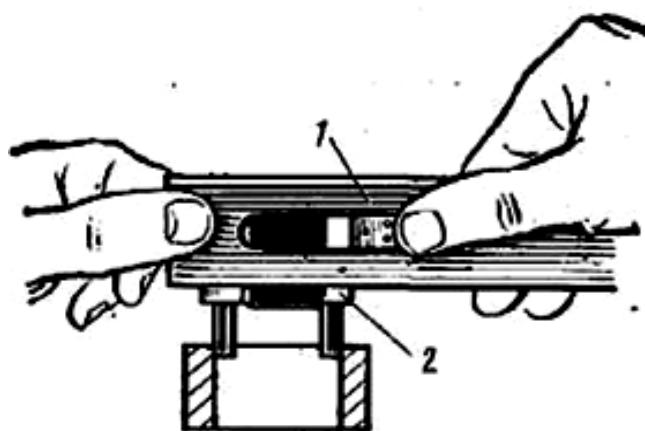
**Рис. 1.6. Проверка микрометра**

При наличии зазора или чрезмерного плотного соединения изменяют размер блока мер и проверку производят повторно.

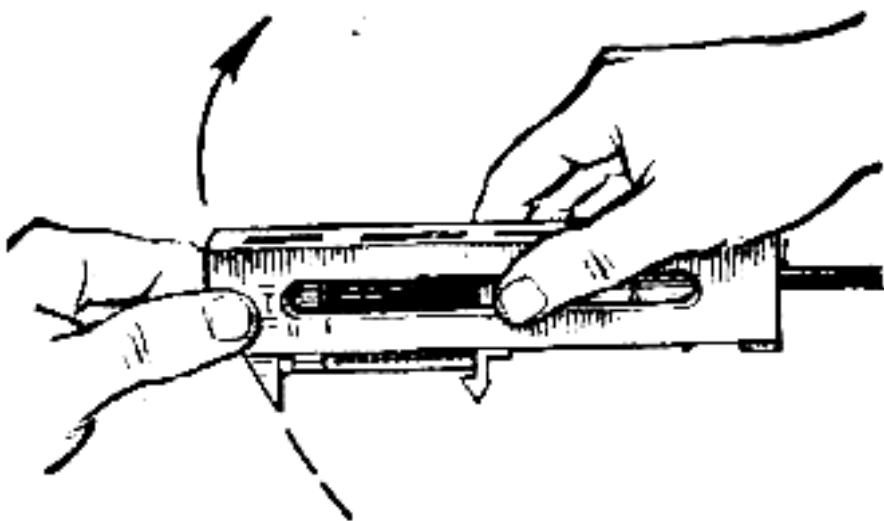
При внутренних измерениях к размеру блока мер прибавляют толщину двух боковиков. При помощи державки и блоков мер, закрепленных между боковиками можно измерять точные размеры валов.



**Рис. 1.7. Измерение расстояния между осями валиков**



**Рис. 1.8. Контроль размера отверстия с помощью державки и боковиков:**  
1 – державка; 2 – радиусный боковик



**Рис. 1.9. Разметка на плоскости**

### **Калибры для гладких цилиндрических соединений**

При серийном и массовом производстве для контроля деталей в машиностроении широко применяются калибры.

**Калибры** – средства контроля, предназначенные для проверки соответствия действительных значений геометрических параметров их предписанным значениям. При контроле калибрами числовые значения геометрических параметров не определяются, а устанавливается – находятся ли действительные значения геометрических параметров в пределах допуска или выходят за его границы.

Наиболее часто при контроле деталей используются предельные калибры.

**Предельные калибры** – калибры, номинальные размеры которых соответствуют наибольшему и наименьшему предельным размерам изделий.

Калибры для контроля гладких валов и отверстий подразделяют на **проходные** (обозначают ПР) и **непроходные** (обозначают НЕ).

Гладкие калибры для контроля отверстий выполняют в форме цилиндров (прототип контролируемого отверстия), поэтому их называют **пробками**. Калибр – пробка ПР отличается от калибра – пробки НЕ значительно большей высотой цилиндра.

Калибры – пробки изготавливает завод «Калибр» для контроля размеров отверстий 6 – 16-го квалитетов диаметром 1 – 360 мм (рис. 1.10).

Калибры – пробки для контроля отверстий диаметром 1 – 100 мм имеют хромированные рабочие поверхности, что повышает их срок службы в 3 – 4 раза по сравнению с нехромированными калибрами. Калибры для контроля отверстий диаметром 50 – 100 мм изготавливают с насадками. По мере износа заходной части рабочей поверхности насадки ее поворачивают изношенной стороной к ручке, что также повышает срок службы калибра.

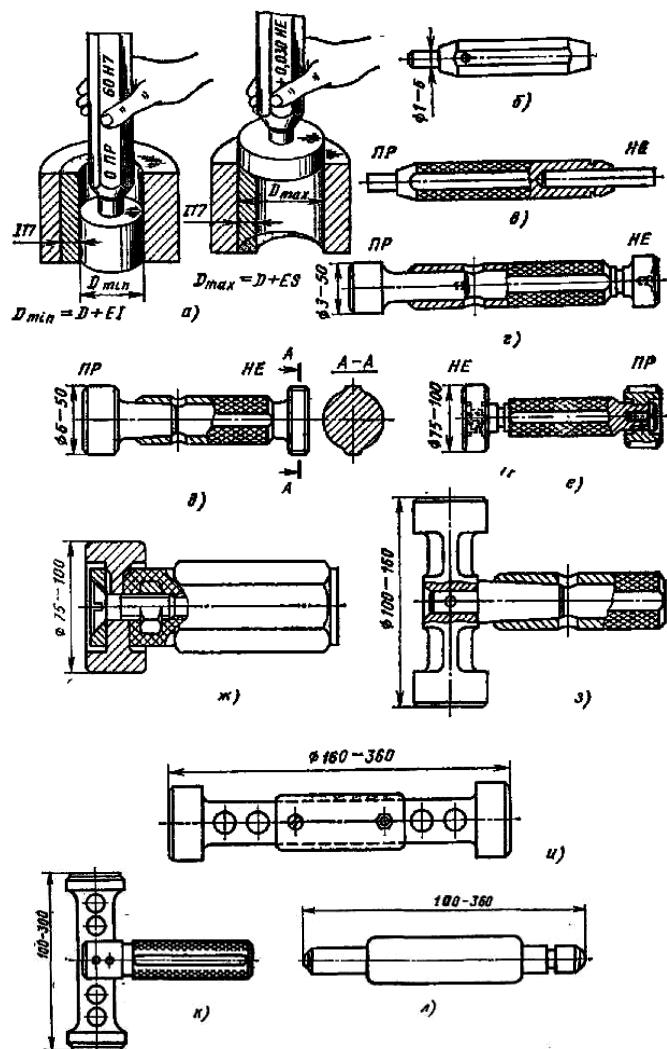
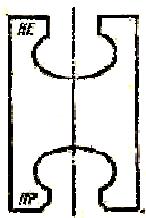


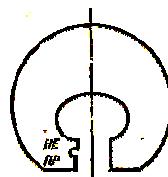
Рис. 1.10. Контроль отверстия (а) гладкими калибрами – пробками и их конструкции:

б – односторонний со вставкой; в, д – двусторонний со вставками ПР и НЕ; е – двусторонний с насадками ПР и НЕ; ж – односторонний с насадкой; з – неполный штампованный; и – неполный с накладками; к – неполный ПР и НЕ; л – сферический нутромер НЕ

Гладкие калибры для контроля валов выполняют по форме **кольца** с внутренней цилиндрической измерительной поверхностью и в виде **скобы**. Преимущественное распространение получили не калибры – кольца, а калибры-скобы, позволяющие контролировать размеры валов без снятия их со станка. Калибрами – скобами контролируют коленчатые валы и другие детали сложной формы. Калибры – скобы выпускает Челябинский инструментальный завод. Некоторые конструкции калибров скоб приведены на рис. 1.11.

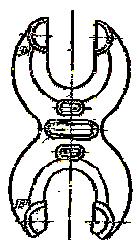


Скоба листовая двусторонняя

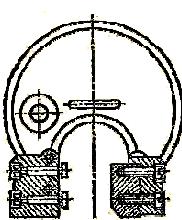


Скоба листовая односторонняя

от 1 до 50 мм



от 1 до 180 мм



Скоба штампованная двусторонняя  
от 3 до 100 мм

Скоба регулируемая  
от 0 до 330 мм

**Рис. 1.11. Калибры – скобы для контроля валов**

Для контроля валов используются нерегулируемые или регулируемые скобы. Регулируемые калибры – скобы обладают меньшей точностью по сравнению с нерегулируемыми, поэтому они применяются для контроля размеров валов, изготовленных по 8-му квалитету и грубее. Регулируемые скобы можно переналадить на другой размер (в пределах 6...16 мм) или восстановить размер их по мере износа вставок.

При контроле предельными калибрами – пробками они вводятся в контролируемое отверстие. Если проходной калибр (ПР) входит в отверстие и непроходной – не входит, то деталь по данному размеру будет годной. При контроле предельными калибрами – скобами (ПР и НЕ) они надвигаются на вал. При годном вале проходной калибр – скоба должен находить на вал и непроходной калибр – скоба не находить на вал. При нарушении этих условий вал бракуется.

Для контроля калибров-скоб используют контр – калибры (контрольные калибры – пробки): К-НЕ – контрольный калибр для контроля рабочих непроходных калибров-скоб; К-ПР – контрольный калибр для контроля рабочих проходных калибров – скоб; К-И – контрольный калибр для контроля изношенных рабочих проходных калибров-скоб.

При изготовлении деталей при их контроле пользуются рабочими проходными (Р-ПР) и рабочими непроходными (Р-НЕ) калибрами-пробками или калибрами-скобами.

При маркировке калибров указывают: номинальное значение контролируемого размера, условное обозначение поля допуска и числовые значения его предельных отклонений, назначение калибра (ПР, НЕ, К-НЕ, К-ПР, К-И) и товарный знак предприятия – изготовителя.

Например, на калибре – пробке отмечено – Ø25H7. Следовательно, данный калибр предназначен для контроля размера отверстия Ø25H7.

**Допуски калибров.** Допуски и отклонения размеров калибров нормируются ГОСТ 24853 – 81 (для контроля размеров отверстий и валов до 500 мм).

При построении схемы полей допусков калибров учитывается, что предельные калибры для контроля деталей изготавливают по соответствующим предельным размерам деталей, относительно которых строятся поля допусков калибров. Проходную сторону пробки изготавливают по наименьшему предельному размеру контролируемого отверстия, а непроходную – по наибольшему предельному размеру. Проходную сторону скобы изготавливают по наибольшему предельному размеру вала, а непроходную – по наименьшему предельному размеру.

Указанные предельные размеры контролируемых отверстий и валов являются соответственно номинальными размерами проходных и непроходных калибров-пробок и калибров-скоб. Например, номинальным размером проходного калибра- пробки является наименьший предельный размер контролируемого отверстия и поле допуска данного калибра строится относительно нулевой линии, проведенной через нижнюю границу поля допуска отверстия (рис. 1.12).

Порядок построения схем полей допусков рабочих калибров следующий:

1. Строится схема поля допуска контролируемого размера отверстия или вала.

2. По таблицам ГОСТа 24853-81 определяются допуски и отклонения калибров ( $H$ ,  $H_1$ ,  $Z$ ,  $Z_1$ ,  $Y$ ,  $Y_1$ ).

3. Строится схема полей допусков калибров относительно их номинальных размеров.

Примеры схем расположения полей допусков калибров для контроля отверстий и валов приводятся на рис. 1.12 и рис. 1.13.

На рисунках 1.12 и 1.13 приняты следующие обозначения:

$H$  – допуск на изготовление калибров для отверстия;

$Z$  – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для отверстия относительно наименьшего предельного размера контролируемого изделия;

$Y$  – допустимый выход размера изношенного проходного калибра для отверстия за границу поля допуска изделия;

$H_1$  – допуск на изготовление калибров для вала;

$Z_1$  – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для вала относительно наибольшего предельного размера контролируемого изделия;

$Y_1$  – допустимый выход размера изношенного проходного калибра для вала за границу поля допуска изделия.

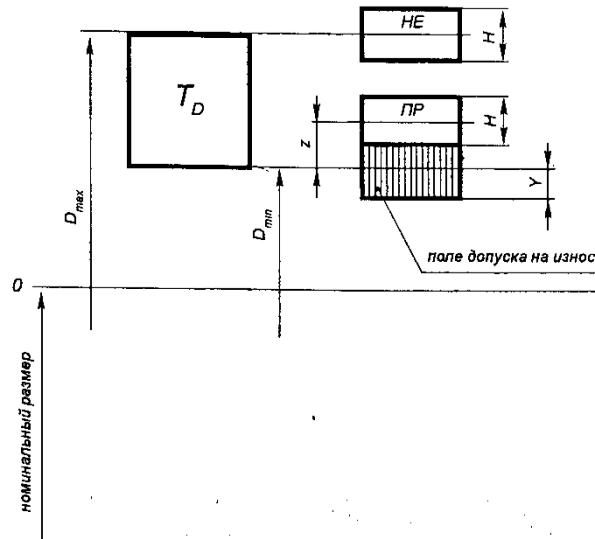


Рис. 1.12. Схема расположения полей допусков калибров для контроля отверстий изготовленных по квалитетам 6, 7 и 8 при номинальных размерах до 180 мм (для размеров отверстий изготовленных по квалитетам от 9 до 17,  $Y = 0$ )

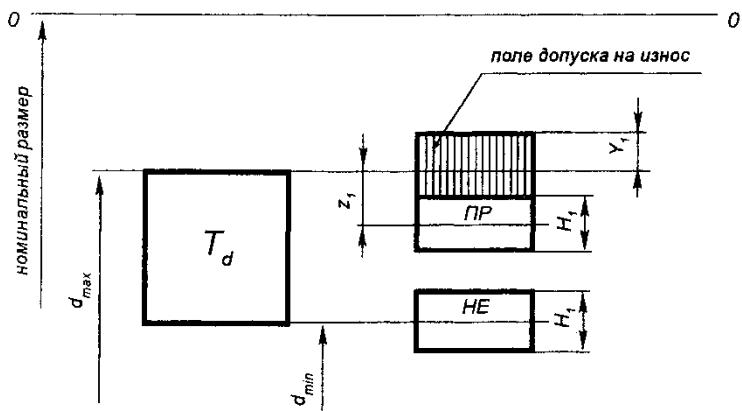


Рис. 1.13. Схема расположения полей допусков калибров для контроля валов изготовленных по квалитетам 6, 7 и 8 при номинальных размерах до 180 мм (для размеров валов изготовленных по квалитетам от 8 до 17,  $Y = 0$ )

Предельные размеры калибров – пробок определяются по уравнениям:

$$\text{ПР: } d_{\max} = D_{\min} + Z + \frac{H}{2}, \quad (1.1)$$

$$d_{\min} = D_{\min} + Z - \frac{H}{2}, \quad (1.2)$$

$$d_{\min}^{uzh} = D_{\min} - Y. \quad (1.3)$$

$$\text{НЕ: } d_{\max} = D_{maa} + \frac{H}{2}, \quad (1.4)$$

$$d_{\min} = D_{maa} - \frac{H}{2}. \quad (1.5)$$

Предельные размеры калибров – скоб определяются из уравнений:

$$\text{ПР: } L_{\max} = d_{\max} - Z_1 + \frac{H_1}{2}, \quad (1.6)$$

$$L_{\min} = d_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2}, \quad (1.7)$$

$$L_{\max}^{uzh} = d_{\max} + Y_1. \quad (1.8)$$

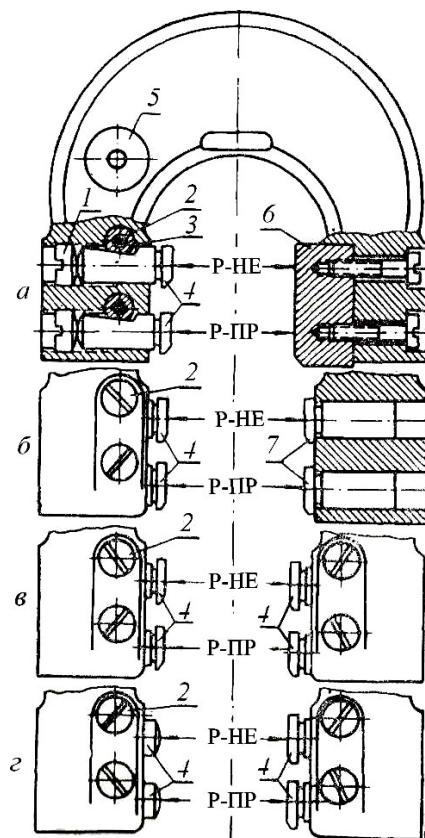
$$\text{НЕ: } L_{\max} = d_{\min} + \frac{H_1}{2}, \quad (1.9)$$

$$L_{\min} = d_{\min} - \frac{H_1}{2}. \quad (1.10)$$

### ***Настройка регулируемых калибров – скоб для контроля заданного размера вала.***

По конструктивному оформлению регулируемые скобы делятся на четыре типа (рис. 1.14).

В скобах первого типа (рис. 1.14, *а*) правая губка представляет собой плоскую вставку 6, прикрепленную к корпусу винтами. Регулированию подвергаются только левые цилиндрические вставки, для которых в корпусе скобы высверлены гнезда. В скобах второго типа (рис. 1.14, *б*) вместо неподвижной плоской вставки запрессованы в два гнезда цилиндрические вставки 7. У данных скоб также регулируются только левые вставки. У скоб третьего и четвертого типов (рис. 1.14, *в* и *г*) можно регулировать как левые, так и правые вставки.

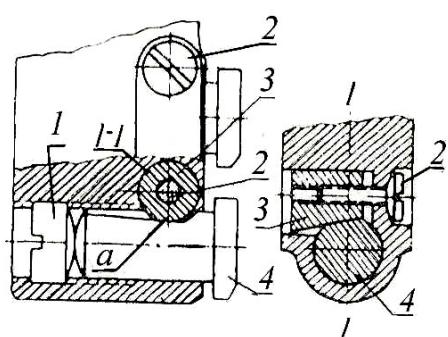


**Рис. 1.14. Типы регулируемых скоб:**

*а – с неподвижной плоской губкой; б – с запрессованными (с правой стороны) цилиндрическими вставками; в – с двусторонней регулировкой ;г – с вставками со сферическими головками; 1 – установочный винт; 2 – затяжной винт; 3 – затяжная втулка; 4 – вставка; 5 – маркировочная шайба; 6 – плоская вставка; 7 – цилиндрическая вставка*

Поверхности правых вставок устанавливают так, чтобы они лежали примерно в одной плоскости. Установку на предельные размеры проводят перемещением левых вставок.

Узел перемещения вставок представлен на рис. 1.15.



**Рис. 1.15. Узел перемещения вставок:**

*1 – установочный винт; 2 – затяжной винт; 3 – затяжная втулка; 4 – вставка*

Перемещение вставок 4 в сторону уменьшения размера (вправо) производят установочным винтом 1 (рис. 1.14, а и рис. 1.15). Для обратного перемещения нажимают на вставку со стороны головки или сферической поверхности. Чтобы вставка легко перемещалась, необходимо освободить затяжной винт 2 и, нажимая на него отверткой сверху, отжать затяжную втулку 3. Установленную на необходимый размер вставку

фиксируют втулкой 3, подтягивая винт 2. Втулка 3, находя своей лыской на лыску вставки 4, действует как клин и зажимает вставку с усилием, значительно превышающим осевое усилие винта.

### **Порядок выполнения задания**

Исходные данные для настройки скобы – размер контролируемого вала с условным обозначением поля его допуска.

1. По таблицам ГОСТа 25347 – 82 установить предельные отклонения вала.
2. По таблицам ГОСТа 24853 – 81 определить допуски и отклонения калибров скоб ( $H_1$ ,  $Z_1$ ,  $Y_1$ ) для контроля заданного размера вала.
3. Построить схему расположения полей допусков калибров – скоб для контроля размера вала относительно границ поля допуска контролируемого размера ( см. рис. 1.13).
4. Установить проходной размер скобы  $L^{PP}$  по размеру блока концевых мер, равному

$$L^{PP} = \frac{L^{PP}_{\max} + L^{PP}_{\min}}{2} \quad (1.11)$$

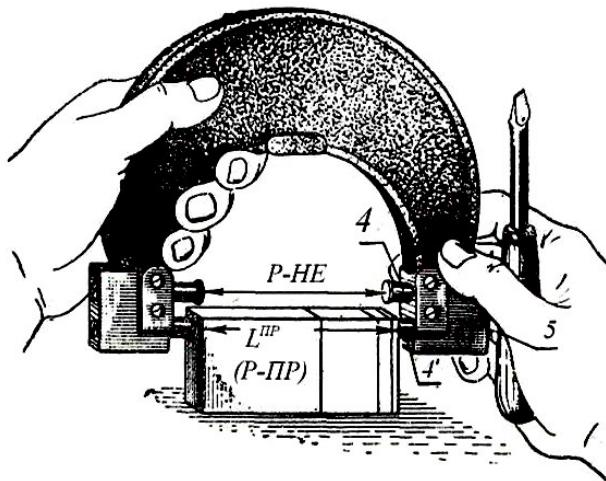
$L^{PP}_{\max}$  и  $L^{PP}_{\min}$  определяются по формулам 1.6 и 1.7.

а) уложить скобу на стол так, чтобы головки затяжных винтов 2 (рис. 1.14) занимали верхнее положение;

б) ослабить отверткой затяжные винты и нажать на них сверху. Затяжная втулка 3 (рис. 1.15) опустится вниз и освободит вставку 4, которую можно будет легко перемещать вдоль гнезда в любую сторону. До ослабления затяжной втулки 3, пользоваться установочным винтом 1 нельзя, т.к. вставку можно так сильно затянуть, что ее будет трудно освободить или у нее может быть сорвана резьба;

в) проверить установку базисных вставок (если они установлены верно, их установку не следует сбивать). У скоб, размер которых меньше 50 мм, правые вставки устанавливают при помощи лекальной линейки или концевых мер так, чтобы их измерительные поверхности лежали в одной плоскости. Об этом судят по просвету между гранью лекальной линейки (или плоскостью концевых мер) и плоскостью вставок. У скоб, размер которых больше 50 мм, базисные вставки устанавливают так, чтобы измерительные поверхности вставок непроходного размера выдвигались над поверхностью вставок проходного размера на расстояние, приблизительно равное половине допуска. Эту разницу в установке вставок оценивают щупом соответствующей толщины. Базисные вставки закрепляют затяжными винтами;

г) перевернуть скобу на другую сторону и, взяв ее так, как на рис. 1.16, осторожно отвернуть установочный винт проходной вставки 4 (рис. 1.15) настолько, чтобы скоба, надвигаемая на блок мер плавно опускалась под действием силы тяжести вдоль плоскостей головок вставок. После этого закрепить затяжные винты.



**Рис. 1.16. Положение скобы при установке проходного размера по блоку концевых мер**

При опускании скобы вниз блок плиток может упираться в головки вставок непроходной стороны. Чтобы этого не произошло, необходимо наклонить скобу от себя так, чтобы блок плиток не задевал головок вставок.

5. Установить непроходной размер скобы  $L^{HE}$  по блоку концевых мер, равному наибольшему предельному размеру вала  $d_{max}$  в той же последовательности.

6. Настроенной скобой проконтролировать заданный размер вала, дать заключение о годности и представить отчет по прилагаемой форме.

## 5. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Кафедра ремонта машин	Назначение, устройство ПКМД, предельных калибров и правила пользования ими.	Работа №1
<b>Задание:</b> 1. Изучить назначение, устройство, правила пользования ПКМД.		
2. Изучить назначение, устройство, правила пользования предельными калибрами для контроля деталей гладких цилиндрических соединений, порядок построения схемы полей допусков калибров и определения их предельных размеров.		
3. Настроить регулируемую калибр-скобу для контроля заданного размера вала.		
4. Составить отчет по прилагаемой форме.		
Схема расположения полей допусков калибра-скобы для контроля вала $\varnothing 30$ $h8$		
Размеры предельных калибр-скоб для контроля вала		
$P-PP_{min}$		$P-HE_{min}$
$P-PP_{max}$		$P-HE_{max}$
$P-PP_{изн}$		

Размеры проходного и непроходного калибров-скоб, на которые они должны быть настроены:  $L^{PP} =$        $L^{HE} =$

Краткое описание ПКМД (области применения, правила составления блоков, правила эксплуатации).

Результаты контроля размера вала регулируемым калибром-скобой (порядок контроля и его результаты с обоснованием).

Подпись студента \_\_\_\_\_  
Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

## **2.2 Лабораторная работа №2 (2 часа).**

**Тема: «Назначение, устройство и эксплуатация штангенинструментов»**

### **2.2.1 Цель работы:**

1. Изучить назначение, устройство штангенинструментов.
2. Приобрести навыки в измерении размеров деталей штангенинструментами.

### **2.2.2 Задачи работы:**

1. Изучить назначение, устройство, регулировку штангенинструментов (штангенциркулей, штангенрейсмасов, штангенглубиномеров, штангензубомеров) и их метрологические характеристики.
2. Изучить механизм отсчетного устройства (нониусной шкалы) и порядок отсчета размеров при измерении.
3. Измерить заданные размеры деталей и результаты измерений занести в форму отчета.
4. Определить предельные размеры деталей и дать заключение о годности по каждому размеру.

### **2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Штангенциркуль с величиной отсчета по ноniусу 0,05 мм.
2. Штангенрейсмас.
3. Штангенглубиномер.
4. Штангензубомер.

### **2.2.4 Описание (ход) работы:**

#### ***Изучить конструкцию и правила пользования штангенинструментами***

Для измерения линейных размеров невысокой точности широко применяются штангенинструменты, особенностью которых является простота устройства и низкая себестоимость.

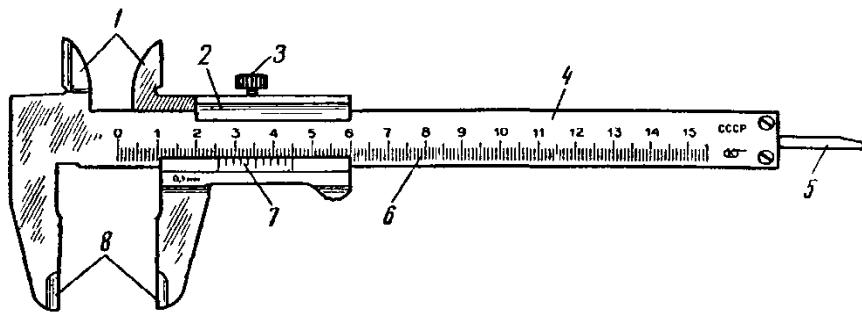
К ним относятся штангенциркули (ГОСТ 166 – 89), штангенглубиномеры (ГОСТ 162 – 90), штангенрейсмасы (ГОСТ 164 – 89) и штангензубомеры.

Выпускаются также штангенциркули мод. 124 со стрелочным отсчетом, штангенглубиномеры мод. БВ-6232 стрелочные и штангенрейсмасы мод. 6226 стрелочные.

Метод измерения штангенинструментами прямой, контактный, непосредственной оценки (абсолютный).

Штангенциркули предназначены для измерения наружных и внутренних размеров и для разметки, их выпускают несколько типов и моделей:

ШЦ-І – с двусторонним расположением губок применяются для измерения наружных, внутренних размеров и глубин с пределами измерения 0 – 125 мм (рис. 2.1).



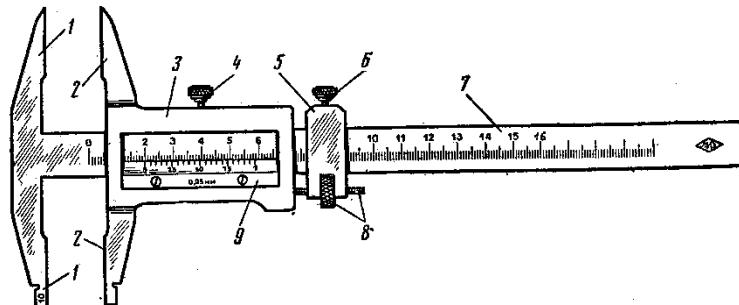
**Рис. 2.1. Штангенциркуль ШЦ-І с пределами измерений 0 – 125 мм и величиной отсчета по нониусу 0,1 мм:**

1 – губки для внутренних измерений; 2 – рамка; 3 – зажим рамки; 4 – штанга; 5 – линейка глубиномера; 6 – шкала штанги; 7 – нониус; 8 – губки для наружных измерений

ШТЦ-І – с односторонним расположением губок, оснащенных твердым сплавом для измерения наружных размеров и глубин в условиях повышенного абразивного изнашивания;

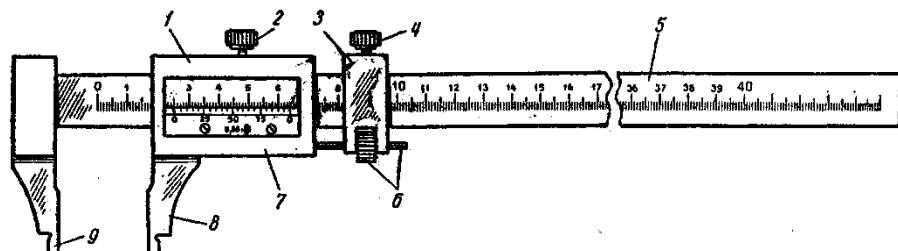
ШТЦ-ІІ – с двусторонним расположением губок для измерения наружных и внутренних размеров и для разметки с пределами измерения 0 – 160, 0 – 200, 0 – 250 мм (рис. 2.2);

ШТЦ-ІІІ – с односторонним расположением губок для измерения наружных внутренних размеров с пределами измерения от 0 -160 мм до 800 – 2000 мм (рис. 2.3).



**Рис. 2.2. Штангенциркуль ШЦ-ІІ с пределами измерений 0 – 160 мм и величиной отсчета по нониусу 0,05 мм:**

1 – неподвижные измерительные губки; 2 – подвижные измерительные губки; 3 – рамка; 4 – зажим рамки; 5 – рамка микрометрической подачи; 6 – зажимрамки микрометрической подачи; 7 – штанга; 8 – гайка и винт микрометрической подачи рамки; 9 – нониус



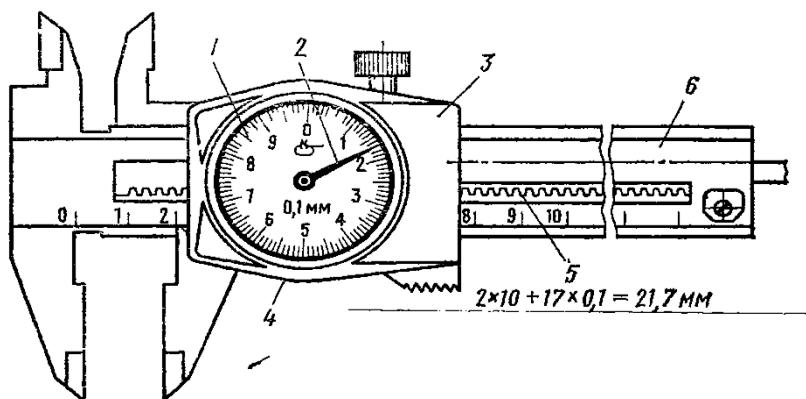
**Рис 2.3. Штангенциркуль ШЦ-ІІІ с пределами измерений 0—400 мм и величиной отсчета по нониусу 0,05 мм:**

1 – рамка; 2 – зажим рамки; 3 – рамка микрометрической подачи; 4 – зажим рамки микрометрической подачи; 5 – штанга; 6 – гайка и винт микрометрической подачи; 7 – нониус; 8 – губка рамки; 9 – губка штанги

Штангенциркули ШЦ-II и ШЦ-III снабжены микрометрической подачей, предназначеннной для медленного (точного) перемещения рамки 3 по штанге 7 (рис. 2.2).

В вырезе рамки микрометрической подачи 5 расположена гайка 8 навернутая на винт, закрепленный в нижней части рамки 3. при освобожденном винте 4 и закрепленной рамке микрометрической подачи 5 на штанге 7 с помощью стопорного винта 6 рамка 3 будет плавно перемещаться по штанге, если вращать гайку 8 микрометрической подачи.

Штангенциркуль со стрелочным отсчетом мод. 124 (рис. 2.4) разработан заводом «Калибр». Его диапазон измерения 0 – 150 мм, цена деления шкалы, нанесенной на штанге, 10 мм; цена деления круговой шкалы – 0,1 мм.



**Рис. 2.4. Штангенциркуль со стрелочным отсчетом мод. 124 с пределами измерения 0 – 150 мм и ценой деления круговой шкалы 0,1 мм:**

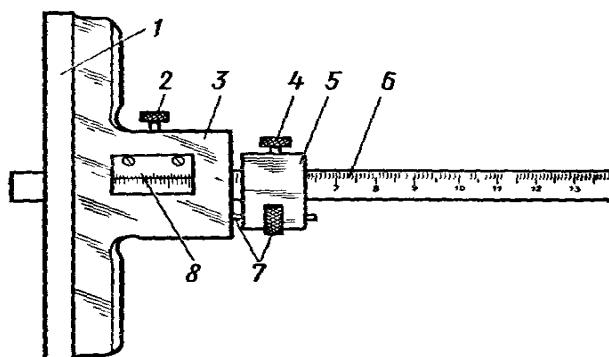
1 – шкала; 2 – стрелка; 3 – рамка; 4 – паз; 5 – зубчатая рейка; 6 – штанга

К штанге 6 штангенциркуля мод. 124 прикреплена зубчатая рейка 5, с которой находится в зацеплении зубчатое колесо (на рис. не показано). Подпружиненная плата прикреплена к рамке 3. На одной оси с зубчатым колесом находится стрелка 2, расположенная над шкалой 1.

Один полный оборот стрелки соответствует перемещению рамки 3 по штанге на 10 мм или на одно деление, нанесенное на штанге 6.

При соприкосновении измерительных поверхностей штангенциркуля стрелка должна совпадать с нулевым делением шкалы. Нулевая установка достигается поворотом шкалы 1 через паз 4 с помощью отвертки (паз на рисунке не виден).

**Штангенглубиномеры** предназначены для измерения глубин пазов, отверстий, а также высот выступов. Устройство штангенглубиномера представлено на рис. 2.5. Плоский нижний торец штанги 6 является измерительной поверхностью, которая при измерении глубин соприкасается с поверхностью изделия. При расположении измерительных поверхностей основания и штанги в одной плоскости нуль шкалы нониуса должен совпадать с нулевым штрихом шкалы штанги.



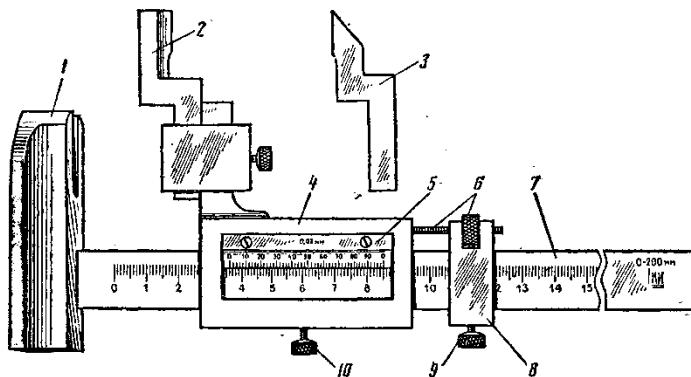
**Рис. 2.5.Штангенглубиномер с величиной отсчета по нониусу 0,05 мм и пределами измерений 0 – 250 мм:**

1 – основание; 2 – зажим рамки; 3 – рамка; 4 – зажим рамки микрометрической подачи; 5 – рамка микрометрической подачи; 6 – штанга; 7 – гайка и винт микрометрической подачи; 8 – нониус

Штангенглубиномеры выпускаются с величиной отсчета 0,05 мм и с пределами измерений до 250 мм, а также с величиной отсчета 0,1 мм и пределами измерений до 500 мм.

Кировским инструментальным заводом освоен выпуск стрелочных штангенглубиномеров мод. БВ – 6232 с диапазоном измерений 0 – 250 мм, с ценой деления штанги 5 мм и ценой деления отсчетного устройства 0,05 мм.

**Штангенрейсмасы** предназначены для измерения высоты и разметочных работ с использованием контрольно-измерительной плиты. Устройство штангенрейсмаса представлено на рис. 2.6.



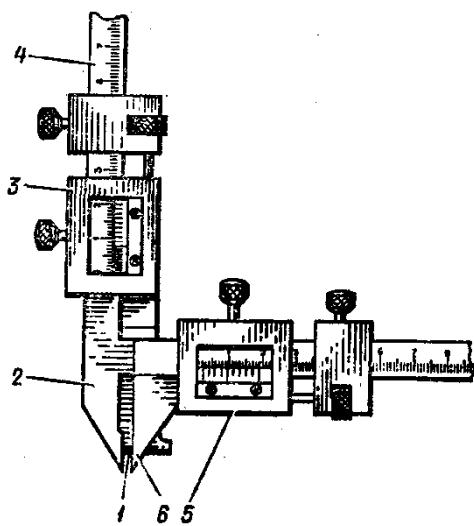
**Рис. 2.6.Штангенрейсмас с величиной отсчета по нониусу 0,05 и 0,01 мм:**

1 – основание; 2 – измерительная ножка; 3 – разметочная ножка; 4 – рамка; 5 – нониус; 6 – винт и гайка микрометрической подачи; 7 – штанга; 8 – рамка микрометрической подачи; 9 – зажим рамки микрометрической подачи; 10 – зажим рамки

**Штангензубомеры** (рис. 2.7) предназначены для измерения толщины зуба по постоянной хорде. Используются также в ремонтной практике при дефектовке зубчатых колес относительно невысоких степеней точности (8-ая и грубее). По штангам 4 в двух взаимно перпендикулярных направлениях перемещаются рамки 3 и 5 с нониусами. Одна рамка соединена с высотной линейкой 1, другая имеет губку 6, перемещающуюся относительно неподвижной губки 2 штанги.

Выпускают штангензубомеры типов ШЗ – 18 и ШЗ – 36 с диапазоном измерений толщины зуба соответственно 0 – 33 мм и 0 – 60 мм при отсчете по нониусу 0,005 мм.

Перед измерением высотную линейку 1 устанавливают по нониусу рамки 3 на высоту **h** и закрепляют стопорным винтом. Высота **h** рассчитывается по специальной формуле или задается техническими условиями на дефектовку зубчатых колес.



**Рис. 2.7. Штангензубомер:**

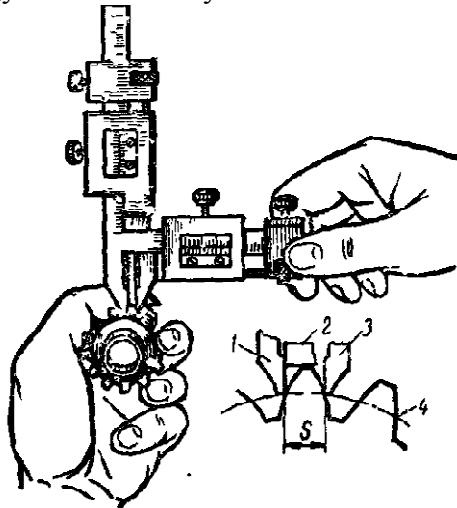
1 – высотная линейка; 2 – губка штанги; 3 – рамка; 4 – штанга; 5 – рамка; 6 – губка рамки

Измерительные губки раздвигают, и после установки зубомера на зубчатое колесо (на окружность выступов) губки сдвигают до соприкосновения с боковыми поверхностями зуба по постоянной хорде (рис. 2.8); осуществляют отсчет по шкалам инструмента.

Отсчетное устройство штангенинструментов – штанга с нанесенной на ней шкалой с интервалом 1 мм и свободно перемещающаяся по штанге рамка, на скосе которой нанесена вспомогательная шкала, называемая нониусом (нониус служит для отсчета дробных долей миллиметра).

Каждое пятое деление шкалы штанги отмечено удлиненным штрихом, а каждое десятое – штрихом более длинным, чем пятое, и соответствующим числом сантиметров (рис. 2.9).

Штангенинструменты с модулем 1 и 2 выпускаются с отсчетом по нониусу 0,1 и 0,05 мм.



**Рис. 2.8. Измерение толщины зуба:**

1 – губка штанги; 2 – высотная линейка; 3 – губка рамки; 4 – делительная окружность;  $S$  – толщина зуба по хорде

4 – делительная окружность

#### 4.2. Отсчетное устройство штангенинструментов

Ранее выпускался штангенинструмент с отсчетом по нониусу 0,02 мм. Модуль ( $\gamma$ ) шкалы нониуса показывает, через какое число делений миллиметровой шкалы штанги будут располагаться штрихи шкалы нониуса, смещенные на величину отсчета по нониусу.

Или модуль  $\gamma$  шкалы нониуса примерно показывает, сколько делений основной шкалы штанги входят в одно деление шкалы нониуса.

Длина деления шкалы нониуса (  $a'$  ) вычисляется по формуле  

$$a' = a \cdot \gamma - i, \quad (2.1)$$

где  $a$  – длина деления основной шкалы (расстояние между осями двух соседних отметок шкалы);

$\gamma$  – модуль нониуса (обычно 1, 2, реже 3);

$i$  – величина отсчета по нониусу.

Штангенинструмент с модулем 1 и величиной отсчета по нониусу 0,1 мм (рис. 2.9, а) имеет шкалу нониуса длиной 9 мм с десятью делениями. Расстояние между двумя соседними штрихами шкалы нониуса составляет 0,9 мм.

Шкала нониуса штангенинструмента с модулем 2 и величиной отсчета по нониусу 0,1 мм представлена на рис. 2.9,б.

На рис. 2.9,в и 2.9,г представлены шкалы штангенинструментов с модулем 1 и 2 с величиной отсчета 0,05 мм.

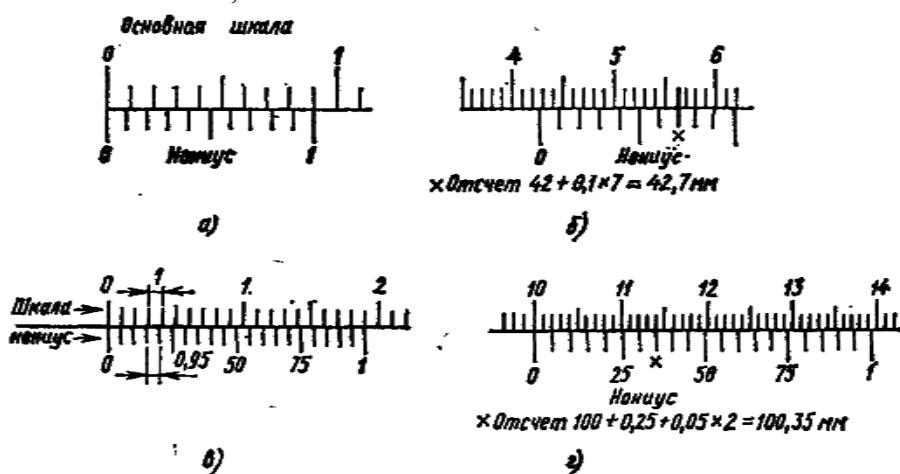


Рис. 2.9. Шкалы штангенинструментов:

с отсчетом по нониусу 0,1 мм с модулем: а) – 1 и б) – 2;

с отсчетом по нониусу 0,05 мм и с модулем: в) – 1 и г) – 2.

Предпочтительными и более удобными являются штангенинструменты с модулем 2 с «растянутой» шкалой и с отсчетом по нониусу 0,1 мм (рис. 2.9,б) и 0,05 мм (рис. 2.9,г).

При определении размера детали необходимо отсчитать по шкале целое число миллиметров относительно нулевого штриха шкалы нониуса и прибавить к нему доли миллиметра, полученные умножением величины отсчета по нониусу на порядковый номер штриха нониусной шкалы, совпавшего со штрихом штанги (нулевой штрих нониуса при этом не учитывают, рис. 2.9,б).

Для удобства отсчета долей миллиметра на шкале нониуса (рис. 2.9,г) представлены маркированные штрихи 25, 50, 75, для которых их порядковый номер умножен на величину отсчета. При совпадении маркированного штриха со штрихом основной шкалы доля миллиметра будет определяться числом у маркированного штриха, поделенным на 100. При величине отсчета 0,05 мм например, если совпал маркированный штрих 25, то доля миллиметра равна 0,25 мм.

При наличии на шкале нониуса маркированных штрихов доли миллиметра отсчитывают как показание ближайшего (меньшего) маркированного штриха плюс порядковый номер (от маркированного штриха) совпавшего штриха, умноженный на величину отсчета по нониусу (рис. 2.9,г).

Наличие овальных отверстий на шкале нониуса позволяет регулировать положение нониусной шкалы на подвижной рамке, что используется при проверке и установке на нуль нониусной шкалы штангенинструментов.

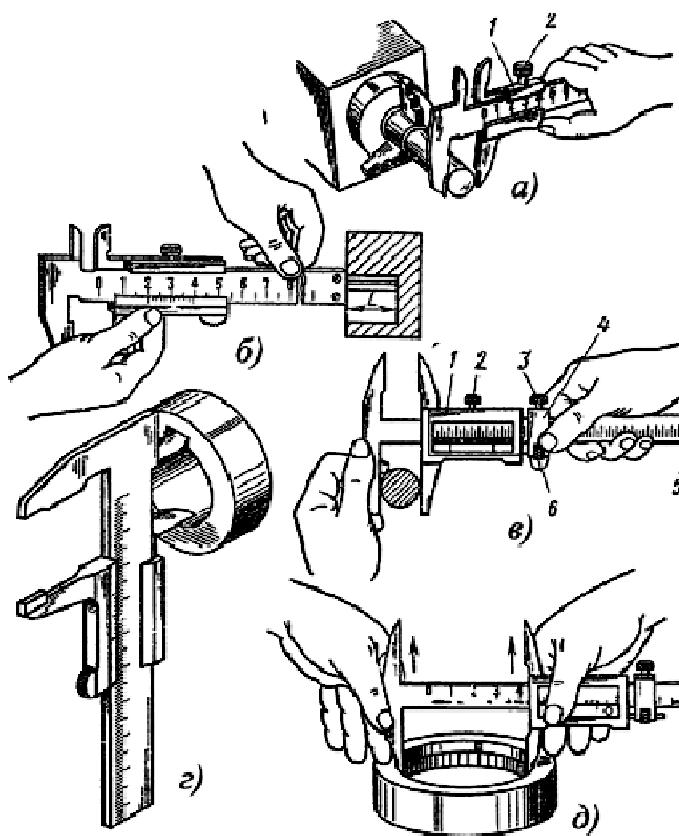
Например, для штангенциркулей при соприкосновении губок штанги и рамки нулевые штрихи шкал штанги и нониуса должны совпадать. Если они не совпадают, то смешают шкалу нониуса при отпущеных винтах ее крепления к рамке.

Примеры измерения размеров изделий штангенинструментом представлены на рис. 2.10.

При измерении наружных размеров измеряемое изделие устанавливают между губками штангенциркуля (рис. 2.10, а и в). Неподвижную губку прижимают к поверхности изделия, а губку с рамкой приближают до соприкосновения с изделием. При наличии микроподачи рамки 1 приводят вторую губку штангенциркуля в соприкосновение с поверхностью изделия вращением гайки 6 (при застопоренной микрометрической подаче 4 с помощью винта 3), обеспечивая при этом нормальную силу измерения; как большая, так и недостаточная сила измерения искажает результат измерения. Застопорив рамку 1 на штанге 5 винтом 2, снимают показания по шкалам штангенциркуля.

При отсчете показаний и определении результатов при измерении внутренних размеров необходимо к показаниям по шкалам штангенциркуля прибавить толщину губок «b», маркированную на них, если измерение проводилось штангенциркулем типов ШЦ-II или ШЦ-III. Схема измерения глубины штангенциркулем типа ШЦ-I приведена на рис. 2.10, б.

На измерительных поверхностях губок штангенинструментов забоины и следы коррозии не допускаются. Рамка вместе с микрометрической подачей не должна перемещаться по ней под действием своей массы при вертикальном положении штангенциркуля.



**Рис. 2.10. Примеры измерения размеров изделий штангенинструментом:**  
а, в – наружных размеров; б – глубины отверстия; г, д – внутренних размеров

**Таблица 2.1-Предельные погрешности методов измерения штангенинструментом**

Наименование штангенинструмента	Интервалы размеров в мм					
	1	50	80	80	12	120
Предельные погрешности измерения в мкм.						
Штангенциркуль с отсчетом 0,1 мм						
наружные	150	150	150	150		
внутренние	200	200	200	200		

Штангенциркуль с отсчетом 0,05 мм				
наружные	80	90	100	100
внутренние	120	130	130	150
Штангенглубиномер с отсчетом 0,05 мм	100	150	150	450

Допустимые погрешности показаний штангенинструментов при измерении размеров до 500 мм в основном равны величине отсчета по нониусной шкале.

**Таблица 2.2 Наивысшие по точности квалитеты изделий, измеряемых штангенциркулями с учетом погрешностей их измерений**

Наимено- вание ин- струмента	Вели- чина отсчета	Интервалы размеров				
		квалитеты				
		18...	50...	120..	180...250	
Штангенциркуль II	0,1	измерение наружных линейных размеров				
		15	15	14	14	
		14	13	13	12	
		измерение внутренних линейных размеров				
		15	15	15	15	
	0,05	6	14	14	14	14

### **Методика измерений**

1. Примеры обозначения штангенциркуля типа ШЦ – II с пределами измерения 0 – 250 мм и отсчетом по нониусу 0,05 мм: ШЦ – II – 250 – 0,05 ГОСТ 166-80; штангенглубиномера с пределами измерений 0 – 200 мм: Штангенглубиномер ШГ – 200 ГОСТ 162-80; штангенрейсмаса с пределами измерений 0 – 250 мм и отсчетом по нониусу 0,05 мм: Штангенрейсмас ШР – 250 – 0,05 ГОСТ 164-80.

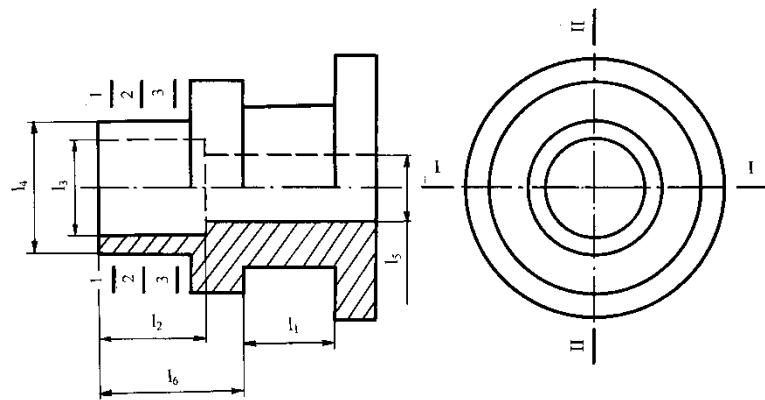
2. Для выявления рассеивания действительных размеров и отклонений от правильной геометрической формы измерения наружных диаметров проводить в трех сечениях, перпендикулярных к оси и в двух взаимно перпендикулярных направлениях в каждом сечении. Остальные размеры измерить только в двух направлениях.

3. Чтобы уменьшить ошибки при измерении, каждый размер измерить три раза, за результат измерения взять среднее арифметическое из трех отсчетов.

4. Назначение, устройство штангенинструментов и методика измерения ими см. стр.66...77 /1/; стр.14...33 /2/; 78...85; 269...270 /3/; плакаты по техническим измерениям.

5. После окончания работы уложить инструменты в футляры и привести в порядок рабочее место.

6. Составить отчет по прилагаемой форме.



*Рис. 2.11. Эскиз детали и схема измерений*

$$l_1=30\text{H}16, \quad l_2=34\text{H}15, \quad l_3=32\text{H}14, \quad l_4=50\text{h}15, \quad l_5=14\text{H}12, \quad l_6=46\text{h}14$$

Таблица 2.3

## Требования на дефектацию шестерни У II передачи дополнительного вала шасси трактора ДТ-75М (Z = 37)

Номер шестерни по каталогу	Установочная высота штангензубомера, мм	Толщи на зуба, мм	Длина головки зуба по верхней кромке, мм	Ширина кольцевогопаза, мм
77.37.198	2,99	по чертежу		
		5,55-0,281	23,4 ± 0,3	10 <sub>+0,1</sub>
		допустимые, мм		
		5,03	19,9	<u>10,37</u> * 10,42
		предельные, мм		
		4,63	13,41	-

\* В числителе указаны, допустимые при ремонте размеры деталей при сопряжении их с деталями, бывшими в эксплуатации, в знаменателе с новыми.

1. Толщину зубьев измерить для трех равноотстоящих друг от друга зубьев.
  2. Направление измерения ширины кольцевого паза следует принять, как показано выше на схеме измерений.

## 5. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Кафедра ремонта машин	Назначение, устройство и эксплуатация штангенинструментов	Работа № 2
--------------------------	--	------------

**Задание:** 1. Изучить назначение, устройство и методику измерения штангенинструментом.

2. Измерить штангенинструментом размеры  $l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6$  детали 1, толщину зуба и ширину кольцевого паза зубчатого колеса.

3. Определить предельные размеры и дать заключение о годности по каждому размеру.

Таблица 2.4

**Метрологические характеристики штангенинструментов применяемых при измерении**

Наименование штангенинструментов	Метрологические показатели.				
	Пределы измерения, мм	Цена деления основной шкалы, мм	Точность отсчета шкалы нониуса, нониуса, мм	Длина деления шкалы нониуса, мм.	Предельная погрешность измерения, мкм.
Штангенциркуль Штангенглубиномер Штангенрейсмас Штангензубомер					

Таблица 2.5

**Результаты измерения наружного диаметра  $L_4$**

Номинальное значение размера	Направление измерения	Сечение			Действительные размеры		Предельные размеры		Заключение о годности
		1-1	2-2	3-3	наиб.	наим.	наиб.	наим.	
50h15	I - I								
	II - II								

ПРИМЕЧАНИЕ: Размер  $l_6$  измерить штангенрейсмасом.

Таблица 2.6

**Результаты измерения длин и внутренних диаметров**

№ п/п	Обозначение размера	Результаты измерения в направлениях				Действительные размеры		Предельные размеры		Заключение о годности
		I – I		II – II		наиб	наим.	наиб	наим.	
1	30H16									
2	34H15									
3	32H14									
4	14H12									
5	46h14									

ПРИМЕЧАНИЕ: Размер  $l_6$  измерить штангенрейсмасом.

Таблица 2.7

**Результаты измерения размеров зубчатого колеса (шестерни У11 передачи дополнительного вала шасси трактора ДТ-75М, Z = 37)**

Толщина зуба по постоянной хорде				Длина головки зуба				Ширина кольцевого паза				
Измеренная по зубьям			По чертежу	Измеренная по зубьям			По чертежу	Измеренная по направлению			По чертежу	
№1	№2	№3		Допустимая	№1	№2	№3	Допустимая	Пределная	I – I	II - II	Допустимая

Заключение о годности по отдельным параметрам:

### 2.3 Лабораторная работа №3 (2 часа).

Тема: «Назначение, устройство и эксплуатация микрометрических инструментов»

#### 2.3.1 Цель работы:

1. Изучение видов, устройства микрометрических инструментов;
2. Приобретение навыков в измерении микрометрическим инструментом.

#### 2.3.2 Задачи работы:

1. Изучить виды и механизм отсчетного устройства микрометрических инструментов.
2. Изучить устройство, настройку и методику измерения микрометрами, микрометрическими нутромерами и микрометрическими глубиномерами.
3. Измерить размеры деталей микрометром и микрометрическим нутромером.
4. Составить отчет по прилагаемой форме и дать заключение о годности по результатам измерений.

#### 2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Гладкий микрометр МК;
2. Нутромер с пределом измерения 75 – 175.

#### 2.3.4 Описание (ход) работы:

*Изучить устройство, настройку, методику измерения микрометрическим инструментом*

#### Микрометрические инструменты

В машиностроении, на ремонтных предприятиях широко применяются микрометрические инструменты общего и специального назначения: микрометры (для измерения наружных размеров), микрометрические нутромеры (штихмассы - для измерения внутренних размеров), микрометрические глубиномеры (для измерения глубины пазов и канавок, высоты уступов).

Микрометры выпускаются следующих типов: МК – гладкие, МЛ – листовые, МТ – трубные, МЗ – зубомерные (для измерения длины общей нормали зубчатых колес), МП – для измерения диаметра проволки, МГ - горизонтальные настольного типа, МВ – вертикальные настольного типа, МН – 1 и МН – 2 –настольные

со стрелочным отсчетным устройством, мод. 19005 – с цифровым электронным отсчетом и микрометры для измерения среднего диаметра наружных резьб.

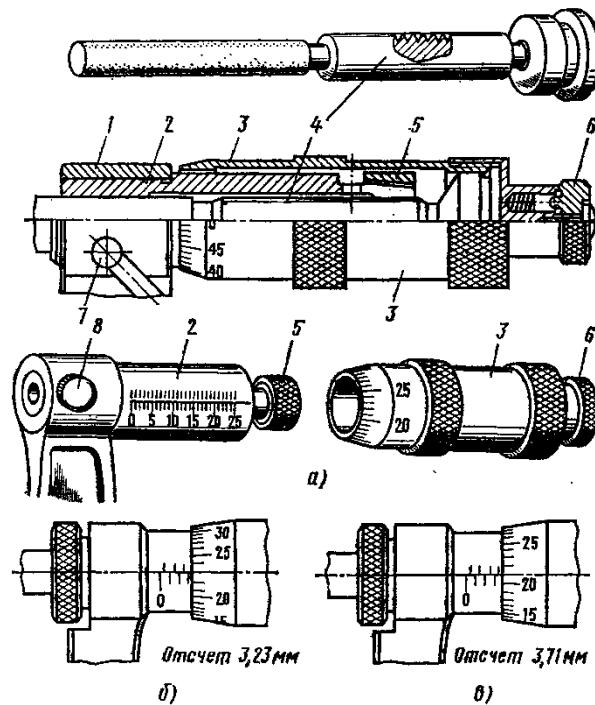
Метод измерения микрометрическими инструментами – прямой, контактный, абсолютный.

### Отсчетное устройство микрометрических инструментов

В основу устройства микрометрических инструментов положен принцип использования винтовой пары, преобразующей угловые перемещения в линейные. На рис. 3.1,а показано устройство микрометрической головки микрометрических инструментов.

Микрометрический винт 4 в сборе с барабаном 3 и механизмом трещетки 6 ввернут во внутреннюю резьбу, выполненную на правом конце стебля 2, запрессованного в скобу 1 микрометра или в основание микрометрического глубиномера.

Зазор в резьбовом соединении устанавливается с помощью регулировочной гайки 5, навертываемой на коническую резьбу, нарезанную на наружной поверхности стебля. Стопорение микрометрического винта осуществляют приспособлением 7 или 8. На поверхности стебля 2 имеется продольная отсчетная линия, над и под которой нанесены миллиметровые деления (шкалы). Верхняя шкала смещена относительно нижней на 0,05 мм. По нижней шкале отсчитывают целое число миллиметров, по верхней шкале доли миллиметров (обычно – 0,5 мм) относительно кромки скоса барабана 3.



**Рис. 3.1. Микрометрическая головка (а) и примеры отсчета по ее шкалам (б и в):**

1 – скоба; 2 – стебель; 3 – барабан; 4 – микрометрический винт; 5 – регулировочная гайка (для регулирования зазора в резьбе); 6 – трещотка; 7 и 8 – стопор микрометрического винта

На скосе барабана нанесена круговая шкала для отсчета долей миллиметра и содержащая «п» делений. Поворот барабана на одно деление этой шкалы вызывает осевое перемещение на  $n$ -ю часть шага. Таким образом точность отсчета в микрометрических инструментах (цена деления на барабане) может быть определена по формуле:

$$l = \frac{t}{n} \quad , \quad (3.1)$$

где  $t$  – шаг винта,  $n$  – число делений на скосе барабана.

В большинстве случаев у микрометрических инструментов число делений на скосе барабана равно 50 и шаг винтовой пары  $t = 0,5$  мм.

Тогда точность отсчета

$$l = \frac{0,5}{50} = 0,01 \text{ мм}$$

При отсчете показаний целое число миллиметров определяют по нижней шкале стебля (например, 3 мм по рис. 3.1,б) и прибавляют число сотых долей миллиметра по скосу барабана (например, 0,23 по рис. 3.1,б). Размер по шкалам микрометрической головки в этом случае составит:  $3 + 0,23 = 3,23$  мм.

Если при отсчете показаний край барабана перешел за деление шкалы, нанесенной выше продольной линии, то к результату, отсчитанному по описанной методике, необходимо прибавить 0,5 мм. Например, по рис. 1,в размер составит:  $3,21 + 0,5 = 3,71$  мм.

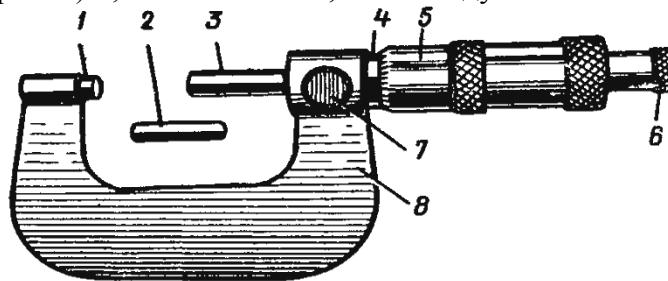
**При появлении штриха из – под скоса барабана, по которому отсчитывают целые миллиметры или 0,5 миллиметра, его начинают учитывать только после того, как нулевой штрих на скосе барабана опустится ниже продольного штриха на стебле (для микрометров и микрометрических нутромеров).**

### *Микрометры для наружных измерений*

Гладкий микрометр типа МК имеет скобу 8 (рис. 3.2), с одной стороны которой запрессована неподвижная пятка 1 (для микрометров с верхним пределом измерения до 300 мм) или переставная пятка (для остальных микрометров).

#### *Настройка микрометра*

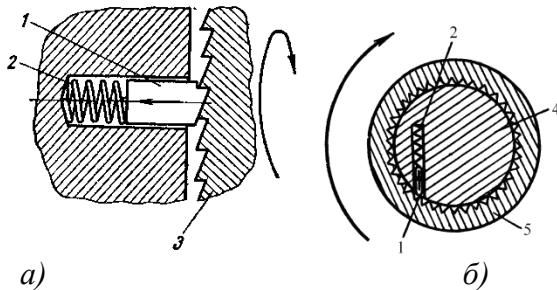
При подготовке микрометра к измерениям следует проверить нулевую установку (по нижнему пределу измерения) и, если она сбита, то ее следует восстановить.



**Рис. 3.2. Гладкий микрометр МК:**

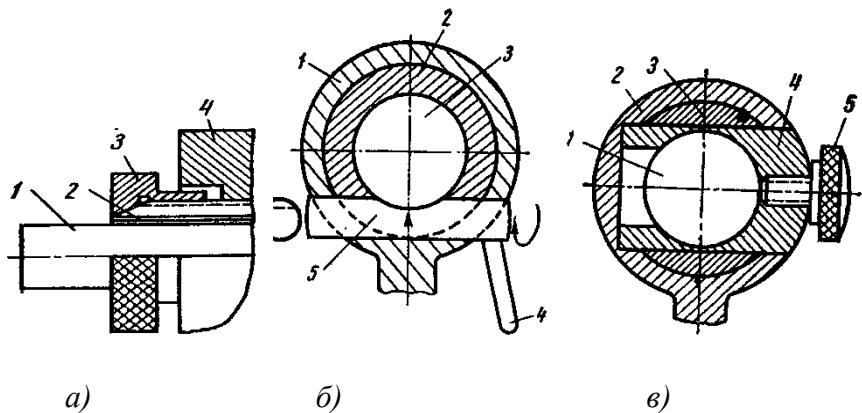
1 – пятка; 2 – установочная мера; 3 – микрометрический винт; 4 – стебель; 5 – барабан; 6 – трещотка; 7 – стопор; 8 – скоба

С другой стороны скобы микрометр имеет микрометрическую головку, устройство, которой представлено на рис. 3.1,а. Трещотка предназначена для обеспечения постоянного измерительного усилия при измерении микрометром. Конструкции трещоток и виды стопоров используемых в микрометрах, представлены на рис. 3.3 и 3.4.



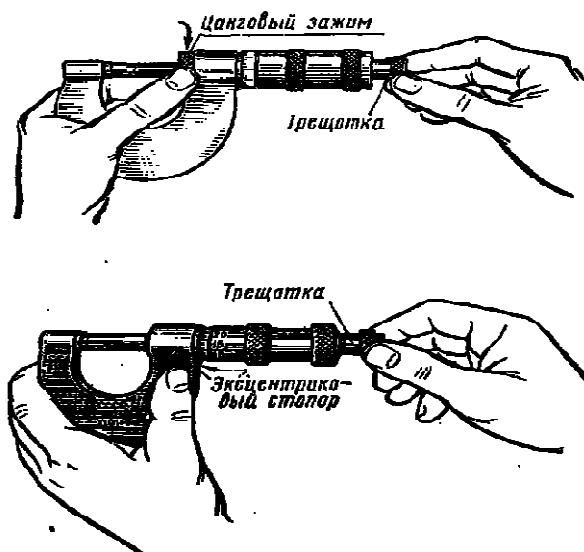
**Рис. 3.3. Конструкции трещоток микрометров с торцевыми зубьями (а) и с зубьями на кольце (б):**

1 – штифт; 2 – пружина; 3 – храповик; 4 – корпус; 5 – ишлицевая втулка

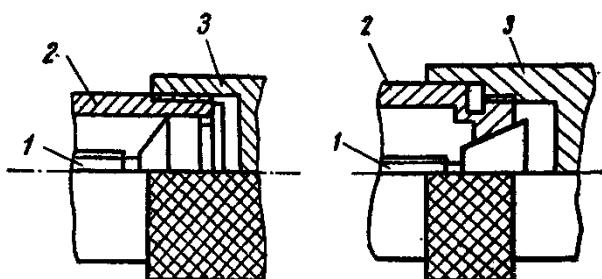


**Рис. 3.4. Виды стопоров микрометров:**

- а) – цанговый: 1 – микровинт; 2 – разрезная гильза; 3 – гайка; 4 – скоба;  
 б) – эксцентриковый: 1 – скоба; 2 – стебель; 3 – микровинт; 4 – ручка; 5 – эксцентрик;  
 в) – с зажимным винтом: 1 – микровинт; 2 – скоба; 3 – стебель; 4 – втулка; 5 – зажимной винт



**Рис. 3.5. Закрепление микровинта стопором**



*Микрометр завода «Калибр»: 1 – микровинт; 2 – барабан; 3 – трещотки*

*Микрометр завода «Красный инструментальщик»: 1 – микровинт; 2 – барабан; 3 – корпус трещотки.*

**Соединение барабана с микровинтом**

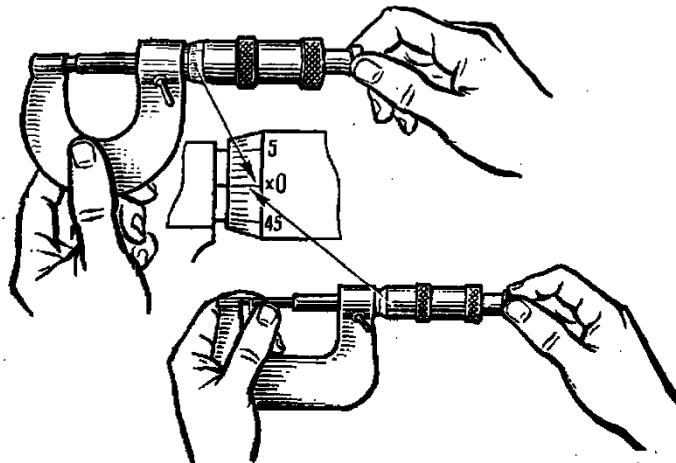
**Рис. 3.6.**

Закрепление микровинта стопором и способы соединения барабана с микровинтом указаны на рис. 3.5 и 3.6.

При установке на нуль микрометров с нижним пределом измерения 25 мм и выше используются установочные меры 2 (рис. 2) прилагаемые к микрометрам или концевые меры длины.

Микрометр проверяют и устанавливают на нуль следующим образом. При помощи трещоточного устройства доводят до соприкосновения измерительные поверхности пятки и микровинта. Для микрометров с нижним пределом измерения 25 мм и выше между измерительными поверхностями пятки и микровинта зажимают при помощи трещотки установочную меру или концевую меру длины.

При этом нулевой штрих барабана должен совпадать с продольным штрихом стебля, и скос барабана должен открывать нулевой штрих стебля (рис. 3.7).



**Рис. 3.7. Проверка нулевого положения микрометра**

Если после соприкосновения измерительных поверхностей с установочной мерой или между собой (с пределами измерения микрометров 0 – 25 мм) нулевой штрих барабана не совпадает с продольным штрихом стебля, то необходимо:

1. Закрепить микровинт стопором (рис. 3.5);
2. Разъединить барабан с микровинтом (рис. 3.8);
3. Установить барабан так, чтобы его нулевой штрих совпал с продольным штрихом стебля, и закрепить его (рис. 3.9);
4. Произвести повторно проверку нулевого положения.

Перед началом измерений между измерительными поверхностями устанавливают расстояние больше измеряемого. Для приведения в соприкосновение измерительных поверхностей микрометра с измеряемым изделием пользуются только механизмом трещотки. При этом микрометр слегка покачивают во взаимно перпендикулярных плоскостях при измерении линейных размеров, одновременно работая трещоткой. Эта операция позволяет найти наименьший размер в сечении измеряемой детали и тем самым исключить ошибки, вызванные неправильным положением инструмента. При измерении диаметров микрометр перемещают в плоскости поперечного сечения детали и устанавливают по диаметру. Затем, покачивая микрометр в плоскости продольного сечения детали, находят его оптимальное положение, которому соответствует наименьший размер. Нормальная сила измерения обеспечивается при трех – пяти щелчках трещотки. После этого микровинт стопорят и осуществляют отсчет по шкалам микрометра. Вращение микровинта за барабан после соприкосновения измерительных поверхностей микрометра и изделия не допускается, так как при этом возникают большие усилия, дополнительные погрешности измерения, и портится резьба винта. Для удобства измерений микрометры с большими пределами измерения (100, 150, 200 мм и т.д.) закрепляют в специальных штативах (стойках). По предельной погрешности выпускают микрометры 1 и 2 класса точности.

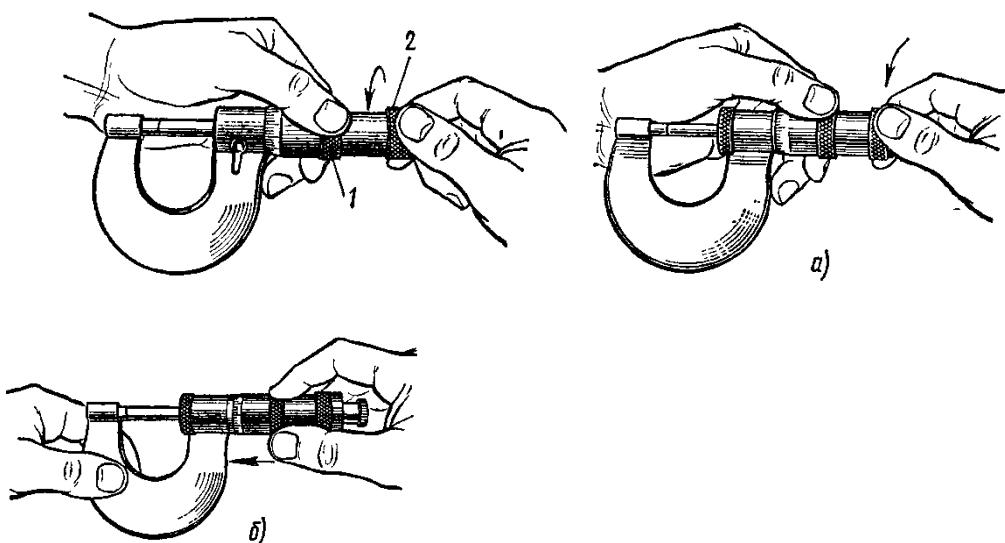


Рис. 3.8. Отсоединение барабана от микровинта микрометра заводов «Калибр» и «Красный инструментальщик»:

а) отвинчивание корпуса треугольки; б) отсоединение барабана от микровинта; 1 – барабан; 2 – корпус треугольки

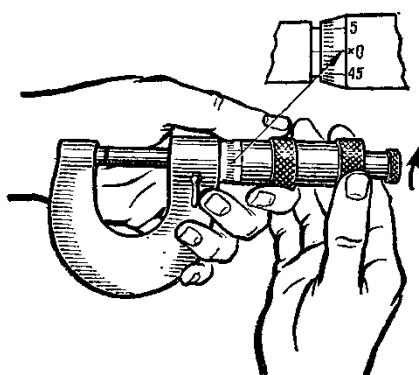


Рис. 3.9. Установка барабана и закрепление его

Микрометрический глубиномер (рис. 3.10) предназначен для измерения глубины пазов, глухих отверстий и высоты уступов. Он представляет собой микрометрическую головку 2, запрессованную в основание 1 перпендикулярно измерительной поверхности основания.

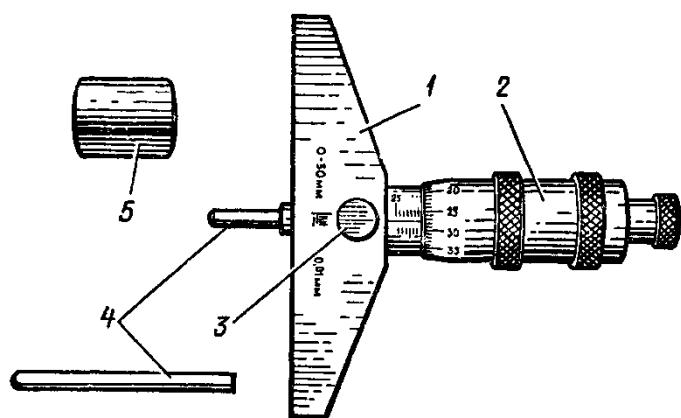
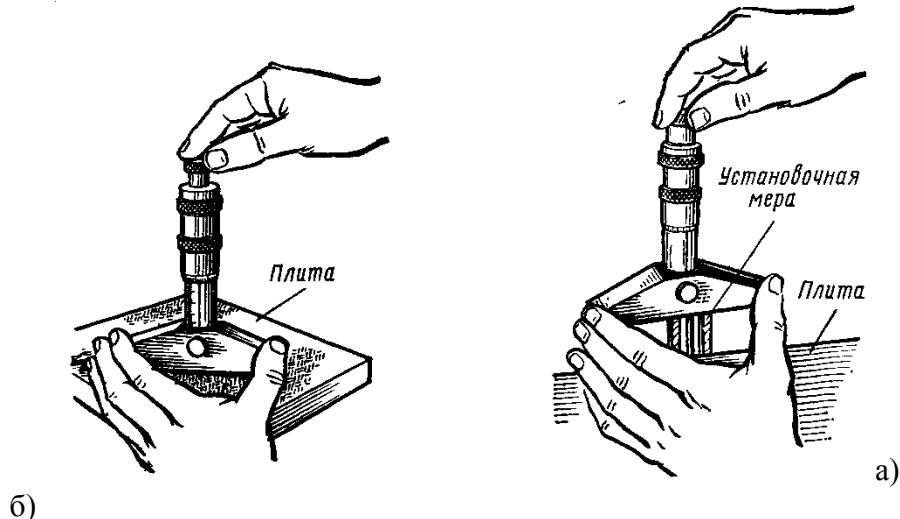


Рис. 3.10. Микрометрический глубиномер (ГОСТ 7470 – 92):

1 – основание; 2 – микрометрическая головка; 3 – стопор; 4 – сменные измерительные стержни; 5 – установочная мера

4 – сменные

Нулевую установку глубиномера проверяют и проводят на поверочной плите (рис. 3.11). При верхних пределах измерений 100 и 150 мм глубиномеры устанавливаются с помощью сменных измерительных стержней 4 (рис. 3.10). При ввинчивании микровинта микрометрического глубиномера показания не уменьшаются, как у микрометра, а увеличиваются. Поэтому цифры на шкале стебля и барабана указаны в обратном порядке: на стебле цифры увеличиваются справа налево, а на барабане – по часовой стрелке.



б)

**Рис. 3.11. Проверка нулевого положения микрометрического глубиномера:**

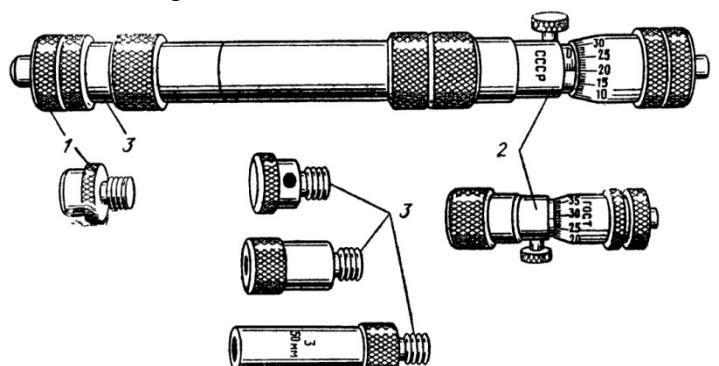
а) – при пределах измерения 0 – 25 мм; б) – при верхнем пределе измерения выше 25 мм (50, 75 и 100 мм)

Микрометрический нутромер (штихмасс) служит для измерения внутренних размеров выше 50 мм. В качестве отсчетного устройства используют такие же микрометрические головки, как у микрометров. Микрометрические нутромеры изготавливаются с пределами измерений: 50 – 75, 75 – 175, 75 – 600, ..., 4000 – 10000 мм.

Устройство микрометрического нутромера представлено на рис. 3.12. Нутромер имеет микрометрическую головку 2, один или несколько удлинителей 3 и измерительный наконечник 1.

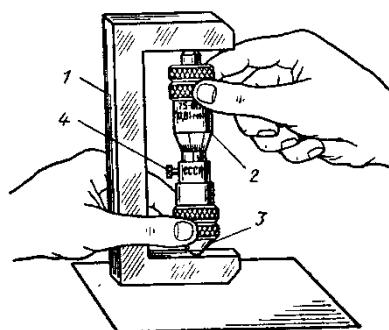
Настройка нутромера осуществляется по установочной мере 1 (рис. 3.13), представляющей собой скобу с двумя взаимно параллельными поверхностями. Микрометрическую головку 2 с наконечником 3 устанавливают между измерительными поверхностями установочной меры 1; придерживая меру и головку левой рукой, а правой рукой, вращая барабан головки, находят кратчайшее расстояние между поверхностями установочной меры.

Застопорив микровинт стопором 4, вынимают микрометрическую головку и проверяют нулевую установку по шкале головки. Если нулевая установка сбита, то ее восстанавливают, освободив контргайку и повернув барабан до совпадения его нулевой отметки с продольным штрихом стебля.



**Рис. 3.12. Микрометрический нутромер:**

1 – измерительный наконечник; 2 – микрометрическая головка;  
3 – удлинители



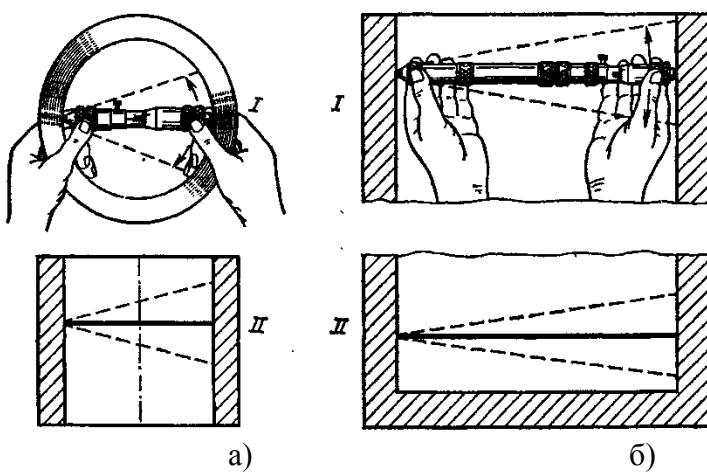
**Рис. 3.13. Настройка микрометрического нутромера по установочной мере:**  
1 – установочная мера; 2 – микрометрическая головка; 3 – наконечник; 4 – стопорный винт

После проверки микроголовки рассчитывают удлинители, стремясь к наименьшему их числу при сборке. Для этого от проверяемого размера отнимают нижний предел измерения микрометрической головки с наконечником. Затем выбирают удлинители по размерам, обеспечивающим их наименьшее количество (от большего к меньшему). Сумма нижнего предела измерения микрометрической головки с наконечником и удлинителями должна быть меньше измеряемого размера, но не более чем на разность между пределами измерения микрометрической головки.

При измерении цилиндрического отверстия линия измерения должна быть наибольшим размером в плоскости, перпендикулярной оси отверстия, и наименьшим размером в плоскости, проходящей через ось (рис. 3.14, а).

При измерении расстояния между параллельными плоскостями правильное положение измерительных поверхностей (отсутствие перекоса) обеспечивают наименьшие показания (рис. 3.14, б).

Отсчет размеров по микрометрической головке нутромера аналогичен отсчету по микрометрической головке микрометра.



**Рис. 3.14. Примеры измерения внутренних размеров микрометрическим нутромером**

**Таблица 3.1**  
Предельные погрешности метода измерения  $\pm \Delta_{lim}$  микрометрическими инструментами, мкм

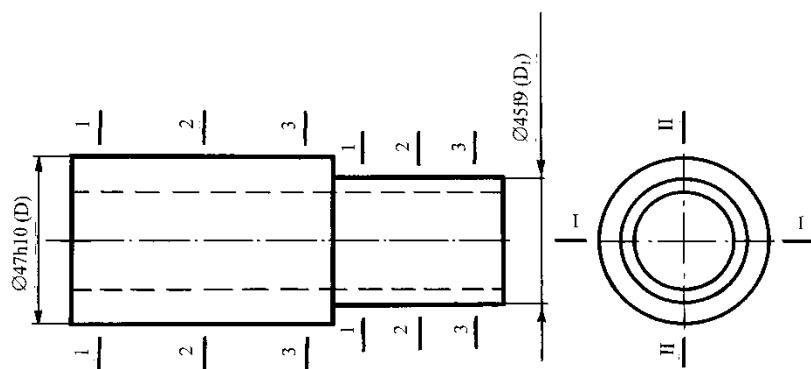
Наименование	Цена	Интервалы размеров измеряемых деталей, мм
--------------	------	---

средства измерения	деления отсчетного устройства, мм	от 1 до 25	св 25 до 50	св. 50 до 120	св. 120 до 250	
Нутромеры микрометрические	0,01	-	-	15	20	
Микрометры гладкие	0,01	5	10	св. 50 до 80	св. 80 до 150	св. 150 до 200
				10	15	20

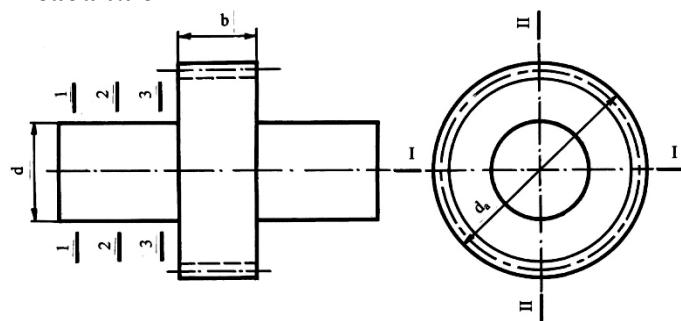
#### 4.2. Измерить размеры деталей микрометром и микрометрическим нутромером

Эскизы деталей и схемы измерений.

##### К заданию 1



##### К заданию 2



Для восстановления шестерен насосов шлифуют изношенные поверхности цапф, торцы и поверхности головок зубьев шестерен до ремонтных размеров – Р1, Р2, Р3.

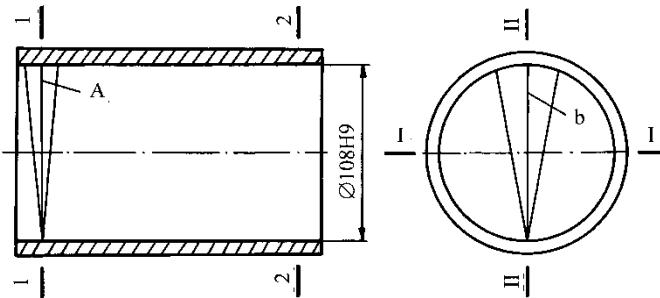
Таблица 3.2.

Размеры шестерен гидравлического насоса после шлифования

Марка насоса	Маркировка	Наружный диаметр головки зуба, мм	Диаметр цапфы, мм	Длина зуба шестерни, мм
--------------	------------	-----------------------------------	-------------------	-------------------------

НШ-10	Новый	$39_{-0,075}^{+0,015}$	$18_{-0,095}^{+0,080}$	$16_{-0,035}^{+0,035}$
	P1	$38,8_{-0,02}^{+0,02}$	$17,9_{-0,095}^{+0,080}$	$15,8_{-0,035}^{+0,035}$
	P2	$38,7_{-0,02}^{+0,02}$	$17,8_{-0,095}^{+0,080}$	$15,7_{-0,035}^{+0,035}$
	P3	$38,6_{-0,02}^{+0,02}$	$17,7_{-0,095}^{+0,080}$	$15,5_{-0,035}^{+0,035}$

### К заданию 3



### 5. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Кафедра ремонта машин	Измерение микрометрическими инструментами	Работа №3
-----------------------	---	-----------

**Задание 1:** 1. Измерить гладким микрометром с пределами измерения 25 – 50 и ценой деления 0,01 мм размеры D и D<sub>1</sub>, результаты измерений занести в таблицу.

2. Построить схему полей допусков для размеров D и D<sub>1</sub>, определить их предельные размеры и дать заключение о годности.

3. Определить отклонения от правильной геометрической формы.

Таблица 3.4.

Результаты измерения наружных диаметров									
Обоз- название разме-ров	Направ- ление измерения	Сечения			Действите-льные размеры		Предельные размеры		Заключ. о год- ности
		1 - 1	2 - 2	3 - 3	наиб.	наим	наиб	наим	
D	I - I								
	II - II								
D <sub>1</sub>	I - I								
	II - II								

### Схема полей допусков

Отклонение от правильной геометрической формы, мм

1. Овальность
2. Конусообразность
3. Бочкообразность
4. Седлообразность

**Задание 2:** 1. Измерить микрометрами наружный диаметр головки зуба (d<sub>a</sub>), диаметр цапфы (d) и длину зуба (b) шестерни масляного насоса НШ-10.

2. Дать заключение о восстановлении изношенных поверхностей шестерни.

Таблица 3.5

Результаты измерения размеров шестерни, мм							
Обознач. размера	Направл. измерения	Сечения			Обознач. размера	Действ. значения размеров	Рекоменд. размеры после шлифования
		1 – 1	2 – 2	3 – 3			
d(1-я цапфа)	I – I				d <sub>a</sub>	1. 2. 3.	d = d <sub>a</sub> = b =
	II – II					1. 2. 3.	
d(2-я цапфа)	I – I				b	1. 2. 3.	d = d <sub>a</sub> = b =
	II – II					1. 2. 3.	

Примечание. Размеры  $d_a$  и  $b$  измерить по трем равномерно расположенным (примерно) по окружности зубьям.

**Задание 3:** Измерить микрометрическим нутромером с пределами измерения ценой деления размера D гильзы, построить схему поля допуска и дать заключение о годности.

Таблица 3.6

Результаты измерения диаметра гильзы						
Обознач. размера	Номин. размер	Направл. измерен.	Сечения		Предельные размеры наиб.      наим.	Заключение о годности
			1 – 1	2 – 2		
D	108	I – I				
		II – II				

### Схема полей допусков

#### 2.4 Лабораторная работа №4 (2 часа).

**Тема: «Плоскопараллельные концевые меры длины и проверка погрешностей гладкого микрометра»**

##### 2.4.1 Цель работы:

1. Приобретение навыков составлении блоков из концевых мер и в контроле измерительного инструмента (микрометра).

##### 2.4.2 Задачи работы:

- 1) Изучать устройство, назначение, классификацию плоскопараллельных концевых мер и порядок составления блоков из них.
- 2) Изучить методы контроля качества микрометров.
- 3) Провести измерения различных блоков плоскопараллельных концевых мер длины (см. форму отчета).
- 4) По результатам измерения определить:
  - а) погрешность показаний микрометров,
  - б) вариацию показаний микрометров,
  - в) отклонение от плоскости и от параллельного измерительных поверхностей,
  - г) дать заключение о годности микрометров к дальнейшей эксплуатации.

##### 2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Микрометры с различными пределами измерений.

2. Набор плоскопараллельных концевых мер длины.

3. Авиационный бензин, вата, антикоррозийная смазка.

4. Краткие сведения о плоскопараллельных концевых мерах длины.

Плоскопараллельные концевые меры длины являются основой линейных измерений в машиностроении и основным средством сохранения единства и достоверности измерений.

#### **2.4.4 Описание (ход) работы:**

С их помощью производят градуировку шкал средств измерений, их поверку, установку приборов на нуль при дифференциальном методе измерения, особо точные разметочные работы, накладку станков, а так же измерения точных размеров изделий.

Плоскопараллельные концевые меры длины представляют собой бруски из закаленной стали или твердого сплава, имеющие форму прямоугольных параллелепипедов. Две противоположные измерительные поверхности каждой концевой меры весьма точно обрабатывают путем шлифования и доводки.

Концевые меры обладают способностью притираться (сцепляться) при их надвигании одну на другую. Благодаря этой способности их можно собирать в блоки равных размеров. Притираемость и высокая точность – главные свойства концевых мер, определяющие их ценность как измерительных средств. Концевые меры выпускают наборами, состоящими из 112, 63 шт. и др. Они позволяют составить блок из минимального числа мер с дискретностью 1 мкм.

Меры по точности изготовления делят на 4 класса: 0,1,2 и 3-й (ГОСТ 9038-73). В зависимости от предельной погрешности аттестации размеров их делят на пять разрядов: с 1-го по 5-й. В аттестации размеров указывают номинальный размер, отклонение от номинального размера в микрометрах и разряд, к которому отнесен проверяемый набор мер. При пользовании аттестованными мерами за размер каждой из них принимают действительный размер, указанный в аттестате. Применение мер по разрядам с учетом их действительных размеров позволяет производить более точные измерения.

Концевые меры длины можно использовать совместно с различными приспособлениями для измерения наружных и внутренних размеров, разметочных работ, контроля высот и др. Основными приспособлениями являются струбцины (державки) разных размеров, основания, боковики, центры и др.

Устройство, назначение, классификация концевых мер, порядок составления блока. см. стр. 13...20 (1).

#### **У1. Краткие сведения о методах проверки гладких микрометров.**

Измерения детали инструментом, необходимо знать степень погрешности данного инструмента с тем, чтобы для получения точного размера правильно внести поправку. Для установления пригодности данного инструмента к работе и погрешности его показаний периодически производится проверка измерительного инструмента, в частности при проверке гладких микрометров контролируются:

1. Отклонения от плоскости измерительных поверхностей.
2. Отклонения от параллельности измерительных поверхностей.
3. Погрешности показаний микрометра.

Отклонение от плоскости измерительных поверхностей проверяется интерференционным методом с помощью стеклянных плоско параллельных мер.

Сущность метода заключается в следующем:

На измерительную поверхность накладывается мера и принимается так, чтобы получить наименьшее количество интерференционных полос.

Количество одноцветных интерференционных полос характеризует отклонения от плоскости.

Умножив число на 0,3 (длина волны белого света 0,6 мкм) получив величину отклонения от плоскости в микрометрах .

Допуск плоскости измерительных поверхностей микрометра составляет 0,001 мм. Сравнивая найдено отклонение с допустимым, дают заключение о годности.

Аналогично микрометр проверяется на параллельность измерительных поверхностей, только мера закрепляется между поверхностями . Интерференционные полосы возникают в местах соприкосновения измерительных поверхностей с мерой. Подсчитывают суммарно число полос на обеих поверхностях, которое и характеризует отклонение от параллельности.

Для более точного подсчета отклонения от параллельности по окружности винта микрометра применяют четыре пластины, отличающиеся размером друг от друга на 0,12-0,13 мм. Допуск параллельности поверхностей приведены в таблице, далее производится проверка погрешностей показаний микрометра.

УП. Порядок выполнения работы.

1. Для проверки погрешностей показаний микрометра, его выдерживают в помещении 3-4 часа.

Допустимые отклонения от нормальной температуры 20 °C в помещений, где производятся измерение, составляет  $\pm 6$  °C для микрометров с верхним пределом измерений 25 и 50 мм.

Проверка показаний микрометра производится по концевым мерам 2 класса или 5 разряда. Приемы составления блоков из плоскопараллельных мер длины см. стр. 13-20 /1/.

2. Установить микрометр на нуль. Собрать блоки рекомендуемых размеров и произвести измерения их. Поверку следует производить в шести точках шкалы стебля, т. е. на первом штрихе /0,25,50 и т. д./, а затем на штрихах, отстоящих друг от друга на 5 мм. Кроме того в средней части шкалы проверяются три точки шкалы барабана; проверка производится на штрихах, отстоящих друг от друга на 0,12 мм.

Настройка микрометра на нуль см. стр. 92-93 /1/.

Рекомендуемые размеры блоков концевых мер

ТАБЛИЦА 17.1.

Верхний предел измерений микрометром, в мм	25 мм	Свыше 25 мм
Размеры блоков концевых мер в мм.	5,12	A+5,12
Верхний предел измерений микрометром в мм	25 мм	Свыше 25 мм
Размеры блоков концевых мер в мм	10,24 15,38 21,50 25,00	A+10,24 A+15,36 A+21,50 A+25,00

А – нижний предел измерения микрометром

3. Показания микрометра при проверке указанных точек шкалы заносятся в форму отчета. Отчет показаний по шкале микрометров ведется с точностью тысячных долей мм.

Сравнивая действительные погрешности с допустимыми дать заключение о годности микрометра.

ТАБЛИЦА 17.2- Допустимые погрешности микрометров.

Верхний предел измерений в мм	Допустимая погрешность показаний микрометров	Допуск параллельности измерительных поверх.
5, 10, 25, 50	$\pm 4$	2
75 и 100	$\pm 4$	2,5
125 и 150	$\pm 5$	3
175 и 200	$\pm 6$	4

4. Для определения вариации /нестабильность/ показаний микрометра следует каждый размер измерять трижды; разность между повторным измерениями дает вариацию.

5. По окончанию работы:

а) Промыть измерительные поверхности инструмента и плоскопараллельных концевых мер.

б) Протереть мягкой тканью и смазать антисептической смазкой, уложить в футляр.

в) Убрать рабочее место.

6. Составить отчет по форме.

### ФОРМА ОТЧЕТА

афедры ремонта машин	роверка погрешностей показаний гладкого микрометра	Работа № 17
----------------------	--	-------------

Задание: 1. Изучить устройство, назначение, классификацию плоскопараллельных концевых и порядок составления блоков из них.

2. Проверить микрометр с пределами измерения 0-25, и 25-50 мм с помощью плоскопараллельных концевых мер длины и дать заключение о годности.

3. Допустимые отклонения от нормальной температуры при измерений \_\_\_\_\_

Результаты проверки занести в таблицу.

Микрометр с пределами измерения 0-25			Микрометр с пределами измерения 25-50			
п/п	Размер блока из концевых мер	Показания микрометра	Показания микрометра	Погрешность показаний	Показания микрометра	Погрешность показаний
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

Допустимая погрешность показания микрометра -

Измеренное отклонение от плоскости -      Допуск плоскостности-

Измеренное отклонение от параллельности -      Допуск параллельности измерит. поверхностей-

### 2.5 Лабораторная работа №5 (2 часа).

Тема: «Устройство и эксплуатация индикаторных скоб»

#### 2.5.1 Цель работы:

1. Изучить назначение, устройство индикаторов часового типа (области их применения), индикаторных скоб.

### **2.5.2 Задачи работы:**

1. Изучить назначение и устройство индикаторов часового типа, индикаторных скоб.
2. Изучить порядок настройки и методику измерения индикаторными скобами.
3. Измерить индикаторной скобой диаметры поршня д.в.с., предварительно настроив прибор для измерения заданного размера поршня.
4. По результатам измерения определить величины отклонений от правильной геометрической формы поверхностей, дать заключение о годности. Для гильзы с диаметром  $\sim 130$  мм построить график изменения размеров ее по высоте, т.е. установить характер износа гильз в процессе эксплуатации.

### **2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1 Индикаторная скоба СИ 50 ГОСТ 11098 – 75;

### **2.5.4 Описание (ход) работы:**

*Изучить назначение, устройство, порядок настройки и методику измерения индикаторными приборами*

#### **Сведения об индикаторных приборах**

К индикаторным относятся приборы, в которых измерительными головками являются индикаторы. На практике наиболее часто применяются индикаторные скобы, индикаторные нутромеры, индикаторные глубиномеры, а также штативы и стойки с индикаторами для измерения размеров деталей, отклонений формы и расположения поверхностей. Индикаторы и индикаторные приборы относятся к группе рычажно-механических приборов.

Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм являются наиболее распространенными измерительными головками. Принцип их действия основан на преобразовании возвратно-поступательного движения измерительного стержня во вращательное движение стрелки при помощи зубчатого передаточного механизма.

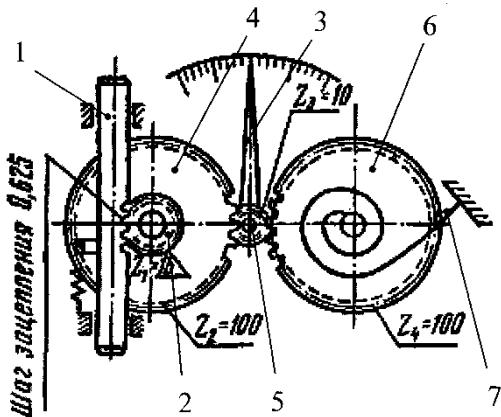
Схема индикатора представлена на рис. 4.1.

Общий вид индикатора часового типа (тип ИЧ) представлен на рис. 4.2.

Индикаторы часового типа предназначены для использования в цеховых условиях при выполнении операций технологических процессов изготовления, сборки и испытания изделий. Индикаторы часового типа выпускают двух исполнений: типа ИЧ – с перемещением стержня параллельно шкале (рис. 4.2) и типа ИТ – с перемещением стержня перпендикулярно шкале.

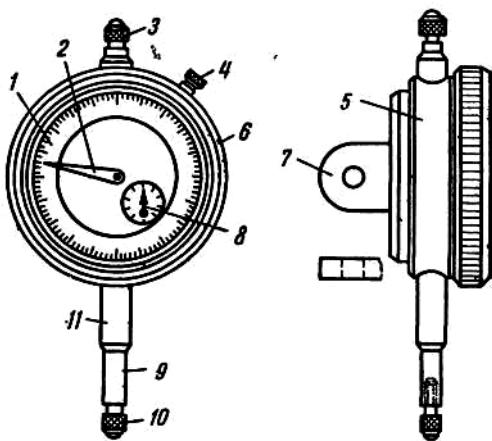
На лицевой стороне индикаторов часового типа (рис. 4.2) имеются две шкалы: большая шкала 1 с нанесенными на ней 100 делениями с ценой деления 0,01 мм и малая шкала с миллиметровыми делениями.

Перемещение измерительного стержня 9 на 1 мм вызывает поворот большой стрелки на  $360\oplus$  и малой стрелки 8 на одно деление, т. е. на 1 мм.



**Рис. 4.1. Кинематическая схема индикатора:**

1 – измерительный стержень; 2,4,5,6 – зубчатые колеса; 3 – основная (большая) стрелка; 7 – спиральная пружина



**Рис. 4.2. Индикатор часового типа:**

1 – большая шкала; 2 – стрелка; 3 – головка измерительного стержня; 4 – стопор; 5 – корпус; 6 – ободок; 7 – ушко; 8 – указатель чисел оборотов (целых мм); 9 – измерительный стержень; 10 – наконечник; 11 – гильза

Шкала большой стрелки вместе с рифлённым ободком поворачивается относительно корпуса головки, таким образом, любое значение шкалы совмещается с концом стрелки 2.

При чтении размеров по шкалам индикатора часового типа целое число миллиметров отсчитывается стрелкой указателя оборотов по малой шкале. Сотые доли миллиметров отсчитываются стрелкой по большой шкале.

На практике также находят применение многооборотные индикаторы повышенной точности (рычажно-зубчатые измерительные головки) 1МИГ и 2МИГ с ценой деления 0,001 мм и 0,002 мм, однооборотные рычажно-зубчатые головки типа 1ИГ и 2ИГ с ценой деления 0,001 мм и 0,002 мм.

Индикаторы применяют для измерения размеров, отклонений формы и расположения поверхностей при закреплении их в стойках, штативах или в специальных приспособлениях.

На рис. 4.3 представлены штативы и примеры закрепления в них индикаторов часового типа.

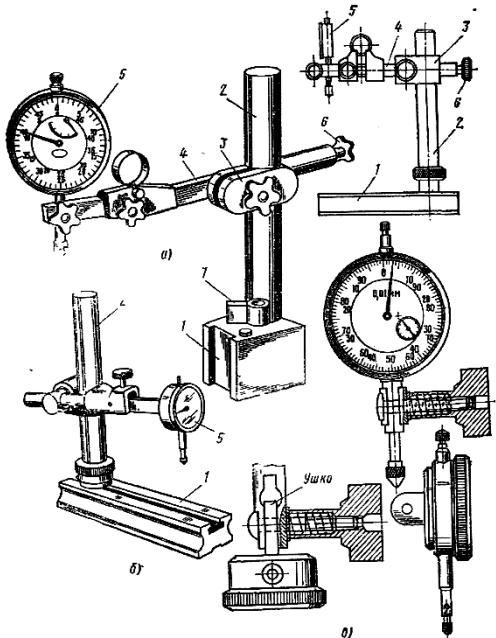
Штативы с магнитным основанием отличаются от штативов других типов постоянными магнитами, встроенным в основание штативов. Посредством этих магнитов штативы удерживаются на стальных и чугунных изделиях без дополнительного закрепления. Включение магнитов в основании штатива приводится рычагом 7.

На рис. 4.4 представлены различные типы стоек для закрепления измерительных

головок.

На рис. 4.5 представлены примеры проверки радиального биения индикатором часового типа, закрепленным в штативе.

Широко применяются индикаторы как измерительные головки в различных приборах, стендах и других устройствах.



**Рис. 4.3. Штативы типа ШМ-II (а), Ш-II (б) и примеры закрепления в них индикаторов часового типа (в):**

1 – основание; 2 – колонка; 3 – муфта; 4 – стержень; 5 – измерительная головка; 6 – винт микроподачи; 7 – рычаг включения магнитов

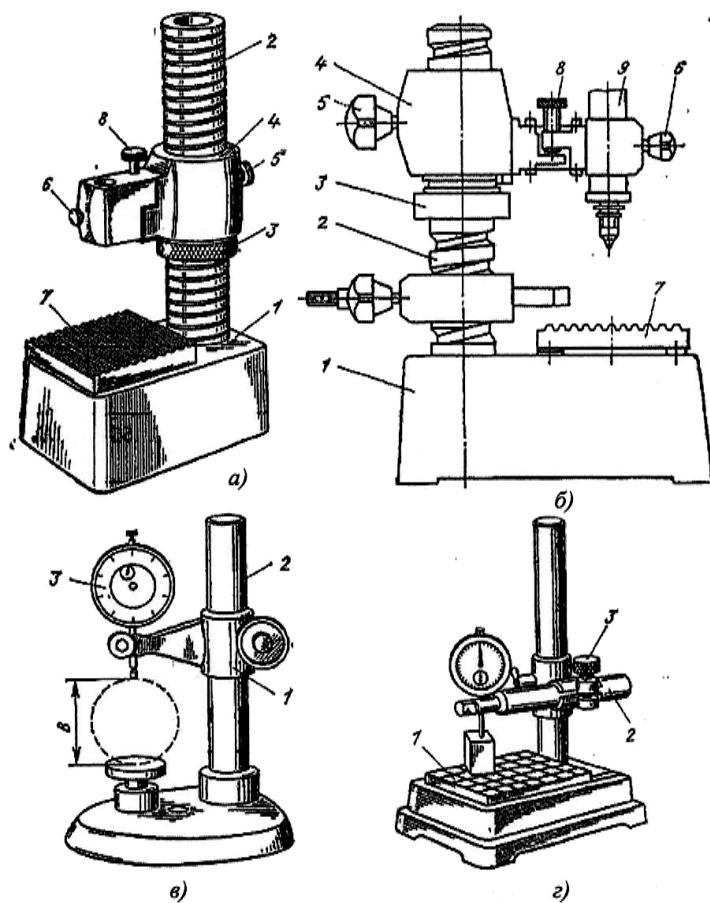
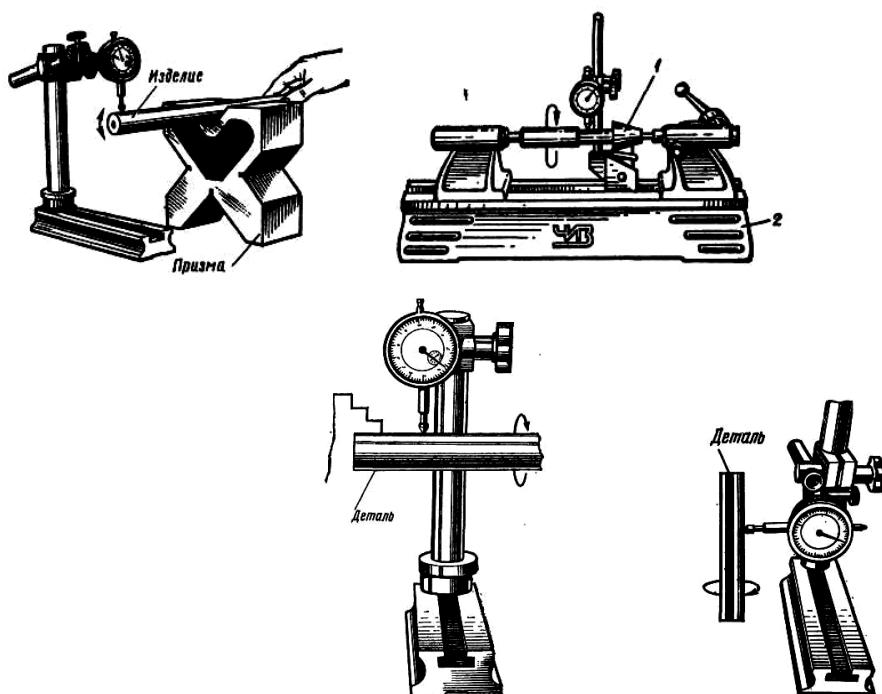


Рис. 4.4. Типы стоек: С-І (а), С-ІІ (б), С-ІІІ (в), С-ІV (г)

а) и б): 1 – основание; 2 – цилиндрическая колонка; 3 – гайка; 4 – кронштейн; 5, 6 – винты; 7 – ребристый стол; 8 – винт механизма микроподачи; 9 – измерительная головка;  
 в): 1 – кронштейн; 2 – цилиндрическая колонка; 3 – индикатор;  
 г): 1 – стол; 2 – кронштейн со стержнем; 3 – хомутик

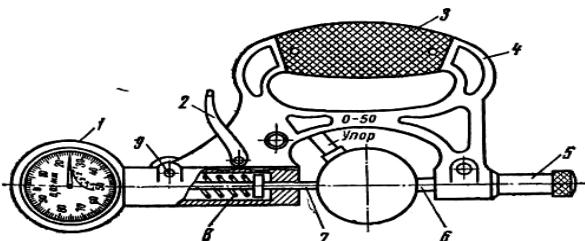


### Рис. 4.5. Проверка радиального биения

#### Назначение, настройки индикаторных скоб и измерение ими

Индикаторные скобы (рис. 4.6) предназначены для измерения наружных размеров относительным методом. Верхний предел измерения 1000 мм.

Для настройки скобы составляют блок ПКМД по номинальному размеру контролируемого изделия. Освобождают стопор переставной пятки и снимают предохранительный колпачок 5 (рис. 4.6). Установив блок ПКМД между измерительными поверхностями и перемещая переставную пятку 6, устанавливают малую стрелку индикатора 1 на «1» и большую стрелку на нулевое деление, после чего переставная пятка стопорится и закрывается защитным колпачком.



#### Рис. 4.6.Индикаторная скоба:

1 – индикатор; 2 – отводка; 3 – теплоизоляционные накладки; 4 – корпус; 5 – колпачок; 6 – переставная пятка; 7 – подвижная пятка; 8 – пружина; 9 – винт

Проверяют стабильность показаний отсчетного устройства. Для этого, нажимая на арретир (отводку) 2, отводят подвижную пятку 7 три раза от блока ПКМД и возвращают обратно. При этом стрелка не должна смещаться с нулевой отметки более чем на половину деления. Снова нажав на арретир, вынимают блок ПКМД.

При измерении скобу рекомендуется держать так, чтобы ее полная масса не передавалась на подвижную пятку. Нажав на арретир, между измерительными поверхностями пяток вводят контролируемое изделие, затем, опустив арретир, находят оптимальное положение прибора относительно измеряемого изделия. Линия измерения должна совпадать с диаметром и быть перпендикулярной измерительным поверхностям изделия. Отсчитывают показания по шкале отсчетного устройства с учетом знака «+» или «-». Действительный размер изделия определяется суммированием номинального размера блока ПКМД и отклонения по шкале отсчетного устройства.

По окончании измерений вновь устанавливают блок ПКМД и проверяют, не сбилась ли нулевая установка.

## 2.6 Лабораторная работа №6 (2 часа).

### Тема: «Устройство и эксплуатация индикаторных нутрометров»

#### 2.6.1 Цель работы:

1. Изучить назначение, устройство индикаторов часового типа (области их применения), индикаторных нутрометров.
2. Приобрести навыки в измерении индикаторными нутрометрами.

#### 2.6.2 Задачи работы:

1. Изучить назначение и устройство индикаторных нутрометров.
3. Измерить индикаторным нутрометром внутренние диаметры гильз, предварительно установив прибор на нуль.
4. По результатам измерения определить величины отклонений от правильной геометрической формы поверхностей, дать заключение о годности. Для гильзы с

диаметром  $\cap 130$  мм построить график изменения размеров ее по высоте, т.е. установить характер износа гильз в процессе эксплуатации.

### **2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Индикаторный нутромер 6 – 10 ГОСТ 9244 – 75.

### **2.6.4 Описание (ход) работы:**

#### ***Назначение и устройство индикаторных нутромеров***

Индикаторные нутромеры предназначены для измерения внутренних размеров, например, диаметров отверстий, методом сравнения с мерой (относительным методом).

Индикаторные нутромеры с ценой деления индикаторов часового типа 0,01 мм типа НИ выпускаются для измерения размеров от 6 до 1000 мм (по диапазонам измерения 6–10, 10–18, 18–50, 50–100, 100–160 и т.д.).

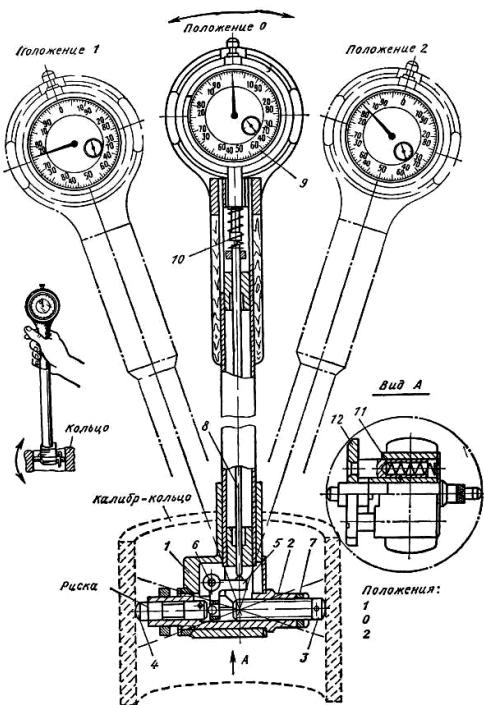
Применяются также нутромеры с ценой деления 0,001 мм с измерительной головкой 1ИГ для размеров от 3 до 10 мм и нутромеры с ценой деления 0,002 мм с измерительной головкой 2ИГ для размеров от 10 до 260 мм.

Индикаторный нутромер типа НИ-100 представлен на рис. 5.1.

В корпус 1 нутромера вставлена втулка-вставка 2, в которую с одной стороны ввернут сменный неподвижный измерительный стержень 3, а с другой стороны установлен подвижный измерительный стержень 4, воздействующий на рычаг 5, закрепленный на оси 6. Положение неподвижного стержня фиксируется гайкой 7. В корпусе размещен шток 8, отжимаемый к рычагу 5 измерительным стержнем индикатора часового типа 9 и спиральной пружиной 10. Индикатор закреплен в трубке нутромера зажимным винтом. Шток 8, воздействуя на рычаг 5, отводит подвижный стержень 4 в крайнее положение и при измерении внутренних размеров создает требуемую силу измерения.

Центрирующий мостик 12, прижимаемый двумя пружинами 11 к поверхности контролируемого отверстия, обеспечивает совмещение линии измерения с диаметром отверстия.

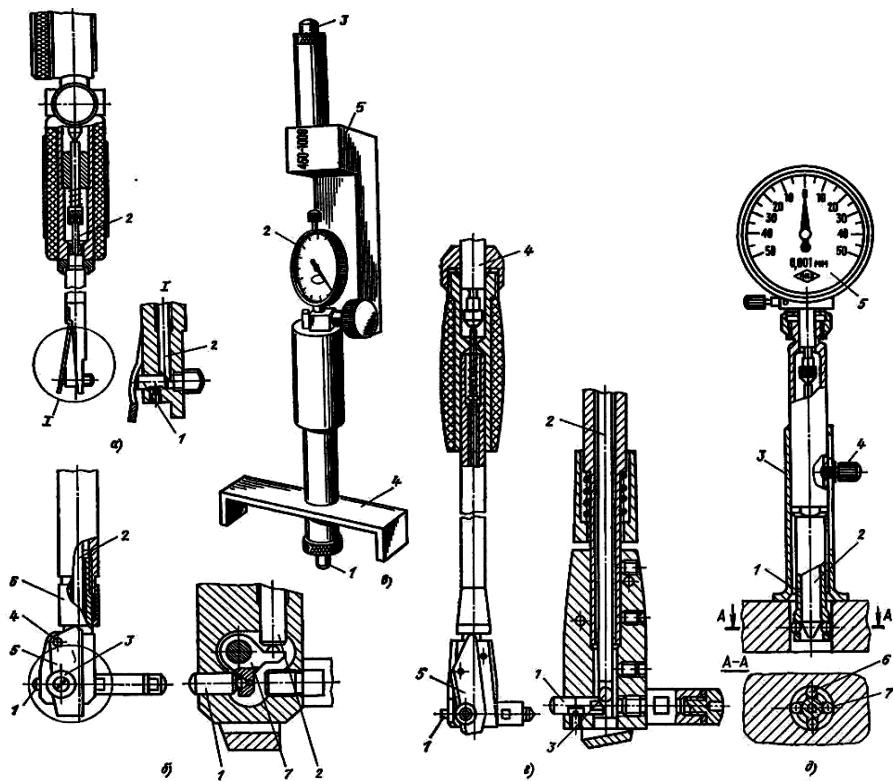
Нутромер укомплектовывается сменными измерительными стержнями, которые подбирают и ввертывают в корпус нутромера в зависимости от размера отверстия и пределов измерения.



**Рис. 5.1. Индикаторный нутромер типа НИ – 100:**

1 – корпус; 2 – втулка-вставка; 3 – неподвижный измерительный стержень; 4 – подвижный измерительный стержень; 5 – рычаг; 6 – ось рычага; 7 – гайка; 8 – шток; 9 – индикатор; 10-пружина; 11 – пружина; 12 – центрирующий мостик

Индикаторные нутромеры других типов и моделей представлены на рис.5.2.



**Рис. 5.2. Индикаторные нутромеры типа:**

*а) – НИ-10: 1 – измерительный стержень; 2 – шток; б) – НИ-50: 1 – измерительный стержень; 2 – шток; 3 – ролики; 4 – ось; 5 – скоба; 6 – стакан с пружиной; 7 – рычаг; в) – НИ-1000: 1 – подвижный измерительный стержень; 2 – индикатор часовного типа; 3 – неподвижный измерительный стержень; 4 – центрирующий мостик; 5 – корпус; г) – мод. 109: 1 – подвижный стержень; 2 – шток; 3 – шарик; 4 – измерительная головка с ценой деления 0,001 или 0,002 мм; 5 – центрирующий мостик; д) – мод. 104: 1 – сменная измерительная вставка; 2 – шток; 3 – упор; 4 – винт; 5 – рычажно-зубчатая головка; 6 и 7 – шарики*

По конструктивному оформлению они могут быть разделены на следующие основные типы: цанговые – для измерения диаметров малых отверстий, с клиновой передачей (рис.4.8,а), с рычажной передачей (рис. 5.1 и 5.2,б) для измерения наиболее ходовых размеров и с прямой передачей (рис. 5.2,в).

На рис. 4.8,д представлен нутромер с конусно-шариковой передачей.

Нутромер НИ-50 (рис.5.2,б) для совмещения линии измерения с диаметром изделия имеет оригинальный центрирующий мостик, состоящей из скобы 5 с установленными на ее боковых сторонах роликами 3, вращающимися на осях, закрепленных в скобе. Стакан 6 с расположенной в нем пружиной отжимает скобу 5 таким образом, что она, поворачиваясь на оси 4, обеспечивала через ролики 3 нормированную силу измерения.

### ***Настройка индикаторных нутромеров и порядок измерений ими***

Измерения индикаторным нутромером начинают с настройки его на заданный номинальный размер отверстия.

Настройку нутромера осуществляют по плоскопараллельным концевым мерам длины (ПКМД), которые закрепляются в державке 3 между боковиками 2 (рис. 5.3,а), или по аттестованным кольцам (рис. 5.3,б), или по гладкому микрометру класса точности "0" (рис. 5.3,в).

Для установки на требуемый размер нутромеров с ценой деления измерительных головок 0,001 мм и 0,002 мм завод «Калибр» выпускает наборы (комплекты) установочных колец с различными номинальными размерами. Например, комплект мод. 928.4 включает кольца следующих размеров: 18; 19; 20; 21; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 45; 48; 50 мм. Выпускаются также комплекты колец 928.2; 928.3; 930, которые охватывают размеры от 6 до 160 мм.

Индикаторные нутромеры настраивают следующим образом:

1. Подбирают переставной стержень нутромера по номинальному размеру отверстия.  
2. Закрепляют в державке между боковиками блок ПКМД с размером, равным номинальному размеру отверстия, или устанавливают на данный размер микрометр, закрепленный в стойке, или используют аттестованное кольцо соответствующего размера.

3. Вводят измерительные поверхности стержней индикаторного нутромера между измерительными поверхностями боковиков или микрометра, или в установочное кольцо (рис. 5.3).

4. Вращением переставного стержня доводят до соприкосновения измерительные поверхности стержней нутромера с измерительными поверхностями боковиков или микрометра, или установочного кольца.

Вывертывают переставной стержень далее, создавая предварительный натяг (обычно малую стрелку индикатора устанавливают на "1", так как индикаторы часовного типа имеют наименьшую погрешность в начале второго оборота). Затем стопорят переставной стержень.

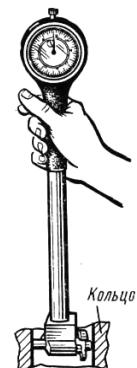
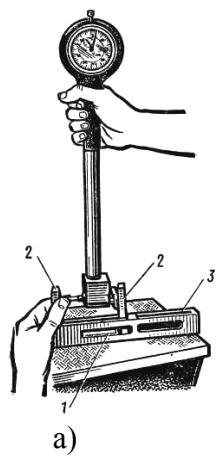
5. Небольшим покачиванием нутромера в вертикальной плоскости из положения "1" в положение "2" (рис. 5.1) и наоборот находят его оптимальное положение (положение "0" рис. 4.7), при котором линия измерения перпендикулярна измерительным поверхностям боковиков или микрометра, или установочного кольца (в вертикальной поверхности). При настройке по ПКМД и микрометру аналогичную операцию повторяют, вращая нутромер

вокруг вертикальной оси (т. е. в горизонтальной плоскости). При нахождении оптимального положения индикаторного нутромера наблюдают за показаниями индикатора.

Оптимальному положению соответствует максимальное отклонение большой стрелки индикатора (т. е. момент, когда стрелка занимает крайнее положение при вращении по часовой

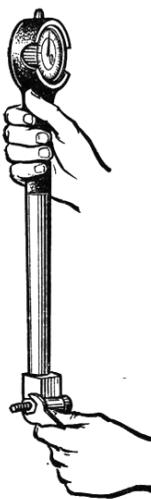
стрелке и изменяет направление своего движения в обратную сторону). В этом положении нутромера устанавливают большую стрелку на ноль поворотом шкалы (поворотом ободка индикатора).

6. Поднимая за головку индикатора и опуская несколько раз измерительный стержень, проверяют постоянство показаний. Предварительно повторным покачиванием прибора проверяют правильность нулевой установки.

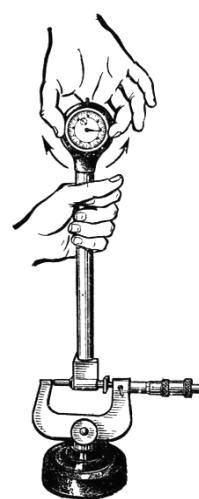


Установка по концевым мерам 1, закрепленным в державке 3 с боковиками 2.

Установка по аттестованному установочному кольцу. Исключается погрешность центрирующего мостика.



Закрепление неподвижного измерительного стержня гаечным ключом



Установка поворотного ободка

**Рис. 5.3. Настройка индикаторного нутромера по плоскопараллельным концевым мерам длины (а), по аттестованному установочному кольцу (б), по микрометру (в)**

7. При измерении размеров отверстий поджимают центрирующий мостик и вводят нутромер в отверстие наклонно, т.е. сначала поджатый мостик, а потом переставной стержень (положение 1 рис. 5.1). Покачивая нутромер в вертикальной плоскости (как и при

настройке), фиксируют наибольшее показание стрелки индикатора, и читают показания индикатора часового типа.

В таблицу формы отчета записывают действительные размеры ( $D_d$ ), которые определяют следующим образом:

$$D_d = D + \Delta, \quad (4.1)$$

где  $D$  – размер, на который проводилась настройка;  
 $\Delta$  – отклонение размера  $D_d$  от  $D$ .

$$\Delta = y - u, \quad (4.2)$$

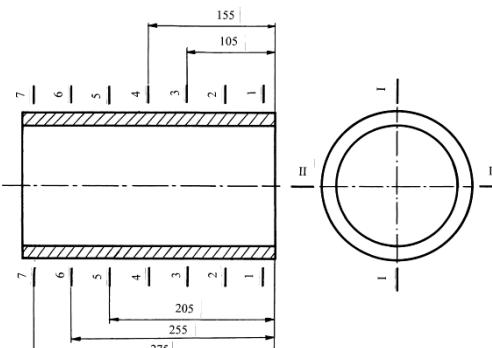
где  $y$  – показание индикатора при настройке (например, 1,0);  
 $u$  – показание индикатора при измерении размера отверстия (например 0,92 или 1,15 и т. п.).

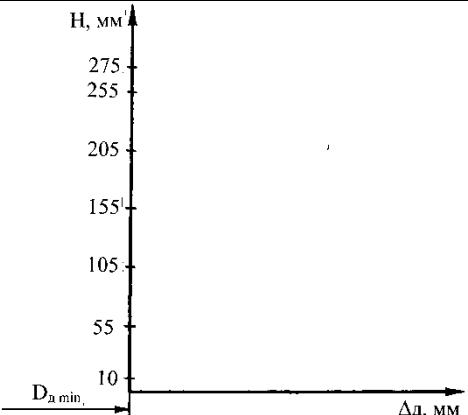
8. После окончания измерений нутромер снова наклоняют в сторону центрирующего мостика и в таком положении извлекают из отверстия. Результаты измерений занести в таблицу и составить отчет по прилагаемой форме.

Примечания:

1. Пример обозначения индикаторной скобы с диапазоном измерения 0 – 150 мм: скоба СИ 50 ГОСТ 11098 – 75.
2. Пример условного обозначения нутромера с ценой деления 0,001 мм, с диапазоном измерения 6 – 10 мм: нутромер 6 – 10 ГОСТ 9244 – 75; то же, с ценой деления 0,01 мм класса точности 1: нутромер НИ 6 – 10 – 1 ГОСТ 868 – 82.

## 5. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Кафедра ремонта машин	Измерение индикаторным нутромером.	Работа № 4,5	
		Схема расположения полей допусков	
			
Эскиз детали и схема измерений			
Результаты измерений		Предельные диаметры	
Направление измерен	Сечения, перпендикулярные оси.	$D_{max}$	$D_{min}$
1	2		
Гильза 1 – $\varnothing 130$ H8		Настройка по мерам длины	
I – I			

II – II											
Гильза 2 – $\varnothing 102$ H9					Настройка по микрометру						
	Верхнее	Среднее			Нижнее						
I – I											
II – II											
	 <p>График изменения размеров по высоте гильзы (<math>\varnothing 130</math>H8)</p>					<p>Отклонения от правильной геометрической формы, мм:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Овальность.....</li> <li>2.Конусообразность.....</li> <li>3.Бочкообразность.....</li> <li>4.Седлообразность.....</li> </ol> <p><math>H</math> – высота гильзы</p> <p><math>\Delta_d</math> – отклонение от действительного размера <math>D_d</math> от <math>D_{d\min}</math></p> $\Delta_d = D_d - D_{d\min}$					

Подпись студента

Подпись преподавателя

## 2.7 Лабораторная работа №7 (2 часа).

Тема: «Измерение углов угломером с нониусом типа 1»

### 2.7.1 Цель работы:

1. Изучить назначение, устройство угломера с нониусом типа 1 (мод. УМ);
2. Приобрести навыки измерения углов угломером мод. УМ.

### 2.7.2 Задачи работы:

1. Ознакомиться, изучить назначение, устройство угломера типа 1.

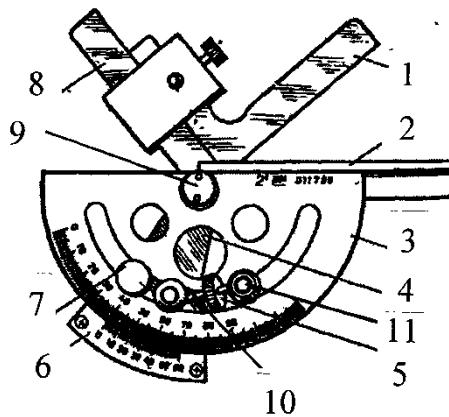
### 2.7.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Угломеры типа 1 (модель УМ).
2. Многоугольники для измерения углов.

### 2.7.4 Описание (ход) работы:

*Изучить назначение, устройство угломеров типа 1 (мод. УМ).*

**Угломер с нониусом типа 1 (мод. УМ),** представленный на рис. 6.1, предназначен для измерения наружных углов в пределах от 0 до  $180^\circ$ . К основанию 3, выполненному в виде полудиска с прорезью и нанесенной на нем шкалой от 0 до  $120^\circ$  с ценой деления  $1^\circ$ , прикреплена линейка 2. Основание через ось 9 соединено с угловым сектором 4 с линейкой 8, которые могут поворачиваться на оси.



**Рис. 6.1. Угломер мод. УМ:**

1 – угольник; 2 – линейка основания; 3 – основание; 4 – сектор; 5 – устройство для микрометрической подачи; 6 – нониус; 7 – стопор; 8 – подвижная линейка; 9 – ось; 10 – микрометрический винт; 11 – гайка

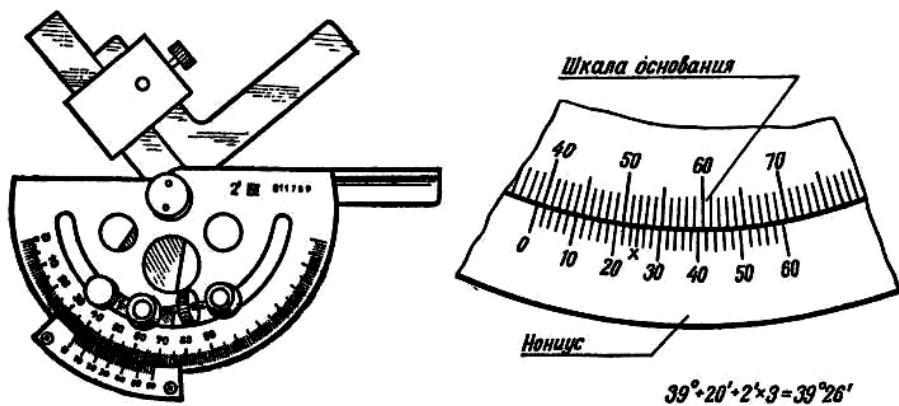
К сектору 4 винтами прикреплена шкала углового нониуса 6. Перемещение сектора с линейкой 8 осуществляется при освобождении стопором 7. Точная установка угломера на размер проводится с помощью микрометрической подачи, состоящей из микрометрического винта 10 с гайкой 5 и стопорного приспособления с гайкой 11. В последних конструкциях угломера механизм микрометрической подачи выполнен в виде корпуса цилиндрической формы с накаткой и со спиральным пазом на внутренней поверхности, в которой входит штифт, жестко связанный с сектором. Сверху установлен стопорный винт основания корпуса. При использовании механизма микрометрической подачи стопорные винты заворачиваются (стопорится основание), после чего поворотом корпуса обеспечивается перемещение сектора с подвижной линейкой.

*Перед началом измерения стопорные винты сектора и механизма микрометрической подачи должны быть отпущены.*

Углы от  $0^0$  до  $90^0$  измеряют, используя дополнительный угольник, закрепленный на линейке с помощью державки с зажимом (рис. 6.2).

При измерении тупых углов угломер используется без угольника (рис. 6.3).

Методика измерения углов представлена на рис. 5.4.



**Рис. 6.2. Угломер при измерении острых углов**

Прижимая слегка правой рукой деталь к измерительной поверхности линейки основания, перемещают ее, уменьшая просвет между деталью и второй измерительной поверхностью угломера до полного их соприкосновения.

При необходимости для плотного без зазорного соприкосновения измерительных поверхностей угломера с измеряемым изделием используют микроподачу сектора.

После того как угломер установлен относительно детали, проверяют равномерность просвета между измерительными и проверяемыми поверхностями или его отсутствие, фиксируют положение сектора стопором 7 и читают показания угломера.

При отсчете значений углов целое число градусов определяют по шкале основания относительно нулевого деления нониусной шкалы (рис. 6.2). Минуты отсчитываются по нониусной шкале следующим образом: на шкале нониуса устанавливают штрих, который совпадает со штрихом основной шкалы, его порядковый номер от нулевого штриха умножают на величину отсчета - 2'. Например (рис. 6.2 и 6.3), совпал 13-й штрих, значит, получаем  $2 \times 13 = 26'$ .

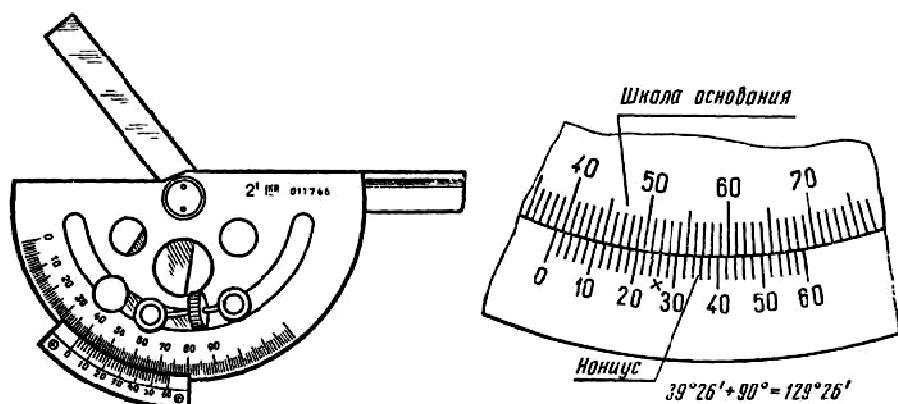


Рис. 6.3. Угломер при измерении тупых углов

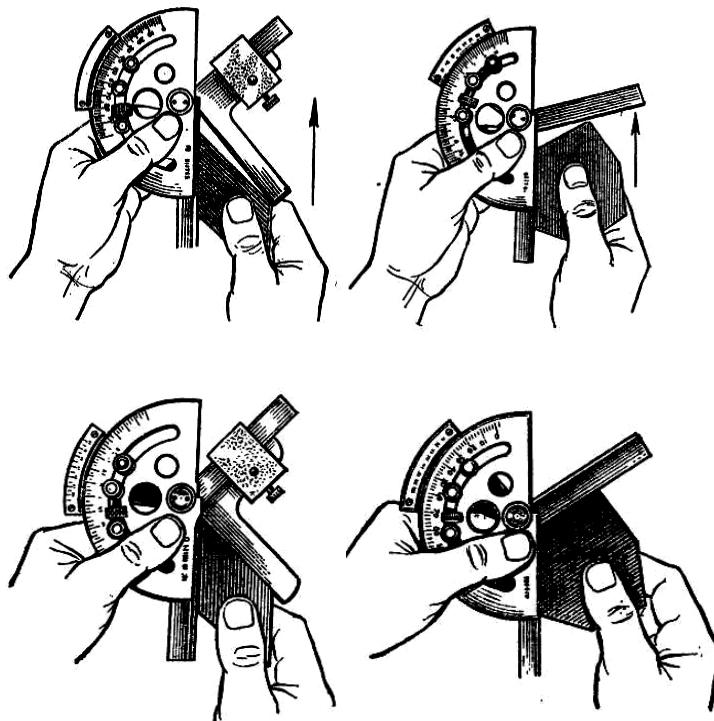


Рис. 6.4. Измерение углов угломером мод. УМ

Для удобства и быстроты отсчета на нониусной шкале представлены маркированные штрихи (10, 20, 30 и т.д.), для которых порядковый номер умножен на величину отсчета. Тогда, при отсчете минут определяется порядковый номер штриха от маркированного штриха, умножается на величину отсчета и прибавляется к показанию маркированного штриха (рис. 5.2 и 5.3).

Таблица 6.1- Характеристики угломера с нониусом (ГОСТ 5378)

Тип	Модель	Величина отсчета по нониусу	Диапазон измерения, углов,°		Основная погрешность
			наружный	внутренний	
1	2 УМ	2'	0 – 180°	-	±2'
	5 УМ	5'	0 – 180°	-	±5'

### 5. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Кафедра ремонта машин	Средства измерения углов	Работа № 6
-----------------------	--------------------------	------------

**Задание 1:** Измерить углы детали угломером модели УМ. Результаты измерений занести в таблицу и дать заключение о погрешности измерения.

Таблица 5.2

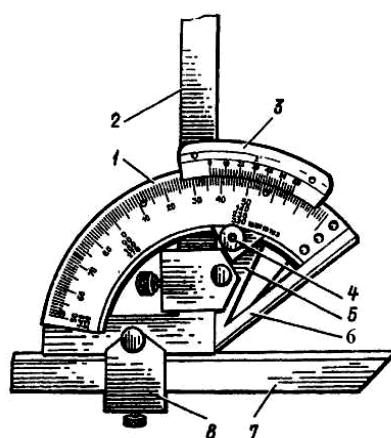
Эскиз детали	Углы	Результаты измерений / в град. и мин./			
		1	2	3	Среднее значение угла
	1				
	2				
	3				
	4				

Суммарное значение углов .....

Заключение о погрешности измерения :

**Изучить назначение, устройство угломеров типа 2 (мод. УН).**

**Угломер с нониусом типа 2 (мод. УН),** представленный на рис. 7.1, предназначен для измерения наружных углов от 0 до 180° и внутренних углов от 40 до 180°.



**Рис. 7.1. Угломер мод. УН:**

1 – основание; 2 – угольник; 3 – нониус; 4 – стопор; 5 – сектор; 6 – линейка основания; 7 – съемная линейка; 8 – державка

Угломер типа 2 является универсальным прибором, позволяющим измерять как наружные, так и внутренние углы. Универсальность угломера достигается конструкцией его основания и путем различных комбинаций отдельных измерительных звеньев (угольника 2 и съемной линейки 7). Измерение углов с различными диапазонами, чтение

показаний и комбинаций отдельных измерительных звеньев, используемые при этом, представлены на рис. 7.2, 7.3, 7.4 и 7.5.

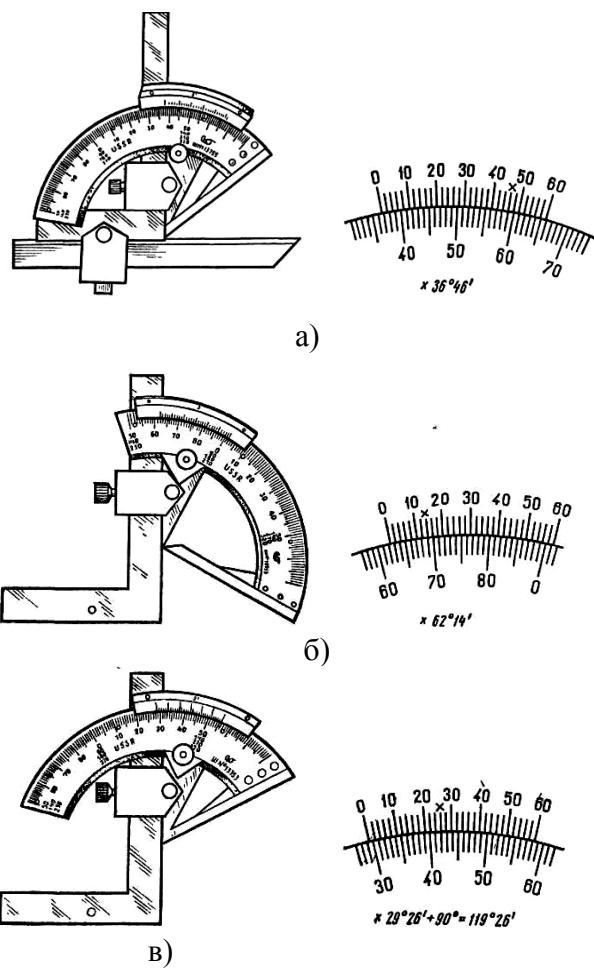


Рис. 7.2. Комбинации измерительных звеньев и чтение размеров при измерении угломером различных наружных углов:

а) – от 0 до  $50^\circ$ ; б) – от 50 до  $90^\circ$ ; в) – от 90 до  $140^\circ$

При измерении наружных углов от 0 до  $50^\circ$  показания читают по правой части шкалы (рис. 5.6, а).

При измерении наружных углов от 50 до  $90^\circ$  показания читают по левой части шкалы (рис. 5.6, б).

При измерении наружных углов от 90 до  $140^\circ$  к показаниям правой части шкалы прибавляют  $90^\circ$  (рис. 5.6, в).

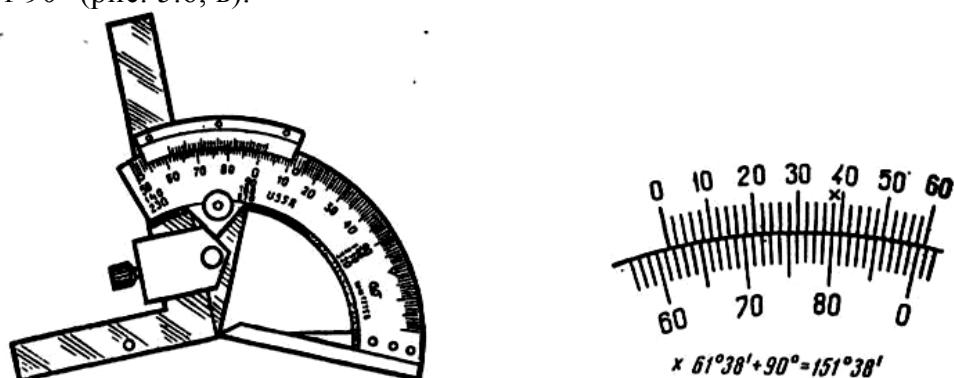


Рис. 7.3. Комбинации измерительных звеньев и чтение размеров при измерении угломером наружных углов от  $140$  до  $180^\circ$

При измерении наружных углов от 140 до 180° к показаниям левой части шкалы прибавляют 90°.

При измерении внутренних углов от 180 до 130° показание правой части шкалы отнимают от 180° (рис. 7.4, а).

При измерении внутренних углов от 130 до 90° показания левой части шкалы отнимают от 180° (рис. 7.4, б).

При измерении внутренних углов от 90 до 40° показания правой части шкалы отнимают от 90° (рис. 7.5).

Перед измерением углов проверяют нулевую установку угломера. При плотном соприкосновении измерительной поверхности линейки 6 (рис. 7.1) с поверхностью линейки 7, нулевой штрих нониуса и нулевой штрих шкалы основания должны совпадать; при этом последний штрих шкалы нониуса должен совпадать с 29-м штрихом шкалы основания (рис. 5.10).

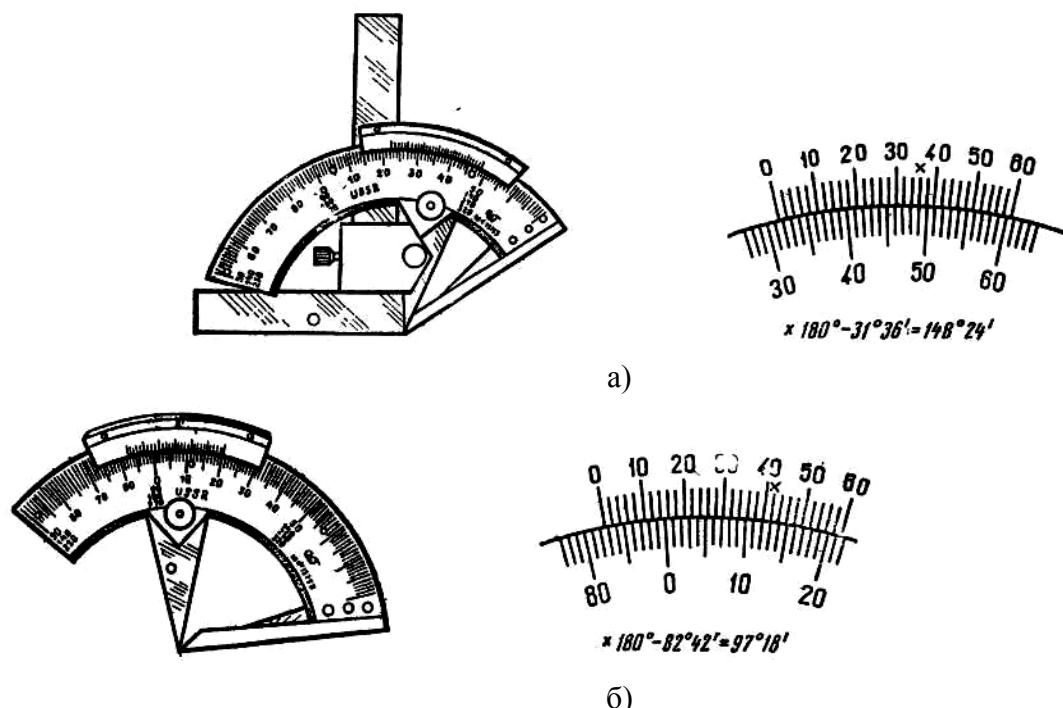


Рис. 7.4. Комбинации измерительных звеньев и чтение размеров при измерении угломером различных внутренних углов:

а) – от 180 до 130°; б) – от 130 до 90°

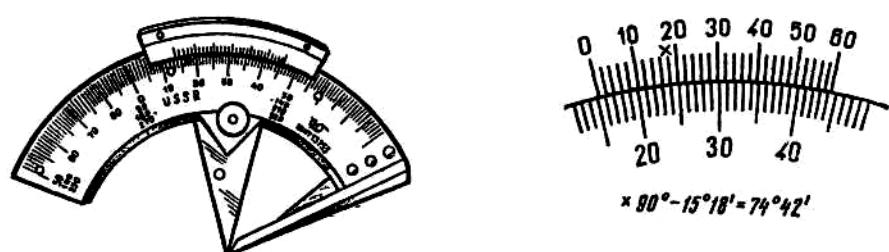


Рис. 7.5. Комбинации измерительных звеньев и чтение размеров при измерении внутренних углов от 90 до 40°

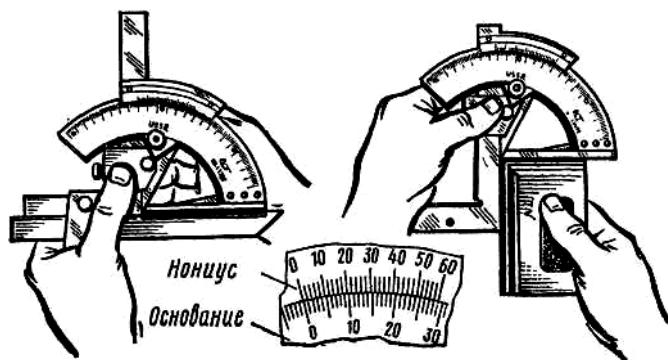


Рис. 7.6. Проверка нулевого положения угломера

Таблица 5.1

**Характеристики угломеров с нониусом (ГОСТ 5378 - 88 )**

Тип	Модель	Величина отсчета по нониусу	Диапазон измерения, углов,°		Основная погрешность
			наружный	внутренний	
1	127 (УН)	2'	0 - 360°	40 - 180°	±2'

*5. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ*

Кафедра ремонта машин	Средства измерения углов	Работа № 7
--------------------------	--------------------------	------------

**Задание 1:** Измерить углы детали угломером модели УН. Результаты измерений занести в таблицу и дать заключение о погрешности измерения.

Таблица 5.3

Эскиз детали	Углы	Результаты измерений / в град. и мин./			
		1	2	3	Среднее значение угла
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				

Суммарное значение углов .....

Заключение о погрешности измерения :

## 2.8 Лабораторная работа №8 (2 часа).

Тема: «Измерение углов с оптическим угломером типа УО»

### 2.8.1 Цель работы:

1. Изучить назначение, устройство оптического угломера типа УО;
2. Приобрести навыки измерения углов оптическим угломером УО.

### 2.8.2 Задачи работы:

1. Ознакомиться, изучить назначение, устройство угломера типа УО.

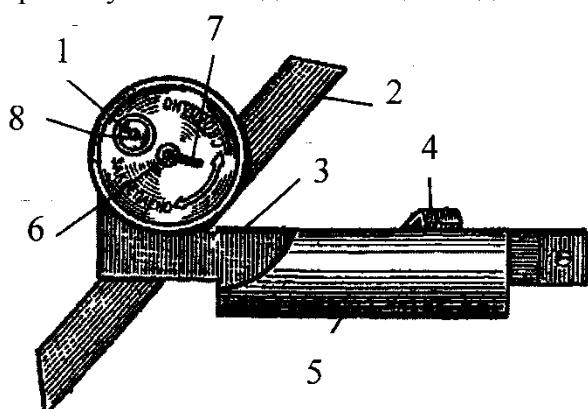
### 2.8.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Оптические угломеры типа УО;
2. Многоугольники для измерения углов.

### 2.8.4 Описание (ход) работы:

*Изучить назначение, устройство оптического угломера типа ОУ.*

**Оптический угломер типа УО**, представленный на рис. 8.1, предназначен для измерения углов от  $0^\circ$  до  $180^\circ$  с ценой деления нониусной шкалы  $5'$ .



#### Рис. 8.1. Оптический угломер:

1 – корпус; 2 – сменная линейка; 3 – сдвоенная линейка;  
4 – прижим; 5 – подставка; 6 – маховицок; 7 – рукоятка; 8 – лупа

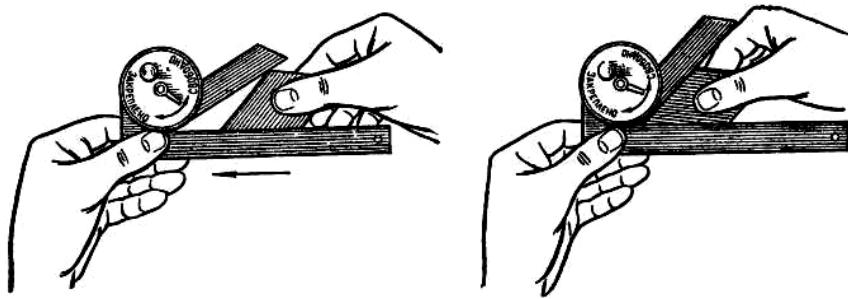
При измерении углов, когда одной из сторон будет цилиндрическая или коническая поверхность, используется подставка 5.

Подготовка оптического угломера к работе и измерение угла проводятся в следующем порядке: при отпущенном маховицке 6 (отпускается поворотом против часовой стрелки) вставить сменную линейку 2 в вырез корпуса 1 так, чтобы выступ в вырезе вошел в паз сменной линейки. Поворотом маховицка 6 по часовой стрелке закрепить её по длине в удобном для измерения положении;

поворотом рукоятки 7 против часовой стрелки освободить угловой зажим линеек;

рабочие плоскости линеек плотно приложить к плоскостям или рёбрам, образующим измеряемый угол (рис. 8.2, 8.3). Плотность прилегания рекомендуется проверять на свет.

Измерение углов от  $0$  до  $90^\circ$ , когда стороны проверяемых углов прикасаются к верхней измерительной поверхности сдвоенной линейки и нижней измерительной поверхности сменной линейки представлено на рис. 8.2.

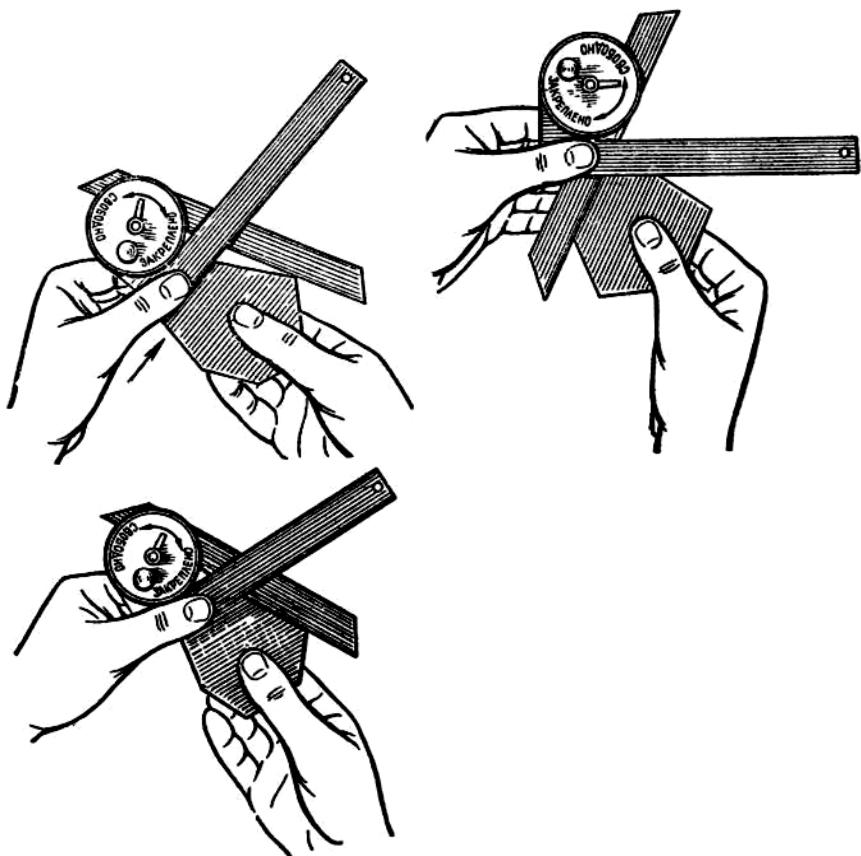


**Рис. 8.2. Измерение углов от 0 до 90<sup>0</sup>**

Измерение углов от 90<sup>0</sup> до 180<sup>0</sup>, когда стороны проверяемых углов прикасаются к нижним измерительным поверхностям сдвоенной и сменной линеек представлено на рис. 8.3. Поворотом рукоятки 7 (рис. 8.1) по часовой стрелке зафиксировать линейки в положении измеряемого угла. Угломер

следует держать левой рукой за сдвоенную линейку, зажимать линейки правой рукой, прикасаясь только к рукоятке 7, не задевая другие детали угломера;

направив окно для подсветки (расположенное с обратной стороны корпуса) в сторону источника света, снять отсчет по шкалам через окно лупы 8 (рис. 8.1), не снимая её колпачка.



**Рис. 8.3. Измерение углов от 90<sup>0</sup> до 180<sup>0</sup>**

В поле зрения имеем две шкалы нониуса - верхнюю и нижнюю . При измерении углов от 0<sup>0</sup> до 90<sup>0</sup> пользуются нижней шкалой и при измерении углов от 0<sup>0</sup> до 180<sup>0</sup> - верхней шкалой. Градусы отсчитывают по ближайшему штриху лимба, т.е. по штриху , который находится в пределах шкалы нониуса, минуты – по шкале нониуса с ценой деления – 5'. Число минут определяется штрихом градусной шкалы. Когда измеряемый угол меньше 90<sup>0</sup>, угломер показывает действительную величину этого угла. Когда

измеряемый угол больше 90<sup>0</sup>, угломер показывает величину дополнительного угла. Величина измеряемого угла при этом определяется формулой:

$$\alpha_2 = 180 - \alpha_1, \quad (8.1)$$

где  $\alpha_1$  - отсчет по шкалам;  $\alpha_2$  - измеряемый тупой угол.

Ошибка отсчета не должна превышать  $\pm 2,5'$ .

Таблица 8.1

**Характеристики оптического угломера (ГОСТ 11197 – 73)**

Тип	Модель	Величина отсчета по нониусу	Диапазон измерения, углов,°		Основная погрешность
			наружный	внутренний	
УО	-	5'	0 - 180°	-	±5'

*5. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ*

Кафедра ремонта машин	Средства измерения углов	Работа № 8
-----------------------	--------------------------	------------

**Задание 1:** Измерить углы детали оптическим угломером УО. Результаты измерений занести в таблицу и дать заключение о погрешности измерения.

Таблица 8.2

Эскиз детали	Углы	Результаты измерений / в град. и мин./			
		1	2	3	Среднее значение угла
	1 2 3 4				

Суммарное значение углов .....

Заключение о погрешности измерения :

**2.9 Лабораторная работа №9 (2 часа).**

**Тема: «Назначение, устройство и методика измерения на горизонтальном оптиметре»**

**2.9.1 Цель работы:**

Приобрести навыки в измерении точных размеров деталей рычажно-оптическим прибором – горизонтальным оптиметром.

**2.9.2 Задачи работы:**

- Изучить назначение, устройство, принцип действия и методику измерения на горизонтальном оптиметре.
- Настроить оптиметр и произвести измерения размеров рабочего калибра-скобы для контроля валов.
- Построить схему полей допусков калибра, определить его предельные размеры и дать заключение о годности калибра.

**2.9.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

- Оптиметр ИКГ.

2. Набор плоскопараллельных концевых мер длины и принадлежности к ним.
3. Рабочие калибры для измерения.

#### **2.9.4 Описание (ход) работы:**

*Изучить назначение, устройство, принцип действия и методику измерения на горизонтальном оптиметре*

Оптиметры предназначены для измерения точных наружных и внутренних размеров. Горизонтальный и вертикальный оптиметры относятся к группе рычажно-оптических приборов, основанных на применении механического и оптического рычагов. Метод измерения оптиметром – контактный и относительный. Оптиметры устанавливаются на ноль чаще всего по плоскопараллельным концевым мерам длины.

Вертикальный оптиметр предназначен для наружных измерений длин в пределах от 0 до 180 мм и диаметров от 0 до 150 мм.

Горизонтальный оптиметр предназначен для наружных измерений от 0 до 350 мм и внутренних измерений от 13,5 до 150 мм.

В оптиметрах в качестве отсчитывающего устройства применяют оптическую трубку (трубку оптиметра). Трубка оптиметра является основной составной частью прибора.

Наибольшие предельные погрешности метода измерения на оптиметрах для наружных размеров до 350 мм составляют  $\pm 2,5$  мкм, при измерении внутренних размеров до 150 мм составляют  $\pm 1,8$  мкм. Погрешность показаний оптиметра в пределах шкалы составляет:

- а) при измерении наружных размеров  $\pm 0,3$  мкм;
- б) при измерении внутренних размеров  $\pm 1$  мкм.

Горизонтальный оптиметр ИКТ представлен на рис. 9.1.

На массивном основании 1 укреплены направляющий вал 20 и предметный стол 23. На валу 20 установлены передвижные кронштейны 6 и 19. На левом кронштейне винтом 10 закреплена пинола 9, а на правом трубка оптиметра 18. Позиции других деталей – см. рис. 9.1.

Предметный стол может перемещаться в разных направлениях, как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях. Перемещение стола и особенно его повороты вокруг вертикальной и горизонтальной осей необходимы для совмещения измеряемого размера детали с осями трубы оптиметра и пиноли. Стол может также свободно смещаться на шариках в небольших пределах по направлению линии измерения. Стол поднимают и опускают маховицком 4 при отстопоренном винте 3. Винты 21 служат для закрепления ограничителей перемещения стола вверх и вниз. В направлении перпендикулярном к линии измерения, стол перемещают маховицком 22. В горизонтальной плоскости его поворачивают рукояткой 12.

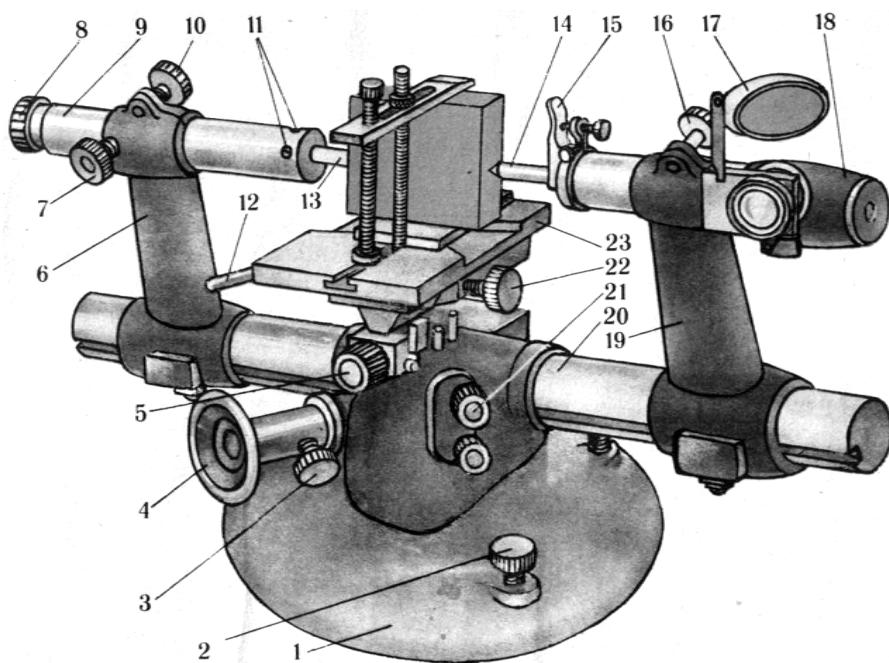
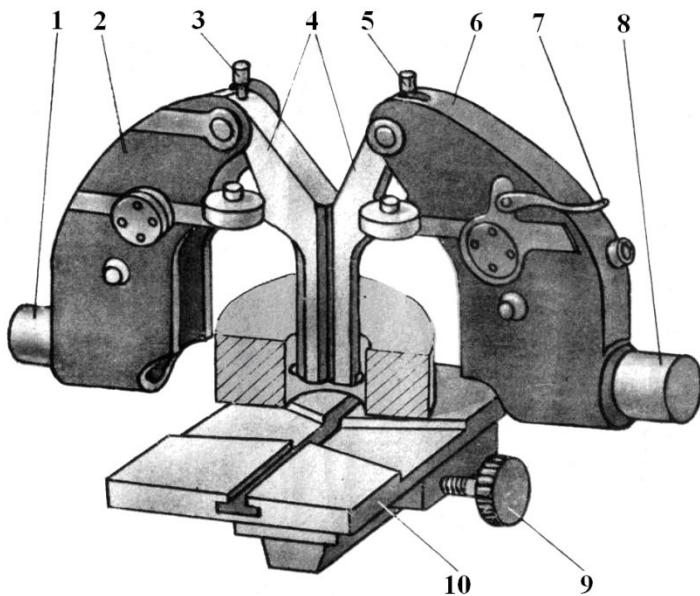


Рис. 9.1. Горизонтальный оптиметр ИКГ:

1 – основание; 2 – регулировочный винт основания; 3 – стопор вертикального перемещения стола; 4 – маховик вертикального перемещения стола; 5 – рукоятка поворота столика вокруг горизонтальной оси; 6 – кронштейн пиноли; 7 – стопор микроподачи пиноли; 8 – микроподача пиноли; 9 – пиноль; 10 – зажим пиноли; 11 – винт регулировки положения измерительного наконечника пиноли; 12 – рукоятка поворота стола вокруг вертикальной оси; 13 – измерительный наконечник пиноли; 14 – измерительный наконечник; 15 – арретир; 16 – зажим трубки оптиметра; 17 – осветительное зеркало; 18 – трубка оптиметра; 19 – кронштейн трубки оптиметра; 20 – стойка (вал); 21 – винт ограничения вертикального хода стола; 22 – маховичок поперечного перемещения стола; 23 – предметный стол

При измерении отверстий на трубки пиноли и оптиметра надеваются держатели дуг 2 и 6 (рис. 9.2) с измерительными дугами 4, которые крепятся винтами 3 и 5.

Измерительной головкой оптиметров является трубка оптиметра, изогнутая под прямым углом. Принципиальная схема трубки оптиметра показана на рис. 9.3. В передней части её расположен окуляр 12, в котором наблюдается изображение шкалы, в задней части измерительный стержень 2, имеющий сменные наконечники - плоские, ножевидные или сферические с целью обеспечить контакт с измеряемым изделием в точке или по линии. В трубке оптиметра механический рычаг сочетается с оптическим.



**Рис. 9.2. Измерение диаметра отверстия:**

1 – пиноль; 2, 6 – держатели дуг; 3, 5 – крепежные винты; 4 – измерительные дуги; 7 – отводной рычаг; 8 – трубка оптиметра; 9 – винт поперечного перемещения стола; 10 – предметный стол

Цена деления шкалы прибора 0,001 мм. Пределы измерения по шкале  $\pm 0,1$  мм. Величина измерительного усилия  $200 \pm 20$  грамм.

Трубка оптиметра может быть укреплена в вертикальной стойке, в этом случае прибор называется вертикальным оптиметром, и в горизонтальной стойке, в этом случае прибор называется горизонтальным оптиметром. Процесс измерения трубкой оптиметра происходит следующим образом.

Пучок лучей от источника света направляется зеркалом 10 в щель корпуса трубки, преломляется в трехгранной призме 11 и проходит через шкалу, нанесенную на прозрачной пластинке 9. Пластина 9 находится в фокальной плоскости объектива 7.

Главная оптическая ось объектива проходит через центр сечений пластины 9 и зеркала 6. Шкала нанесена на пластине 9 на расстоянии "b" от главной оптической оси.

Изображение шкалы проходит через призму 8, где лучи преломляются на  $90^\circ$  и идут через объектив 7. Пройдя объектив, лучи направляются параллельным пучком к зеркалу 6, прижатому пружиной к измерительному стержню 2. Затем, отражаясь от зеркала, идут обратно тем же путем и дают на стеклянной пластинке 9 смещенное изображение шкалы, наблюдаемое через объектив. Ход отраженного луча показан, серым цветом. Изображение шкалы на пластине 9 будет смещено относительно самой шкалы как по оси X (величина постоянная), так и по оси Z. Величина и направление смещения изображения шкалы по оси Z зависит от угла наклона зеркала 2. Настройка оптиметра производится по блоку концевых мер.

После настройки блок мер убирают и устанавливают объект измерения 1. Если размер объекта измерения отличается от размера блока мер (например, на величину, рис. 9.3), то это приведет к изменению угла наклона зеркала и к смещению изображения шкалы по оси Z, т. е. по шкале отсчитывают отклонения от размера настройки.

При перемещении измерительного стержня на 1 мкм изображение шкалы смещается на одно деление.

В последние годы выпускается горизонтальный оптиметр ИКГ – 3 (рис. 9.4).

Горизонтальный оптиметр ИКГ – 3 имеет следующую характеристику:

цена деления шкалы 0,001 мм; пределы измерений шкалы  $\pm 0,01$  мм; диапазоны измерений наружных длин и диаметров 0 – 500 мм; внутренних длин 13,5 – 400 мм; внутренних диаметров 13,5 – 150 мм; внутренних длин и диаметров с помощью электроконтактной головки 1 – 13,5 мм.

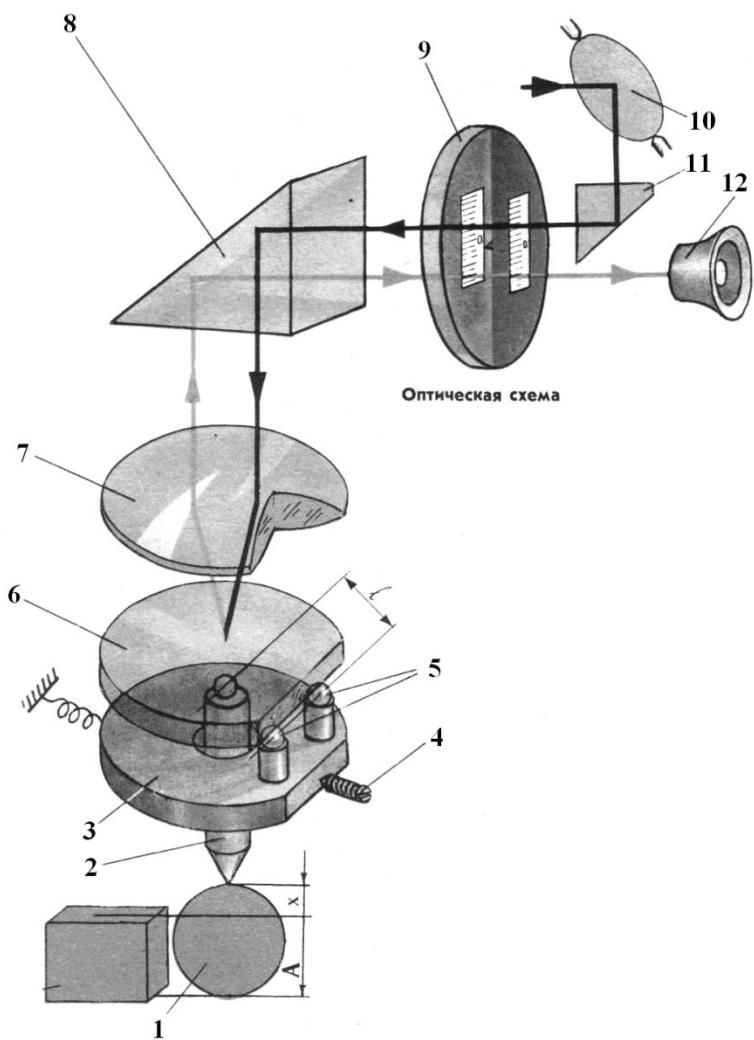


Рис. 9.3. Схема трубки оптиметра:

1 – измеряемый объект; 2 – измерительный стержень; 3 – основание опор зеркала; 4 – регулировочный винт; 5 – опоры зеркала; 6 – блок концевых мер; 7 - объектив; 8 – преломляющая призма; 9 – прозрачная пластина со шкалой и указателем; 10 – зеркала; 11 – трехгранная призма; 12 – окуляр

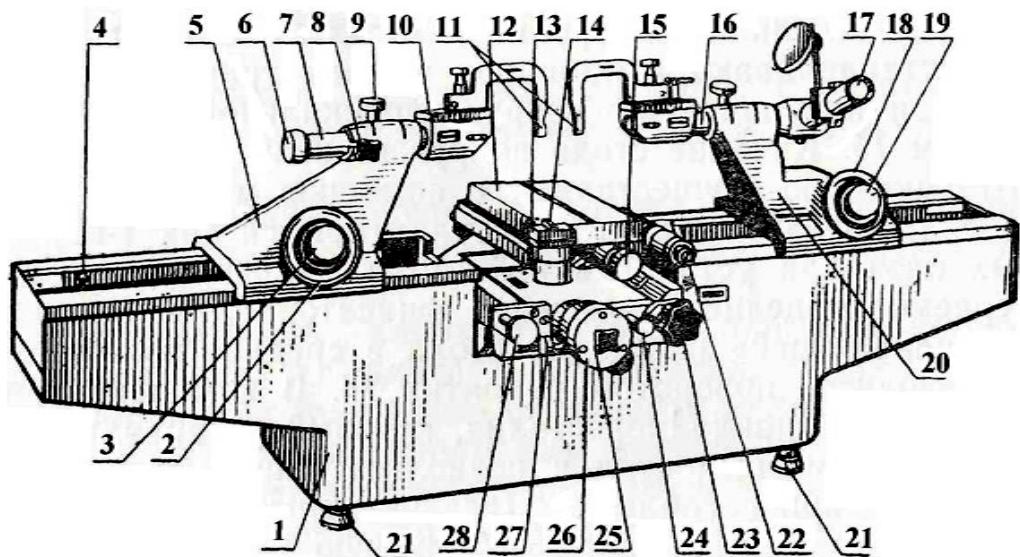


Рис. 9.4. Горизонтальный оптиметр ИКГ-3:

1 — станина; 2 — маховик для перемещения пинольной бабки; 3 — стопорный винт пинольной бабки; 4 — уровень; 5 — пинольная бабка; 6 — микрометрический винт пиноли; 7 — трубка пиноли; 8 — стопорный винт для фиксации стержня пиноли; 9 — винт крепления трубы пиноли; 10 — винт для регулировки штифта (под втулку корпуса дуги); 11 — измерительный наконечник (под втулку корпуса дуги); 12 — предметный стол; 13 — отводной рычаг трубы оптиметра; 14 — рукоятка включения фиксатора; 15 — маховик для поворота стола в горизонтальной плоскости; 16 — трубка оптиметра; 17 — окуляр трубы оптиметра; 18 — маховик для перемещения измерительной бабки; 19 — стопорный винт бабки оптиметра; 20 — измерительная бабка; 21 — регулировочные опорные винты станины; 22 — микрометр для перемещения стола в поперечном направлении; 23 — маховик для качания стола вокруг горизонтальной оси; 24 — стопорный винт верхнего упора; 25 — стопор маховика; 26 — маховик для перемещения стола вверх—вниз; 27 — стопорный винт нижнего упора; 28 — стопор-ограничитель поворота стола вокруг горизонтальной оси

### ***Настройка оптиметра для измерения отверстий на горизонтальном оптиметре ИКГ***

Горизонтальный оптиметр для измерения отверстий настраивают в следующем порядке.

1. Подбирают блок концевых мер по номинальному размеру проходной или непроходной стороны калибра — скобы.

Номинальными размерами проходной и непроходной сторон являются соответственно  $d_{max}$  и  $d_{min}$  контролируемого размера вала.

2. Закрепляют блок концевых мер в державке между боковиками.

3. Стол оптиметра устанавливают примерно в среднее положение, вращая его вокруг вертикальной, горизонтальной осей и перемещая по линии измерения. Державку с блоком концевых мер устанавливают при среднем положении так, чтобы поверхности правого боковика и правого измерительного наконечника находились примерно в одной плоскости, и линия измерения была перпендикулярна поверхностям боковиков. В этом положении закрепляют державку на столе струбциной. Если кронштейн с трубкой оптиметра значительно смещен от требуемого положения, то в этом случае державка с блоком устанавливается на стол так, чтобы плоскость, проходящая через середину блока, и паз стола примерно совпадали. Кронштейн с трубкой оптиметра устанавливают так, чтобы поверхности правого боковика и правого измерительного наконечника находились примерно в одной плоскости. Затем отпускают винт 3 (рис. 6.1) и поднимают маховиком 4 стол 23 так, чтобы наконечники дуг 4 (рис. 6.2) могли при перемещении кронштейнов коснуться внутренних поверхностей боковиков.

4. Перемещают кронштейн с трубкой пиноли влево до соприкосновения измерительных наконечников пиноли и трубы оптиметра с измерительными поверхностями боковиков. Момент касания замечают по движению шкалы в поле зрения окуляра. В этом положении стопорный винт кронштейна пиноли закрепляют.

5. Отпустив винт 7 (рис. 9.1), изменяют положение измерительного наконечника пиноли микровинтом 8 так, чтобы шкала оптиметра стала на нуль. В этом положении пиноль стопорят винтом 7.

6. Устанавливают стол в оптимальное положение так, чтобы линия измерения была перпендикулярна измерительным поверхностям боковиков в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Для этого рукояткой 12 (рис. 9.1) поворачивают стол вокруг вертикальной оси и, наблюдая за показаниями шкалы, останавливают его в момент наименьшего показания. Затем, отпустив стопорный винт, слегка поворачивают стол вокруг горизонтальной оси, пользуясь рукояткой 5, стол ставят в положение, когда показания по шкале будут наименьшими, закрепляют стол стопорным винтом.

7. Опустив винт 7 и вращая микровинт 8, вторично устанавливают шкалу на нуль.

8. Повторяют операции 6 и 7 до тех пор, пока наименьшее показание по шкале при обоих положениях стола не совпадут с нулевым штрихом.

9. Отводным рычагом 7 (рис. 9.2) отжимают измерительный наконечник трубы оптиметра, опускают стол и снимают державку с блоком концевых мер.

10. Устанавливают на стол (на призме) калибр-скобу так, чтобы при среднем положении стола измерительные поверхности скобы располагались симметрично относительно измерительных наконечников. Выводят скобу на линию измерения, поднимая стол, и проводят измерения. При измерении также находят оптимальное положение стола (см. операцию 6) и читают по шкале отклонения от размера настройки. При отсчете знак отклонения определяют по шкале.

11. Действительный размер калибра-скобы определяется как алгебраическая сумма размера блока концевых мер и отклонения, определенного по шкале прибора. После окончания измерения проверяется нулевая установка прибора по блоку концевых мер. Ошибка в положении изображения шкалы относительно указателя не должна превосходить половины деления шкалы, в противном случае снова проводятся проверка нулевой установки и измерения.

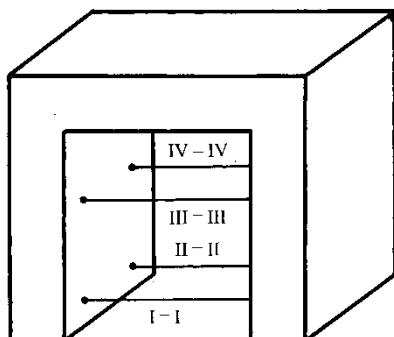
12. Результаты измерений занести в таблицу.

13. Составить отчет по прилагаемой форме.

## 5. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Кафедра ремонта машин	Измерение на оптиметре ИКГ	Работа № 9
--------------------------	-------------------------------	------------

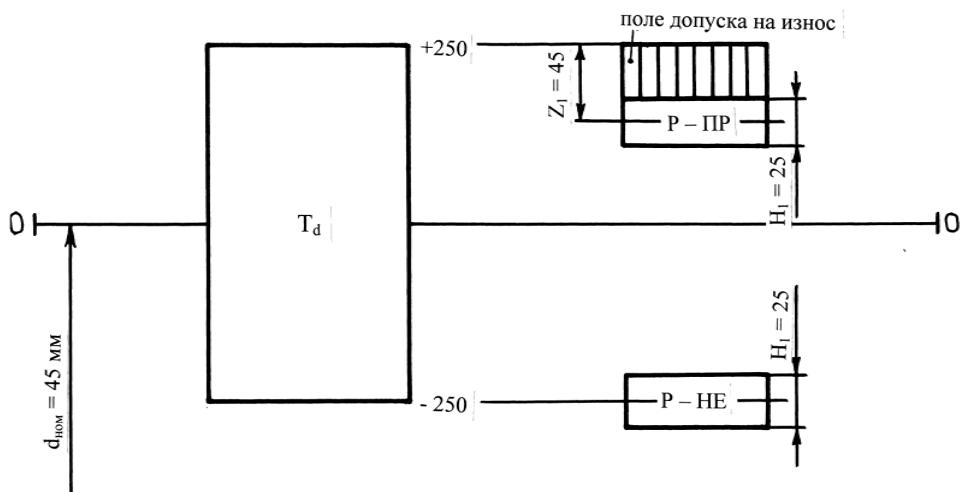
**Задание:** Измерить калибр-скобу на горизонтальном оптиметре ИКГ, построить схему расположения полей допусков калибров и дать заключение о годности.



## Схема расположения полей допусков калибров-скоб

Таблица 6.1

**Схема расположения полей допусков калибров – скоб для контроля размера  $45 \pm 0,25$  мм**



**номинальные размеры калибров:**

P-PR – 45,25 мм P-HE – 44,75 мм

**предельные размеры калибров:**

P-PR:  $L_{\max} = 45,2205$  мм

$L_{\min} = 45,1955$  мм

$L_{\max(\text{изн})} = 45,25$  мм

P-HE:  $L_{\max} = 44,7625$  мм

$L_{\min} = 44,7375$  мм

## 2.10 Лабораторная работа №10 (2 часа).

**Тема: «Назначение, устройство и методы измерения рычажными скобами»**

### 2.10.1 Цель работы:

Изучение устройства и приобретение навыков в измерении рычажными скобами.

### 2.10.2 Задачи работы:

1. Изучить назначение, устройство и методы измерения рычажными скобами.
2. Измерить размеры калибра-пробки рычажной скобой и дать заключение о годности калибра.

### 2.10.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Рычажная скоба (пассаметр): тип СР с пределом измерения 25 – 50 мм
2. Плоско-параллельные концевые меры длины б набор №1
3. Изделия для измерения- «калибр – пробка».

### 2.10.4 Описание (ход) работы:

*Изучить назначение, устройство и методы измерения рычажными скобами.*

**Рычажная скоба** – прибор-скоба, имеющая с одной стороны отсчетное устройство, а с другой – неподвижную переставную пятку.

Рычажные скобы предназначены для наружных измерений относительным методом. Пределы измерения от 0 до 150 мм с интервалом 25 мм.

Рычажные скобы показаны на рис. 10.1 и рис. 10.2.

На рис.2 представлена скоба, выпуск которой прекращен, но которая применяется на практике. Принципиальная схема ее соответствует схеме, представленной на рис. 1. В корпусе 1 скобы (рис. 7.1) имеется отсчетное устройство с ценой деления 0,002 мм, состоящее из механизма рычажно-зубчатой передачи (рычага 7, зубчатого сектора 12 и зубчатого колеса 8 на одной оси со стрелкой 9), шкалы 10 с указателями 11 границ поля допуска.

С одной стороны рычажной скобы (рис. 10.1) установлена подвижная пятка 4, которая отжимается пружиной 5 в сторону изделия. С пяткой соединен рычаг арретира 6, при нажатии на кнопку которого подвижная пятка отводится влево, сжимая пружину 5. Перемещение от пятки передается рычагу 7 и далее на стрелку 9. С другой стороны скобы установлена переставная пятка 3, перемещаемая при вращении гайки 2. При установке скобы на размер пятка стопорится с помощью колпачка 13.

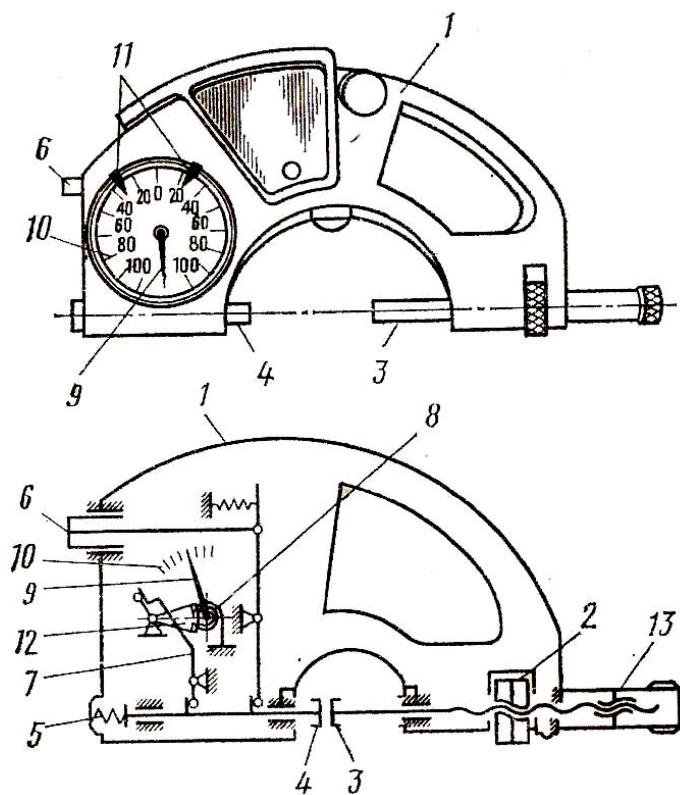
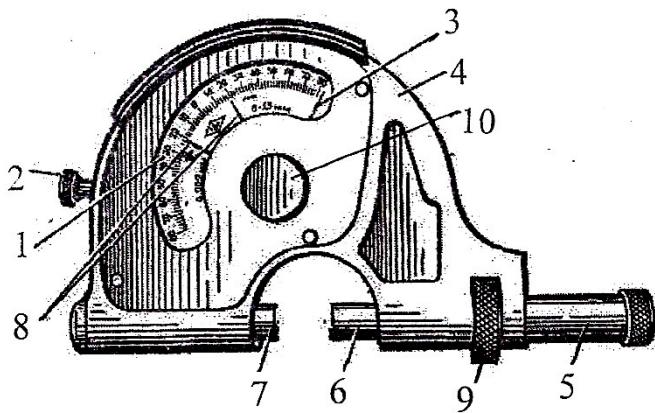


Рис. 10.1. Общий вид и принципиальная схема рычажной скобы типа СР с встроенным отсчетным устройством (с круговой шкалой):

1 – корпус; 2 – гайка; 3 – переставная пятка; 4 – подвижная пятка; 5 – пружина; 6 – рычаг арретира; 7 – рычаг; 8 – зубчатое колесо; 9 – стрелка; 10 – шкала; 11 – указатели границ поля допуска; 12 – зубчатый сектор



**Рис. 10.2. Рычажная скоба типа СР с встроенным отсчетным устройством:**

1 – шкала; 2 – отвод пятки (арретир); 3 – стрелка; 4 – скоба; 5 – колпачок; 6 – переставная пятка; 7 – подвижная пятка; 8 – указатели границ допуска; 9 – гайка; 10 – колпачок указателей границ допуска

Для скобы, представленной на рис. 10.2, стрелки, показывающие границы полей допусков (отклонения), устанавливают специальным ключом. Для этого отвертывают колпачок 10 и, пользуясь широко расставленными штифтами ключа, устанавливают правую стрелку на меньшее (нижнее) отклонение. Аналогично устанавливают левую стрелку на большее (верхнее) отклонение, пользуясь узко расставленными штифтами этого же ключа.

Рычажные скобы (типа СР) изготовлены шести типоразмеров (ГОСТ 11098-75) с диапазонами измерений 0-25; 25-50; 50-75; 75-125; 125-150 мм с ценой деления отсчетного устройства 0,002 мм. Выпускаются также рычажные скобы повышенной точности (типа СРП, ТУ-2-034-366-822) с пределами измерения 0-25; 25-50; 50-75; 75-100 мм с ценой деления 0,001 мм.

Пример обозначения скобы с диапазоном измерения 25-50 мм: Скоба СР 50 ГОСТ 11098-75; то же с ценой деления 0,001 мм: Скоба СРП 25 ТУ 2-034-366-82.

Применение рычажных скоб, особенно в условиях мелкосерийного производства, позволяет сократить номенклатуру предельных скоб. Кроме того, они дают возможность не только устанавливать годность контролируемых деталей, но и фиксировать числовое значение отклонения действительного размера от заданного. Прибор обеспечивает высокую точность и стабильность показаний, предназначен для контроля шлифованных и доведенных деталей.

#### **Настройка рычажной скобы при измерении**

Измерения рычажной скобой начинают с установки ее на нулевое деление с помощью плоскопараллельных концевых мер длины (ПКМД). Из ПКМД составляют блок с размером, равным номинальному размеру контролируемого изделия. Затем освобождают стопор (колпачок 5, рис. 10.2) переставной пятки 6 рычажной скобы. Между измерительными поверхностями пяток вводят блок ПКМД, при необходимости перемещая переставную пятку гайкой 9. Зажимая блок ПКМД между измерительными поверхностями пяток перемещением переставной пятки, предварительно устанавливают стрелку отсчетного устройства на нулевое деление. Окончательно стрелка устанавливается на ноль при оптимальном положении прибора относительно блока ПКМД. Оптимальное положение скобы находится легким покачиванием ее относительно блока ПКМД. При этом оптимальному положению соответствуют самые малые показания по шкале прибора, что соответствует наименьшему размеру и, следовательно, линия измерения будет перпендикулярна измерительным поверхностям блока ПКМД.

Проверяют стабильность показаний отсчетного устройства. Для этого, нажимая на кнопку отвода (арретир) 2 (рис. 10.2) подвижной пятки, отводят подвижную пятку три раза от блока ПКМД и отпускают обратно. При этом стрелка не должна смещаться с нулевой отметки более чем на половину деления. Снова нажав на арретир, вынимаем блок ПКМД.

Порядок настройки рычажной скобы представлен на рис.10.3.

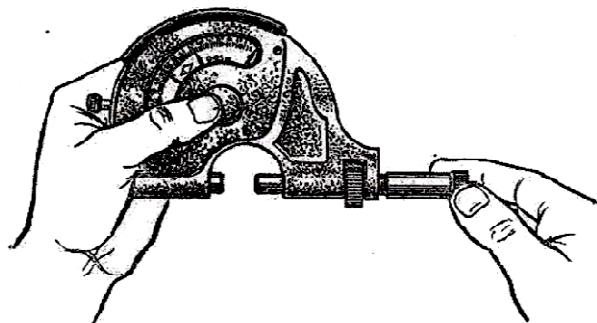
При измерении рычажной скобой, нажав на арретир, отводят подвижную пятку и контролируемое изделие вводят между измерительными поверхностями пяток. При измерении диаметров цилиндрических поверхностей перемещая рычажную скобу в плоскости поперечного сечения выставляют ее так, чтобы измерять диаметр. Отпустив арретир, находят оптимальное положение рычажной скобы легким ее покачиванием в продольной плоскости измеряемой цилиндрической поверхности. При покачивании скобы наблюдают за показаниями по отсчетному устройству. Оптимальному положению скобы соответствуют самые малые показания по отсчетному устройству, т. е. когда стрелка отсчетного устройства займет крайнее положение в сторону знака “-“

При оптимальном положении скобы отсчитывают показания по шкале с учетом знака плюс или минус и с учетом цены деления.

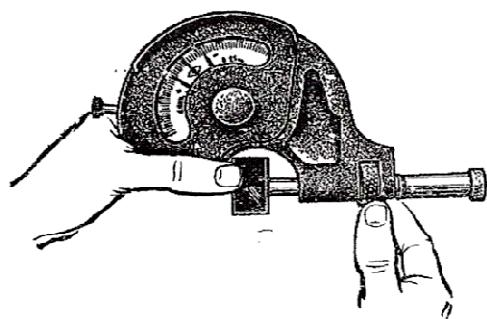
При определении отклонений по шкале отсчетного устройства рычажной скобы порядковый номер штриха от нулевого деления, на который указывает стрелка, умножается на цену деления. Для удобства отсчета на шкале представлены маркированные штрихи, например, 10, 20, ..., 80, для которых порядковый номер умножен на цену деления. В этом случае при отсчете отклонений размеров порядковый номер штриха считают от ближайшего наименьшего (по абсолютной величине) маркированного штриха, и отклонение определяется как показание маркированного штриха плюс порядковый номер штриха, на который указывает стрелка, умноженный на цену деления. Например, для рычажной скобы с ценой деления 2 мкм показание по шкале отсчетного устройства – третий штрих после маркированного штриха +20 мкм. Тогда отклонение размера равно  $20+3 \times 2 = +26$  мкм. При аналогичном показании в сторону знака “-“ отклонение размера равно -26 мкм.

Действительный размер изделия определяется суммированием размера блока ПКМД и полученного отклонения по шкале отсчетного устройства. По окончании измерений снова устанавливают блок ПКМД между измерительными поверхностями пяток рычажной скобы и проверяют – не сбилась ли нулевая установка.

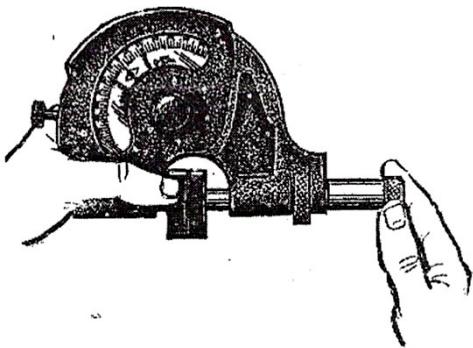
1. Отвинчивание колпачка.



2. Установка переставной пятки



3. Стопорение.



**Рис. 10.3. Настройка рычажной скобы.**

**Рычажный микрометр** предназначен для измерения непосредственным методом оценки (абсолютным методом) или методом сравнения с мерой наружных размеров деталей, изготовленных по 6...9 квалитетам.

Рычажные микрометры (рис. 10.4) в отличие от рычажных скоб имеют микрометрическую головку без механизма трещотки.

Таким образом, в рычажном микрометре обе измерительные поверхности пяток связаны с отсчетными устройствами. Одна измерительная поверхность является концом микрометрического винта 1 (рис. 7.4), и его перемещение отсчитывается по шкалам стебля и барабана 2 микрометрической головки. Другая измерительная поверхность подвижной пятки 3 связана с механизмом отсчетного устройства 4, аналогичного отсчетному устройству рычажной скобы.

Рычажные микрометры типа МР (ГОСТ 4381 – 80) выпускаются с пределами измерения 0 – 25; 25 – 50; 50 – 75; 75 – 100 мм, с ценой деления 0,002 мм и пределами допускаемой погрешности  $\pm 0,003$  мм.

Выпускаются также рычажные микрометры повышенной точности типа МРП (ТУ 2 – 034 – 208 – 83) с такими же пределами измерения и с пределами допускаемой погрешности  $\pm 0,0025$  мм.

Рычажные микрометры с пределами измерения свыше 100 мм вместо встроенных отсчетных устройств оснащены индикаторами часового типа.

К микрометрам с пределами измерений больше 150 мм придается комплект сменных пяток, установочная мера и центровочные гильзы.

Настройка рычажного микрометра при измерении методом сравнения с мерой (относительным методом) аналогична настройке рычажной скобы.

## 5. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Кафедра ремонта машин	Рычажные скобы	Работа № 10
--------------------------	----------------	-------------

**Задание 1.** Измерить калибр – пробку рычажной скобой с ценой деления..... и с пределами измерения ..... . Построить схему полей допусков калибра – пробки и определить предельные размеры и дать заключение о годности.

Схема измерения	Схема полей допусков калибра – пробки

Таблица 10.1

Сторона калибра	Направление измерения	Результаты измерения			Предельные размеры				Заключение о годности
		Сечения			Наиб.	Наим.	По ГОСТ		
		1-1	2-2	3-3	Измеренный	Измеренный	Наименьший размер изношенного Р-ПР калибра по ГОСТ		
Р-ПР	I – I								
	II – II								
Р-НЕ	I – I								
	II – II								

Отклонения от правильной геометрической формы: овальность....., конусообразность....., бочкообразность....., седлообразность..... мм.

### 2.11 Лабораторная работа №11 (2 часа).

**Тема: «Назначение устройство и настройка рычажного микрометра при измерении непосредственным методом оценки»**

#### 2.11.1 Цель работы:

Изучение устройства и приобретение навыков в измерении рычажным микрометрами.

#### 2.11.2 Задачи работы:

1. Изучить назначение, устройство и методы измерения рычажных микрометров.
2. Измерить размеры поршневого пальца рычажным микрометром методом непосредственной оценки (абсолютным методом) и дать заключение о его годности.

#### 2.11.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Рычажный микрометр: тип МР с пределом измерения 25 – 50 мм
2. Изделие для измерения-поршневой палец.

#### 2.11.4 Описание (ход) работы:

***Настройка рычажного микрометра при измерении непосредственным методом оценки (абсолютным методом)***

При измерении рычажным микрометром непосредственным методом оценки сначала проверяется и при необходимости устанавливается на ноль микрометрическая головка.

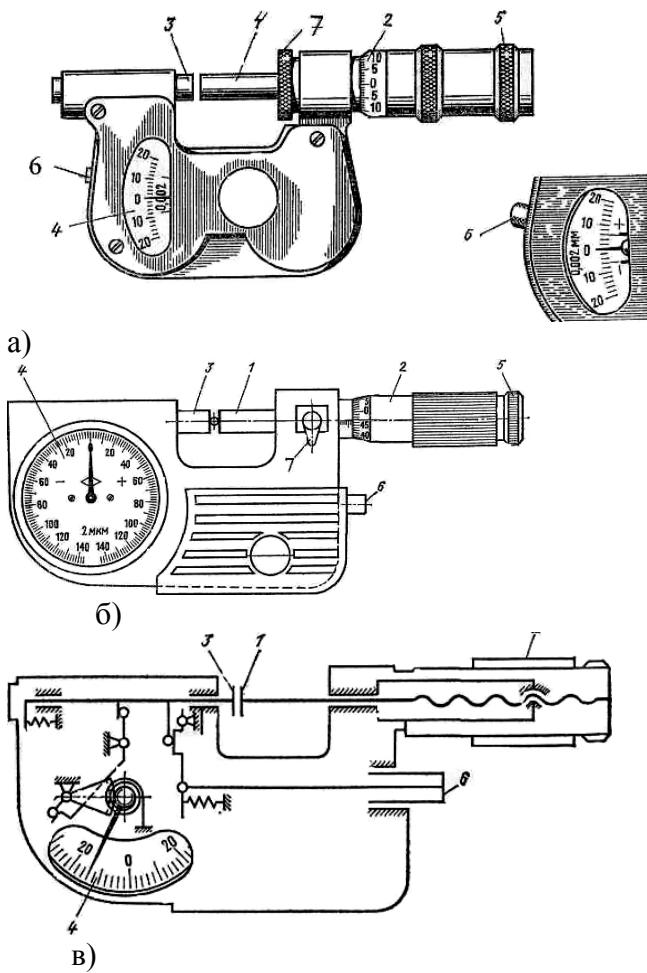
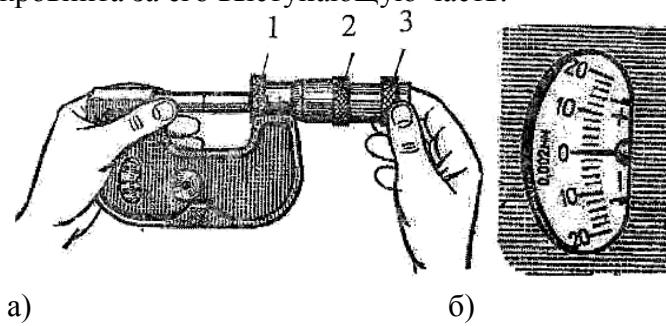


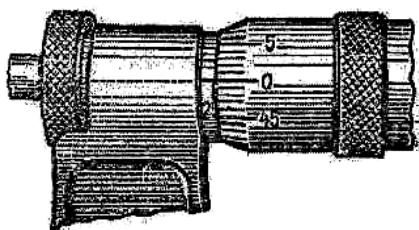
Рис.11.1. Рычажные микрометры типа МР (а и б) и принципиальная схема их (в):

1 – микрометрический винт микрометрической головки; 2 – барабан; 3 – подвижная пятка; 4 – шкала отсчетного устройства; 5 – колпачок; 6 – кнопка арретира; 7 – стопорное устройство

При настройке на ноль микрометрической головки рычажного микрометра с пределами измерения 0 – 25 мм вращением барабана 2 (рис. 11.2,а) измерительные поверхности пяток доводятся до соприкосновения и далее стрелка отсчетного устройства устанавливаются на ноль (рис.11.2,б)

При этом нулевой штрих барабана должен совпадать с продольным штрихом стебля (рис. 11.2,в). При их несовпадении микровинт стопорится гайкой 1 (рис. 11.2,а). Придерживая барабан 2, отворачивают колпачок 3 (на 1...2 оборота), смещением барабана влево разъединяют его с конической поверхностью микровинта для обеспечения его свободного вращения. При освобожденном барабане микрометрической головки при необходимости стрелка отсчетного устройства может быть установлена на ноль поворотом микровинта за его выступающую часть.





в)

**Рис. 11.2. Проверка нулевого положения:**

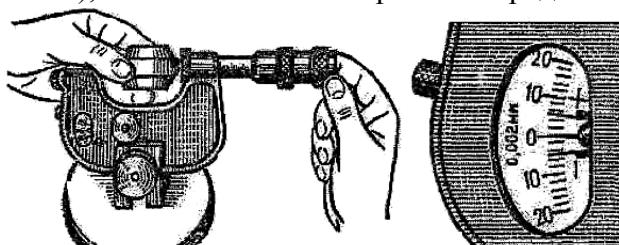
1 – стопорная гайка; 2 – барабан; 3 – колпачок

Поворотом барабана нулевой штрих на скосе его совмещают с продольным штрихом на стебле (рис. 11.2,в), и в этом положении барабан соединяют с микровинтом поворотом колпачка. Таким образом, добиваются чтобы стрелка отсчетного устройства и микрометрическая головка были установлены на ноль.

При настройке на ноль рычажных микрометров с пределами измерения 25 – 50, 50 – 75, 75 – 100 мм используются установочные меры или блоки ПКМД с размерами, равными нижнему пределу измерения.

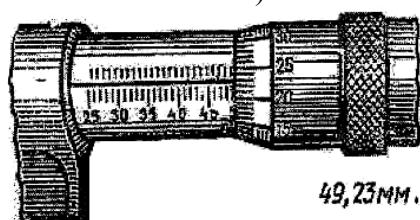
При измерении размеров методом непосредственной оценки (абсолютным методом) изделие помещают между измерительными поверхностями микрометра. Вращением барабана с микровинтом поверхности пяток микрометра приводят в соприкосновение с изделием (рис. 11.3,а) и продолжая вращать барабан отсчетное устройство микрометра устанавливают на ноль (рис. 11.4,б) при оптимальном положении рычажного микрометра относительно измеряемого изделия.

По шкалам микрометрической головки отсчитывают размер (рис. 11.3,в). По нижней шкале на стебле микрометрической головки отсчитывают целые мм, по верхней 0,5 мм (если при данном положении барабана штрих выражющий 0,5 мм вышел из – за скоса барабана), и по шкале скоса барабана определяют сотые доли мм.



а)

б)



в)

**Рис. 11.3. Измерение методом непосредственной оценки.**

По шкалам микрометрической головки отсчитывают размер (рис. 11.3,в). По нижней шкале на стебле микрометрической головки отсчитывают целые мм, по верхней 0,5 мм (если при данном положении барабана штрих выражющий 0,5 мм вышел из – за скоса барабана), и по шкале скоса барабана определяют сотые доли мм.

Если продольный штрих на стебле барабана занимает промежуточное положение между штрихами на скосе барабана, то при необходимости отсчитывают тысячные доли мм. Для этого барабан поворачивается до совмещения одного из ближайших штрихов на скосе барабана с продольным штрихом на стебле (при измерении изделий), и по отсчетному устройству со стрелкой определяются тысячные доли мм, которые прибавляют или отнимают к размеру по шкале микрометрической головки.

В производственных условиях, когда требуется установить только годность изделия, по предельным отклонениям размера изделия устанавливают указатели границ поля допуска (11 – рис. 7.1). Рычажные скобы или микрометры настраивают по блоку ПКМД как описано выше. При контроле изделие считается годным, если стрелка отсчетного устройства не выходит за границы указателей пределов допуска.

## 5. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Кафедра ремонта машин	Рычажный микрометр	Работа № 11
--------------------------	--------------------	-------------

**Задание 1.** Измерить размеры поршневого пальца рычажным микрометром абсолютным методом (методом непосредственной оценки) и дать заключение о годности в соответствии с техническими условиями на дефектовку (измерить размеры пальца в двух направлениях и в трех равномерно расположенных сечениях).

Таблица 11.1.

Результаты измерения				Размер чертежу	Допуск овальности, конусообраз- ности, бочкообраз- ность, мм	Заключение о годности
Направление измерения	Сечения					
	1-1	2-2	3-3			
I – I				28 <sub>0,01</sub>	0,003	
II – II						

## 2.12 Лабораторная работа №12 (2 часа).

Тема: «Устройство цератеста и измерение величины радиального биения»

### 2.12.1 Цель работы:

Изучение устройства и приобретение навыков в измерении радиального биения прибором цератестом.

### 2.12.2 Задачи работы:

1. Определить радиальное биение валика при помощи цератеста и дать заключение о годности.

### 2.12.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Цератест
2. Изделия для измерения-валик.

### 2.12.4 Описание (ход) работы:

*Изучить назначение, устройство и методы измерения величины радиального биения*

Радиальное биение цилиндрической поверхности – разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной базовой оси.

Радиальное биение можно измерить, например, на цератесте.

Для измерения радиального биения цилиндрическую деталь устанавливают в центрах прибора. Центры цератеста установлены в стойках, которые могут перемещаться по

направляющим основания. Основание может также перемещаться по направляющим станины. Измерительная головка устанавливается в кронштейне стойки. При измерении радиального биения измерительная головка плавно опускается до соприкосновения с поверхностью измеряемой детали и далее до установки стрелки прибора на ноль. Измерительную головку можно перемещать вместе с кронштейном и без кронштейна (относительно кронштейна). Более точно установку на ноль можно проводить поворотом шкалы измерительной головки рычагом, который располагается на ее задней стенке.

При измерении радиального биения, медленно вращая деталь в центрах, отмечают наибольшее и наименьшее показания измерительной головки за полный оборот детали. Величина радиального биения определяется как алгебраическая разность соответственно между ними.

Измерение радиального биения произвести в трех равномерно расположенных сечениях детали.

Сравнивая полученные результаты измерения с допустимым биением по чертежу, дают заключение о годности детали.

## 5. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Кафедра ремонта машин	Цератест	Работа № 12
--------------------------	----------	-------------

**Задание 1.** Измерить величину радиального биения валика в трех равномерно расположенных по длине сечениях на цератесте с ценой деления измерительной головки 0,001мм.

Таблица 12.1

Показания прибора	Сечения			Допустимое радиальное биение, мм	Заключение о годности
	1-1	2-2	3-3		
Наибольшее, мкм					
Наименьшее, мкм					
Радиальное биение, мкм				0,03	

## 2.13 Лабораторная работа №13 (2 часа).

**Тема: «Устройство тангенциальных зубометров и порядок измерения ими»**

### 2.13.1 Цель работы:

1. Изучить назначение, устройство тангенциального зубомера и методика измерения им.
2. Приобрести навыки в измерении элементов, характеризующих боковой зазор в зубчатой передаче.

### 2.13.2 Задачи работы:

1. Изучить общие положения об измерении элементов зубчатых колес, обеспечивающих боковой зазор в передаче.
2. Изучить конструкцию тангенциального зубомера, произвести его настройку и измерить смещение исходного контура для зубчатого колеса. Полученные данные занести в форму отчета и дать заключение о годности колеса.

### 2.13.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Тангенциальный зубомер типа М1.
2. Шестерня.

### 2.13.4 Описание (ход) работы:

*Изучить общие положения об измерении элементов зубчатых колес, обеспечивающих боковой зазор в передаче*

#### *Виды сопряжений зубьев колес в передаче*

Для обеспечения нормальной работы зубчатой передачи с эвольвентным профилем зуба между нерабочими профилями зубьев, находящихся в зацеплении, предусматривается боковой зазор  $j_n$ .

Боковой зазор  $j_n$  - зазор между неработающими профилями зубьев сопряженных колес, определяемый в сечении, перпендикулярном направлению зубьев, в плоскости, касательной к основной окружности. Он необходим для создания нормальных условий смазки зубьев, компенсации погрешностей изготовления, монтажа и температурной деформации передачи.

Для устранения возможного заклинивания при нагреве передачи, обеспечения условий протекания смазки и ограничения мертвого хода при реверсировании отсчетных и делительных передач наибольшее значение имеет минимальная величина бокового зазора. Системой допусков на зубчатые цилиндрические передачи (ГОСТ 1643-81) устанавливается гарантированный боковой зазор  $j_{nmin}$ , который называется наименьшим предписанным боковым зазором.

Для удовлетворения требований различных отраслей промышленности ГОСТом 1643-81 предусмотрено шесть видов сопряжений, определяющих различную величину  $j_{nmin}$  (рис. 13.1):

А – с увеличенным гарантированным зазором для степеней точности 3...12;

В – с нормальным гарантированным зазором для степеней точности 3...10;

С и D – с уменьшенными зазорами для степеней точности соответственно 3...9 и 3...8;

Е – с малыми зазорами для степеней точности 3...7;

Н – с нулевым гарантированным зазором для степеней точности 3...7.

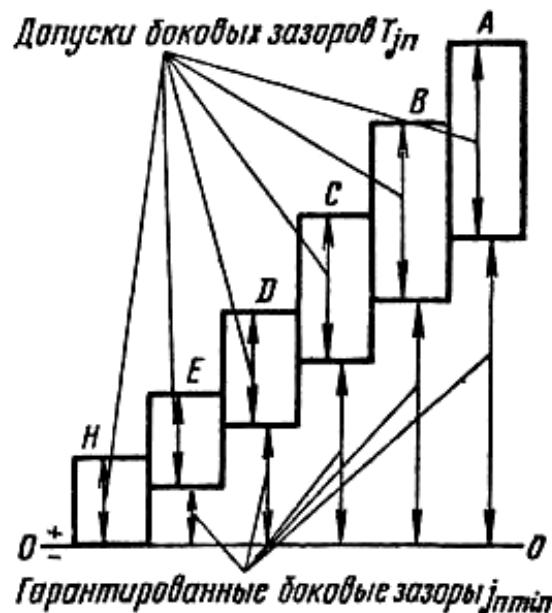


Рис. 13.1. Схема расположения полей допусков боковых зазоров ( $T_{jn}$ ) для принятых видов сопряжений зубьев зубчатых колес

Сопряжение вида В гарантирует минимальную величину бокового зазора, при котором

исключается возможность заклинивания стальной или чугунной передачи от нагрева при разности температур колес и корпуса, равной 25°C. Установлено также восемь видов допуска на боковой зазор, обозначаемых в порядке его возрастания буквами h, d, c, b, a, z, y, x.

При отсутствии специальных требований сопряжениям H и E соответствует вид допуска h, а сопряжениям D, C, B и A – соответственно виды допусков d, c, b и a.

Для создания в зубчатой передаче с нерегулируемым межосевым расстоянием наименьшего (гарантированного) бокового зазора производят уменьшение толщины зуба по сравнению с расчетной теоретической величиной. Это достигается путем радиального смещения исходного контура рейки (зубонарезного инструмента). Номинальным положением исходного контура условно считается то, которое получается после его смещения при корректировании зубчатых колес.

Дополнительное смещение исходного контура от его номинального положения в тело зубчатого колеса нормируется в ГОСТе двумя величинами: наименьшим дополнительным предписанным смещением исходного контура  $E_{HS}$  (для зубчатых колес с внешними зубьями принимается со знаком минус) и допуском на смещение исходного контура  $T_H$  (рис. 13.2).

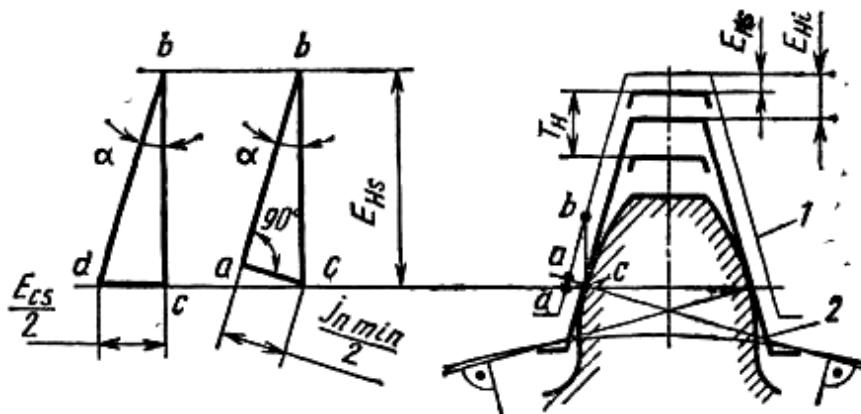


Рис. 13.2. Смещение исходного контура:

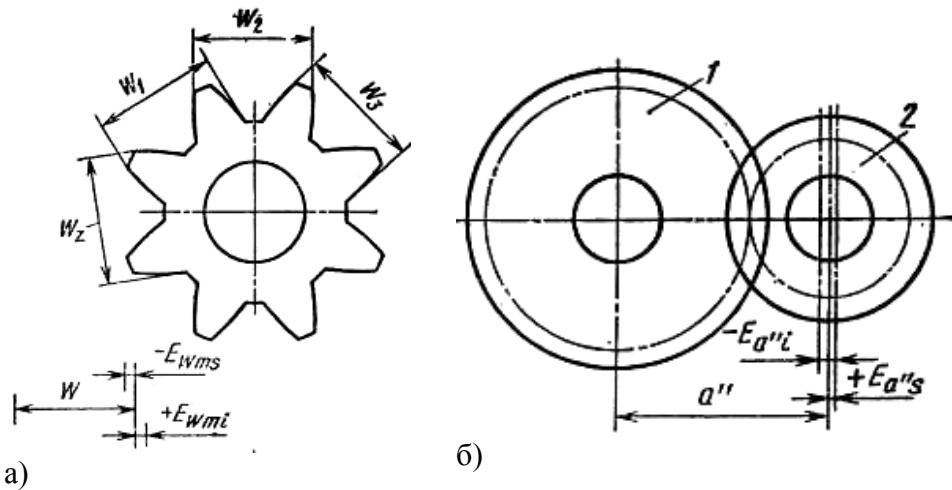
1 – номинальное положение; 2 – предельные дополнительные смещения

Значения  $E_{HS}$  нормируются ГОСТом 1643-81 в зависимости от степени точности по нормам плавности и вида сопряжения. Допуск  $T_H$  устанавливается в зависимости от допуска на радиальное биение зубчатого венца  $F_r$  и вида сопряжения. Выписки из ГОСТа 1643-81 см. приложение табл. 13.1 и 13.2.

При смещении исходного контура уменьшается средняя длина общей нормали и толщина зуба по постоянной хорде.

Поэтому показателями, обеспечивающими гарантированный боковой зазор являются: для колёс – наименьшее дополнительное смещение исходного контура  $E_{HS}$  или наименьшее предписанное отклонение средней длины общей нормали  $E_{WmS}$  или наименьшее предписанное отклонение толщины зуба по постоянной хорде в нормальном сечении  $E_{CS}$  или отклонения измерительного межосевого расстояния  $E_{a''s}$ ,  $E_{a''r}$ ; для передач с нерегулируемым расположением осей – предельные отклонения межосевого расстояния  $fa$ , а с регулируемым – наименьший предписанный боковой зазор  $j_{nmin}$ .

В связи с вышеизложенным ГОСТом 1643 – 81 регламентируется также наименьшее отклонение средней длины общей нормали  $E_{WmS}$  и допуск на среднюю длину общей нормали  $T_{Wm}$ , наименьшее отклонение толщины зуба  $E_{CS}$  и допуск на толщину зуба по постоянной хорде  $T_c$ ; предельные отклонения измерительного межосевого расстояния: верхнее  $E_{a''s}$ , и нижнее  $E_{a''r}$  (рис. 13.3).



**Рис. 13.3. Наименьшие предписанные отклонения средней длины общей нормали (а) и измерительного межосевого расстояния  $a''$  (б):**

1 – контролируемое зубчатое колесо; 2 – измерительное зубчатое колесо

Соотношение между величиной смещения исходного контура  $E_{HSC}$  утонением зуба по постоянной хорде  $E_{CS}$  может быть выражено формулой (при  $\alpha_g = 20^\circ$ ):

$$E_{CS} \approx 0,73 \cdot E_{HS}, \quad (13.1)$$

$$T_C \approx 0,73 \cdot T_H, \quad (13.2)$$

Контролировать размеры зубьев, определяющие боковой зазор в передаче, можно несколькими путями: тангенциальными зубомерами или биениемерами, устанавливая смещение исходного контура; штангензубомерами, применяемыми для измерения толщины зубьев по постоянной хорде; нормалемерами, которыми измеряют длину общей нормали; межцентромерами, определяя измерительное межосевое расстояние.

При дефектовке зубчатых колес при ремонте тракторов и автомобилей, СХМ широко применяются штангензубомеры и нормалемеры.

#### **Устройство тангенциальных зубомеров и порядок измерения ими**

Основным прибором для измерения смещения исходного контура рейки Енг зубчатых колес внешнего зацепления является зубомер смещения типа М, известный под названием тангенциальный зубомер. Тангенциальные зубомеры выпускаются четырех типоразмеров М1, М2, М3, М4 соответственно для модулей: 2 – 10, 4 – 16, 10 – 28 и 22 – 50 мм.

Тангенциальный зубомер (рис. 13.4) состоит из корпуса 1 с двумя симметрично расположенными измерительными губками 7 и 8, рабочие грани которых образуют угол, равный двум углам зацепления.

По биссектрисе угла расположена ось измерительного наконечника 6 измерительной головки 3. Губки 7 и 8 могут перемещаться вдоль корпуса зубомера при вращении винта 5 и фиксироваться в заданном положении стопорами 2.

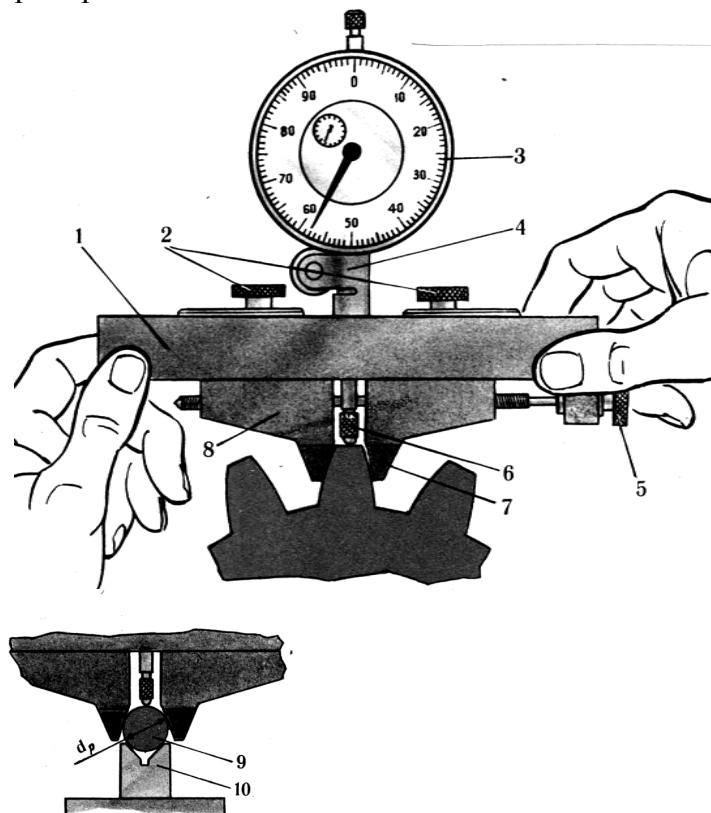
Базой для измерения является окружность выступов (вершин) колеса.

Настройку прибора и измерения им проводят в следующем порядке:

1. Подбирают установочный ролик 9 в соответствии с модулем проверяемого колеса, помещают его на призму 10.

2. Зубомер накладывают на установочный ролик 9 измерительными губками. Перемещая при этом винтом 5 измерительные губки 7 и 8 добиваются, чтобы соприкосновение их с роликом было примерно по середине измерительных поверхностей губок и по всей их ширине. В этом положении губки закрепляют стопорами 2.

3. Удерживая зубомер на ролике, перемещают индикатор 3 во втулке (при отпущенном стопорном винте) так, чтобы его малая стрелка была установлена на «1». В этом положении индикатор закрепляют зажимным винтом.



$$d_p = 1,2037 \cdot m,$$

где  $m$  – модуль зацепления.

**Рис. 13.4. Измерение смещения исходного контура относительно окружности выступов тангенциальным зубомером:**

1 – корпус; 2 – стопоры; 3 – измерительная головка; 4 – цанг; 5 – винт установки губок; 6 – измерительный наконечник; 7, 8 – измерительные губки; 9 - установочный ролик; 10 – призматическая подставка

4. Покачивая зубомер на ролике в плоскости колеса, находят его оптимальное положение, которому соответствует наибольшее показание по шкале индикатора (большая стрелка занимает крайнее положение при вращении по часовой стрелке). Совмещают нулевой штрих циферблата с концом большой стрелки.

5. При измерении зубомер переносят на измеряемый зуб колеса и, покачивая его, определяют наибольшее отклонение стрелки индикатора. При данном положении прибора определяют показания индикатора. Показание индикатора больше чем при настройке означает смещение исходного контура в «минус», т.е. в «тело» колеса.

Измеренное смещение исходного контура

$$E_{nr} = Y - U, \quad (13.3)$$

где  $Y$  – показание индикатора при измерении,

$U$  – показание индикатора при настройке (1,0).

При  $Y > U$ ,  $E_{nr}$  берется со знаком минус.

При контроле смещения исходного контура тангенциальным зубомером в качестве измерительной базы используется наружный цилиндр колеса, и поэтому при переходе от основной базы (оси вращения колеса) на вспомогательную необходимо учитывать погрешности, вносимые этой базой, т.е. следует учитывать как биение наружного цилиндра относительно оси колеса  $F_a$ , так и отклонение размера диаметра от номинального расчетного

значения, которое определяется допуском диаметра наружного цилиндра -  $T_a$ . Вносимые погрешности должны компенсироваться сокращением наименьшего предписанного смещения и допуска на смещение.

Производственные величины смещения и допуска на смещение определяются в этом случае из следующих соотношений:

наименьшее производственное дополнительное смещение:

$$E_{HS}^{PP} = |E_{HS}| + 0,35 \cdot F_a, \quad (13.4)$$

$$\text{допуск на смещение: } T_H^{PP} = T_H - \frac{T_a}{2} - 0,7 \cdot F_a, \quad (13.5)$$

$$\text{наибольшее смещение: } E_{HS \max}^{PP} = E_{HS}^{PP} + T_H^{PP}, \quad (13.6)$$

Для колес с внешним зацеплением  $E_{HS}^{PP}$  и  $E_{HS \max}^{PP}$  берут со знаком минус.

Допуск на диаметр окружности выступов принимают равным  $0,5 \cdot T_h$  ( $T_a = 0,5 \cdot T_h$ ). Полученную величину округляют до стандартного значения допусков для гладких цилиндрических соединений. Радиальное биение окружности выступов  $F_a \approx 0,25 \cdot T_h$ .

Измеренное смещение исходного контура  $E_{Hg}$  для годного колеса должно находиться в пределах от  $E_{HS}^{PP}$  до  $E_{HS \max}^{PP}$ .

## 5. ПРИЛОЖЕНИЯ

Выписка из ГОСТа 1643-81

Таблица 13.1

Наименьшее дополнительное смещение исходного контура,  $E_{HS}$ ,: мкм

Вид сопряжения	Степень точности по нормам плавности	Делительный диаметр, мм			
		до 80	Св. 80 до 125	Св. 125 до 180	Св. 180 до 250
B	3 – 6	120	140	160	185
	7	140	160	180	200
	8	140	160	200	220
	9	160	180	200	250

Таблица 13.2

Допуск на смещение исходного контура  $T_h$ , мкм

Вид сопряжения	Вид допуска бокового зазора	Допуски на радиальное биение зубчатого венца, $Fr$ , мкм				
		св. 32 до 40	св. 40 до 50	св. 50 до 60	св. 60 до 80	св. 80 до 100
		Допуски $T_h$ , мкм				
B	v	120	140	180	200	250

## 6. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Кафедра ремонта машин	Тангенсальный зубомер	Работа № 13
-----------------------	-----------------------	-------------

**Задание:** Измерить смещение исходного контура рейки, определить наименьшее отклонение средней длины общей нормали зубчатого колеса с модулем  $m=4\text{мм}$ , с числом зубьев  $Z = 27$ , степень точности и вид бокового зазора 8 – В. Измерение смещения исходного контура произвести для 4-х равнотстоящих друг от друга зубьев. Результаты измерения занести в таблицу 8.6 и дать заключение о годности

a) Измерение тангенциальным зубомером

Таблица 13.3

№ зубьев	Показания индикатора	Смещение исходного контура, мм	Заключение о годности
1			
2			
3			
4			

$$F_a = 0,25 \cdot T_H = \text{мкм}$$

$$T_a = 0,5 \cdot T_H = \text{мкм}$$

$$E_{HS}^{PP} = |E_{HS}| + 0,35 \cdot F_a = \text{мкм}$$

$$T_H^{PP} = T_H - \frac{T_a}{2} - 0,7 \cdot F_a = \text{мкм}$$

$$E_{HS \max}^{PP} = E_{HS}^{PP} + T_H^{PP} = \text{мкм}$$

Заключение о годности зубчатого колеса:

Примечание: при заключении о годности  $E_{HS}^{PP}$  и  $E_{HS \max}^{PP}$  принимают со знаком минус;

$E_{HS}$  и  $T_H$  определяются по таблицам ГОСТа 1643-81 (см. приложение) при  $Fr = 50 \text{ мкм}$

$$E_{HS} = \text{мкм} \quad T_H = \text{мкм.}$$

## 2.14 Лабораторная работа №14 (2 часа).

Тема: «Устройство нормалемера и измерение средней длины общей нормали»

### 2.14.1 Цель работы:

1. Изучить назначение, устройство нормалемера и методику измерения им.
2. Приобрести навыки в измерении элементов, характеризующих боковой зазор в зубчатой передаче.

### 2.14.2 Задачи работы:

1. Изучить конструкцию нормалемера, произвести его настройку и определить отклонение средней длины общей нормали. Полученные данные занести в форму отчета и дать заключение о годности колеса.

### 2.14.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Нормалемер типа КН.
2. Шестрения

### 2.14.4 Описание (ход) работы:

#### Измерение средней длины общей нормали

Общей нормалью  $W$  называют прямую, соединяющую точки касания двух разноименных профилей с охватывающими их параллельными касательными к ним плоскостями.

Средняя длина общей нормали определяется как средняя арифметическая из всех действительных длин общих нормалей по зубчатому колесу:

$$W = \frac{W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_z}{z}, \quad (14.1)$$

где  $z$  – число зубьев; длину общей нормали измеряют последовательно по всем зубьям.

Номинальная длина общей нормали для прямозубых колес определяется по формуле:

$$W_m = m \cdot \cos \alpha \cdot [\pi \cdot (z_n - 0,5) + 2\chi \cdot \operatorname{tg} \alpha + z \cdot \operatorname{inva}], \quad (14.2)$$

где  $z$  – число зубьев колеса;

$\chi$  – коэффициент корректирования;

$z_n$  – число зубьев, захватываемых при измерении,

$z_n = 0,111 \cdot z + 0,5$  (округляется до целого числа);

$\alpha$  – угол зацепления ( $\alpha = 20^\circ$ );

$\operatorname{inva}$  определяется по специальным таблицам.

При  $\alpha = 20^\circ \operatorname{inva} = 0,014904$ ;  $\cos \alpha = 0,939693$ ;  $\pi = 3,14159$ .

Предельные отклонения средней длины общей нормали задаются в «теле» зуба наименьшим отклонением  $E_{Wms}$  и допуском  $T_{Wm}$ .

Для измерения длины общей нормали используются микрометр зубомерный (рис. 14.1) или нормалемеры (рис. 14.2).

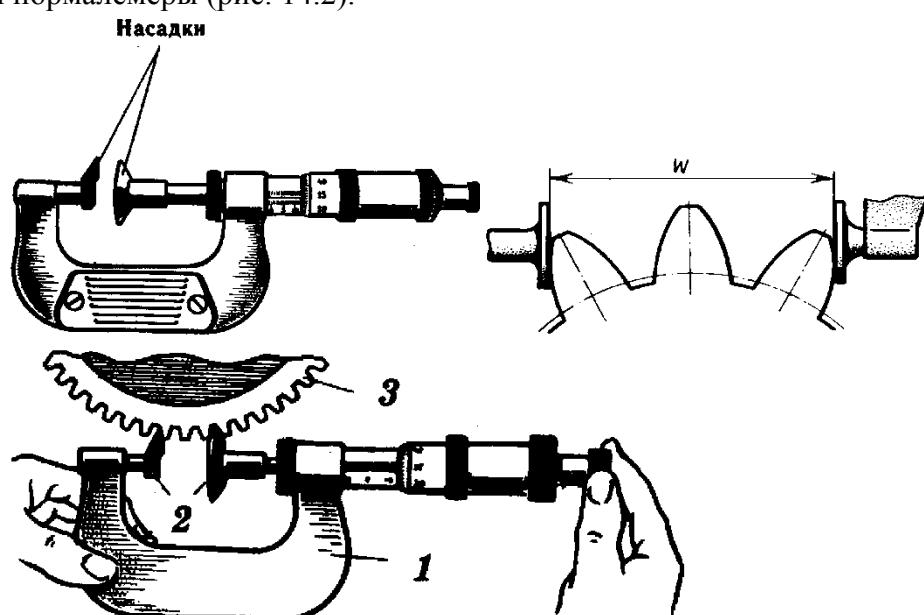


Рис. 14.1 Микрометр зубомерный и измерение им длины общей нормали:

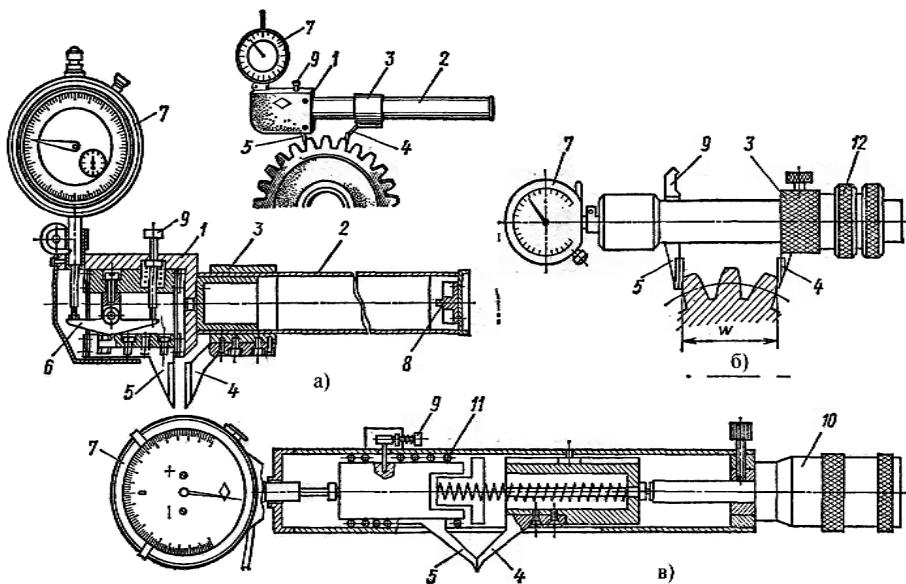
1 – микрометр; 2 – насадки; 3 – зубчатое колесо;  $W$  – длина общей нормали

Зубомерный микрометр типа М3 отличается от гладкого микрометра наличием двух измерительных насадок.

Индикаторный нормалемер типа КН представлен на рис. 8.6,а. По трубке 2 корпуса 1

нормалемера после установки в отверстие разрезной втулки 3 специального разжимного ключа 8 можно перемещать втулку 3 с неподвижной измерительной губкой 4.

При удалении из отверстия ключа втулка самозажимается на штанге и фиксируется в заданном положении. Вторая подвижная измерительная губка 5 с помощью рычажной передачи 6 воздействует на стержень индикатора часового типа 7, цена деления которого с учетом передаточного отношения рычажной системы составляет 0,005мм. При нажатии на кнопку 9 арретира подвижная губка 5 отводится от боковой поверхности зуба измеряемого колеса.



**Рис. 14.2 Нормалемеры типа КН (а), типов БВ – 5045 и БВ – 5046 (б), мелко – модульные (в):**

1 – корпус; 2 – штанга (трубка); 3 – разрезная втулка; 4 – неподвижная измерительная губка; 5 – подвижная измерительная губка; 6 – рычаг; 7 – индикатор часового типа; 8 – разжимной ключ; 9 – арретир; 10 – барабан микрометрической головки; 11 – шариковая направляющая; 12 – механизм микроподачи

В конструкции современных нормалемеров типов БВ – 5045 и БВ – 5046 (рис. 14.2, б) предусмотрена шариковая направляющая, в которой перемещается подвижная губка 5, оснащенная твердым сплавом. Неподвижная губка 4 соединена с механизмом 12 микроподачи, что облегчает настройку нормалемера по плоскопараллельным концевым мерам длины (ПКМД).

Особенностью мелкомодульных нормалемеров (рис.14.2,в) является поступательное (без поворота) перемещение неподвижной (установочной) губки 4 при вращении барабана 10 отсчетной микрометрической головки и перемещение измерительной губки 5 в шариковой направляющей 11 с непосредственной передачей величины перемещения на рычажно – зубчатую головку 7 с ценой деления 0,001 мм с пределами измерения по шкале  $\pm 0,05$  мм.

### **Настройка нормалемера и измерения им**

Проводят в следующей последовательности:

1. По вышеприведенной формуле определяют номинальную длину общей нормали  $W$ .
2. По значению длины общей нормали  $W$  рассчитывают и составляют блок ПКМД.
3. Блок ПКМД вводят между губками 4 и 5 (рис. 14.2,а). Перемещая подвижную губку 4, добиваются соприкосновения губок с ПКМД и далее, чтобы малая стрелка индикатора была установлена на «1». Поворотом шкалы индикатора большую стрелку устанавливают на «0». Нажав на арретир 9, удаляют блок ПКМД.

4. Настроенный нормалемер переносят на контролируемое колесо. При измерении нормалемер следует слегка покачивать в горизонтальной плоскости и обкатывать губки по профилям зубьев. Оптимальному положению прибора соответствует самое малое показание индикатора (большая стрелка занимает крайнее левое положение). Действительный размер длины общей нормали определяется по формуле:

$$W_d = W + \Delta, \quad (14.3)$$

где  $\Delta$  – отклонение, полученное при измерении.

В свою очередь отклонение  $\Delta$  может быть получено из выражения

$$\Delta = U - y, \quad (14.4)$$

где  $U$  – показание индикатора при измерении;

$y$  – показание индикатора при настройке (1,0)

За действительный размер длины общей нормали принимают среднее арифметическое из трёх измерений. Измерения осуществляют по всему колесу, переходя от зуба к зубу по всей окружности.

5. По формуле определяют среднюю длину нормали  $W_m$ . Рассчитывают действительное отклонение средней длины общей нормали

$$E_{Wm} = W_m - W, \quad (14.5)$$

По ГОСТ 1643-81 определяют наименьшее отклонение средней длины общей нормали  $E_{WmS}$  и допуск на среднюю длину общей нормали  $T_{Wm}$  (табл. 8.3, 8.4).

Наибольшее отклонение средней длины общей нормали:

$$E_{WmS}^{\max} = |E_{WmS}| + T_{Wm}, \quad (14.6)$$

$E_{WmS}$  принимается со знаком минус.

Для годного зубчатого колеса  $E_{Wm}$  должно находиться между  $E_{WmS}$  и  $E_{WmS}^{\max}$ .

## 5. ПРИЛОЖЕНИЯ

Выписка из ГОСТа 1643-81

Таблица 14.1

Наименьшее отклонение средней длины общей нормали  $E_{WmS}$ , мкм

Вид сопряжен ия	Степень точности по нормам плавности	Делительный диаметр, мм			
		до 80	св. 80 до 125	св. 125 до 180	св. 180 до 250
		Отклонение $E_{WmS}$ (слагаемое I), мкм			
B	7	100	110	120	140
	8	100	110	140	140
	9	100	120	140	160

Таблица 8.4

Модуль	Слагаемое II для определения – $E_{WmS}$				
	Допуски на радиальное биение зубчатого венца $Gr$ , мкм				
	Св. 25 до 32	Св. 32 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 60	Св. 60 до 80
	Отклонение $E_{WmS}$ (слагаемое II), мкм				
m>1	7	9	11	14	18

Примечание: Для определения  $E_{WmS}$  необходимо к слагаемому I прибавить слагаемое II.

Таблица 14.2

**Допуски на среднюю длину общей нормали  $T_{Wm}$ , мкм**

Модуль, $m$ , мм	Вид сопряжения	Вид допуска бокового зазора	Допуски на радиальное биение, мкм				
			Св.25 до 32	Св.32 до 40	Св.40 до 50	Св.50 до 60	Св.60 до 80
Допуски $T_{Wm}$ , мкм							
$m \geq 1$	B	v	55	60	70	100	100

**6. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ**

Кафедра ремонта машин	Нормалемер	Работа № 14
-----------------------	------------	-------------

*Задание 1. Измерение средней длины общей нормали нормалемером*

Номинальная длина общей нормали

$$W = m \cdot \cos \alpha \cdot [\pi \cdot (z_n - 0,5) + 2\chi \cdot \operatorname{tg} \alpha + z \cdot \operatorname{inva}] = 42,46 \text{ мм}$$

Измеренные значения длин общей нормали (число измерений равно числу зубьев):

Средняя длина общей нормали

$$W_m = \frac{W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_z}{z} = \text{мм}$$

Действительное отклонение средней длины общей нормали

$$E_{Wmr} = W_m - W = \text{мм}$$

$E_{Wms}$  и  $T_{Wm}$  определяются по таблицам ГОСТа 1646 – 81 (см. приложение).

$$E_{Wms} = \text{; } T_{Wm} = \text{мм}$$

$$E_{Wms}^{\max} = |E_{Wms}| + T_{Wm}$$

Заключение о годности зубчатого колеса:

**2.15 Лабораторная работа №15 (2 часа).**

**Тема: «Измерение элементов резьбы на микроскопе малом инструментальном ММИ-2»**

**2.15.1 Цель работы:**

1. Изучить назначение и устройство микроскопа малого инструментального ММИ-2.
2. Приобрести навыки в измерении элементов резьбы на нем.

**2.15.2 Задачи работы:**

1. Изучить общие положения, связанные с измерением элементов резьбы.
2. Изучить назначение и устройство микроскопа ММИ-2.
3. Настроить микроскоп для измерения параметров резьбы.
4. Измерить собственно средний диаметр резьбы в пределах одной впадины.
5. Измерить шаг резьбы методом охвата при измерении нескольких ее витков.
6. Измерить половину угла профиля резьбы.
7. Определить величину приведенного среднего диаметра резьбы и дать заключение

об ее годности.

### 2.15.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Микроскоп малый инструментальный ММИ – 2.

### 2.15.4 Описание (ход) работы:

*Изучить общие положения, связанные с измерением элементов резьбы и назначение и устройство микроскопа ММИ-2*

#### Общие положения

Взаимозаменяемость резьбовых соединений состоит в том, чтобы болт данного размера смог свинчиваться с любой гайкой тогоже номинального размера по всей длине свинчивания. К основным элементам резьбового соединения относятся (табл. 9.1):  $d$  и  $D$  - наружный диаметр резьбы соответственно болта и гайки;

$d_1$  и  $D_1$  – внутренний диаметр болта и гайки;  $d_2$  и  $D_2$  - средний диаметр болта и гайки;  $P$  - шаг резьбы - угол профиля резьбы (для метрических резьб  $\alpha=60^0$ ).

Таблица 15.1  
Элементы резьбового соединения

Профиль резьбы	Основные геометрические зависимости	Стандарты на основные размеры и допуски
<b>Метрическая</b>		
	$H = 3/2 P = 0,8660254 P$ $H_1 = 5/8 H = 0,541265877 P$ $R = H/6 = 0,144337565 P$ $3/8 H = 0,324759526 P$ $d_2 = D_2 = d-2$ $3/8 H = d - 0,649519053 P$	Для диаметров менее 1 мм Допуски ГОСТ 9000 - 81
	$d_2 = D_2 = d-2 3/8 H = d-1,082513755 P$	Для диаметров от 0,25 до 600 мм: профиль ГОСТ 9150 - 81 шаги резьб ГОСТ 8724 - 81
	$d_1 = D_1 = 17/24 H = d-1,226869322 P$	Допуски, посадки с зазором ГОСТ 16093 - 81
		Посадки с натягом ГОСТ 4608 - 81 Переходные посадки ГОСТ 21834 - 81

Так как резьбы болта и гайки сопрягаются по бокам профиля, то на свинчиваемость их оказывают влияние не только погрешности среднего диаметра, но и погрешности шага резьбы и половины угла наклона профиля. Поэтому условием обеспечения взаимозаменяемости резьбовых деталей (болта, гайки) является соблюдение определенной точности элементов резьбы  $d_2$  ( $D_2$ ),  $Pi \alpha/2$ .

При наличии погрешностей этих элементов для обеспечения свинчиваемости гайки и болта необходимо уменьшить средний диаметр болта и увеличить средний диаметр гайки. В результате этого по среднему диаметру между болтом и гайкой создается дополнительный зазор, который компенсирует погрешности шага и угла профиля резьбы сопрягаемых деталей.

Под средним диаметром понимается диаметр воображаемого соосного с резьбой цилиндра, образующая которого пересекает профиль резьбы в точках, где ширина канавки равна половине номинального шага резьбы.

Основным параметром, определяющим точность и характер соединения резьбовой пары, является средний диаметр  $d_2$  ( $D_2$ ). Допуски среднего диаметра резьбы являются суммарными и ограничивают сумму отклонений собственного среднего диаметра, шага и половины угла профиля резьбы. В связи с этим

отклонения шага и половины угла профиля, влияющие на взаимозаменяемость, стандартом не нормируются.

Значение среднего диаметра резьбы, увеличенного у наружной резьбы и уменьшенного у внутренней на величину действительных (т.е. полученных в результате изготовления и измерения) диаметральных компенсаций шага  $P$  и половины угла профиля  $\alpha/2$ , называют приведенным средним диаметром.

Приведенный средний диаметр наружной резьбы:

$$d_{2np} = d_{2bpv} + (f_p + f_\alpha), \quad (15.1)$$

Приведенный средний диаметр внутренней резьбы:

$$D_{2np} = D_{2bpv} - (f_p + f_\alpha), \quad (15.2)$$

где  $d_{2изм}$  и  $D_{2изм}$  - измеренные размеры соответственно наружной и внутренней резьбы, мм;

$f_p$  - величина диаметральной компенсации погрешностей шага;

$f_\alpha$ -величина диаметральной компенсации погрешности половины угла профиля.

Для метрической резьбы ( $\alpha=60^\circ$ ):

$$f_p = 1,732 \Delta P_n, \quad (15.3)$$

$$f_\alpha = \frac{0,36 \cdot P \Delta \alpha}{2}, \quad (15.4)$$

где  $\Delta P_n$  – абсолютная величина накопленной погрешности шага, мкм.

$$\Delta P_n = P_n - nP, \quad (15.5)$$

где  $P_n$  – действительное (измеренное) значение  $n$  – шагов;

$n$  – число шагов на длине свинчивания;

$P$  – номинальное значение шага.

При анализе погрешностей угла профиля резьбы обычно измеряют половину угла профиля  $\alpha/2$ , которая для метрической резьбы равна  $30^\circ$ .

Величину  $\Delta \alpha/2$  (в мин) при симметричном профиле резьбы находят как среднее арифметическое из абсолютных величин отклонений  $\alpha/2$  пр. и  $\alpha/2$  лев.:

$$\Delta \frac{\alpha}{2} = \frac{\left| \Delta \frac{\alpha}{2} np \right| + \left| \Delta \frac{\alpha}{2} лев \right|}{2}, \quad (15.6)$$

При определении  $f_\alpha$ (мкм) Р подставляют в мм,  $\Delta\alpha/2$  в угловых минутах.

Приведенный средний диаметр для наружной резьбы

$$d_{2np} = d_{2bpv} + (1,732\Delta P_n + \frac{0,36P\Delta\alpha}{2}) \cdot 10^{-3}, \quad (15.7)$$

$\Delta P_n$  и  $\Delta\alpha/2$  подставляются по абсолютным значениям. О годности резьбовых деталей по среднему диаметру судят по приведенному среднему диаметру (подсчитанному по результатам измерения) и по собственноизмеренному среднему диаметру.

Резьба будет считаться годной, если для болтов  $d_{изм} > d_2 - b$ ;

для гаек  $D_{2изм} < D_2 + b$ ;

$$d_2 = D_2 \approx d - 0,6495P, \quad (15.8)$$

где  $b$  – допуск среднего диаметра резьбы.

Для годного болта должно также выполняться условие  $d_{2np} \leq d_2$ , для годной гайки  $D_{2np} \geq D_2$ .

Приведенный средний диаметр является основным параметром, определяющим точность и характер сопряжения резьбовой пары. Он может быть получен только после измерения отдельных элементов резьбы. При данном методе контроля получают более точные результаты, и его применяют для точных резьбовых изделий (резьбовые калибры, резьбонарезные инструменты, ходовые винты станков и др.). Необходимость поэлементного контроля может возникнуть при контроле шатунных болтов, шпилек блока и тому подобных деталей. Качество резьбы изделий общего назначения оценивается измерением только собственно среднего диаметра. Грубую проверку шага резьбы проводят резьбовыми шаблонами.

### **Назначение и устройство микроскопа ММИ-2**

Инструментальные микроскопы подразделяются на малые и большие. Микроскоп малый инструментальный типа ММИ-2 предназначен для измерения линейных размеров в прямоугольных координатах, элементов профиля наружных резьб, углов, конусов, радиусов, рабочих размеров различных шаблонов и других элементов.

Общий вид и устройство микроскопа ММИ-2 представлены на рис.15.1.

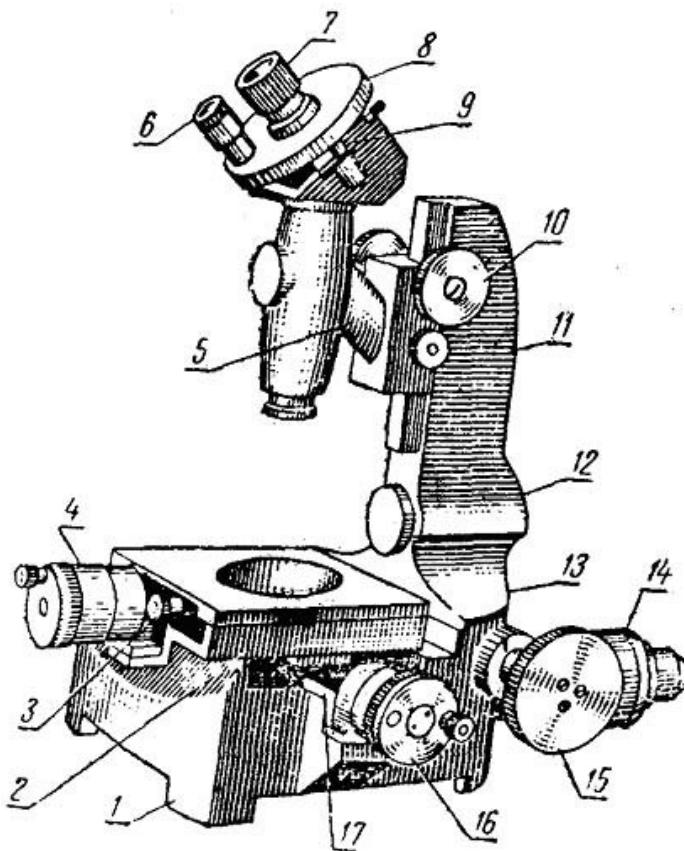


Рис. 15.1. Общий вид микроскопа ММИ – 2:

1 – основание; 2 – измерительный стол; 3 – маховичок поворота стола; 4, 16 – микрометрические головки поперечного и продольного перемещений; 5 – кронштейн; 6 – угломерный микроскоп; 7 – окуляр; 8 – окулярная угломерная головка; 9 – головка для поворота угломерной шкалы; 10 – маховичок для вертикальной подачи тубуса; 11 – колонка (стойка); 12 – ось стойки; 13 – опора стойки; 14 – осветитель; 15 – маховичок установки стойки под углом; 17 – площадка для укладки концевых мер

Микроскоп состоит из чугунного основания 1, на котором смонтирован измерительный стол 2 с микрометрическими головками продольного 16, поперечного 4 перемещений и колонки 11 (с опорой 13), по направляющим которой при помощи маховичка 10 перемещается кронштейн 5 с тубусом и с окулярной угломерной головкой 8. Колонка 11 микроскопа может поворачиваться относительно горизонтальной оси в пределах  $\pm 10^\circ$ . Угловое отклонение колонки устанавливают маховицком 15.

Цена деления обеих микрометрических головок 0,005 мм. Пределы перемещения каждой головки 25 мм. Предел перемещения в продольном направлении может быть увеличен до 75 мм путем введения между столом 2 и микрометрической головкой 16 концевой меры размером до 50 мм. Стол микроскопа находится под действием сильных пружин, что обеспечивает необходимый контакт между торцом штока микровинта и доведенным упором стола. Во избежание ударов движение стола слева направо замедляется специальным механизмом –амортизатором. Измерительный стол можно поворачивать вокруг вертикальной оси на угол  $\pm 5^\circ$  с помощью маховичка поворота стола 3. В центре стола имеется круглое отверстие, закрытое стеклом, через которое проходит свет от осветителя 14, расположенного в задней части основания 1. Проверяемую деталь укладывают на стекло или помещают над ним на опорах. В верхней части тубуса устанавливается одна из четырех окулярных головок. В комплект прибора могут входить четыре окулярные головки: окулярная угломерная головка 8, радиусная головка, резьбопрофильная головка и головка двойного изображения. Окулярная угломерная головка предназначена для выполнения линейных и угловых измерений и является основной. Она имеет окуляр 7 и угломерный

микроскоп 6.

Принципиальная оптическая схема инструментального микроскопа представлена на рис. 9.2.

Пучок лучей от источника света 1, пройдя светофильтр 2 и диафрагму 3, попадает на зеркало 4, которое изменяет направление его на  $90^\circ$  от первоначального, проходит затем через конденсатор 5, предметное стекло столика 6 и освещает измеряемый объект А. Если объект прозрачный, то пучок освещает отдельные элементы объекта и поступает в микроскоп, а если непрозрачный, то в микроскоп попадают лучи, идущие касательно к боковым поверхностям объекта, и в поле зрения микроскопа наблюдается теневой контур объекта.

От измеряемого объекта лучи попадают в объектив микроскопа. Для получения различных увеличений каждый микроскоп снабжается тремя сменными объективами 7; 7а и 7б.

Пройдя линзы объектива, лучи проходят призму 8, защитные стекла 9, сетку 11 соответствующей сменной головки и окуляр 12.

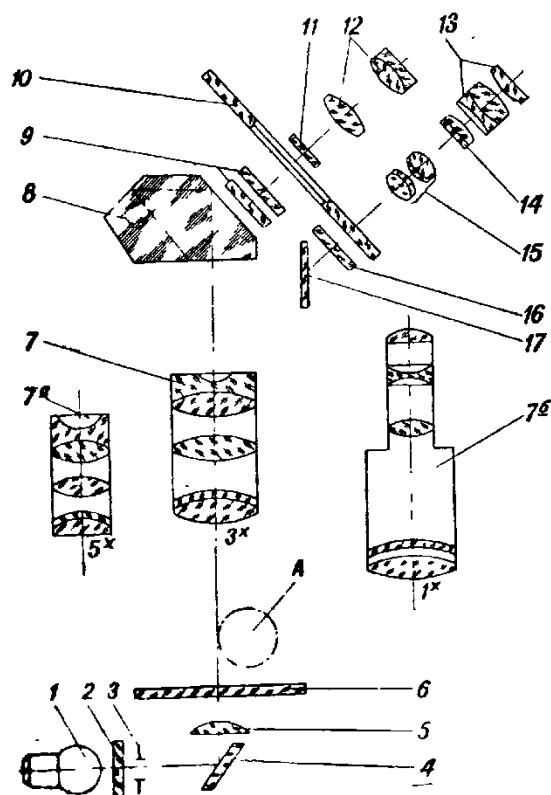


Рис.15.2. Оптическая схема ММИ-2:

1 – источник света; 2, 16 – светофильтр; 3 – диафрагма; 4 – зеркало; 5 – конденсатор; 6 – предметное стекло столика; 7, 7а, 7б – сменные объективы; 8 – призма; 9 – защитные стекла; 10 – лимб; 11 – пластина со штриховой сеткой; 12, 13 – окуляр микроскопа; 14 – минутная шкала; 15 – объектив микроскопа; 17 – зеркало для освещения градусной и минутной шкал

Изображение измеряемого объекта рассматривается в увеличенном виде через окуляр. Благодаря наличию призмы 8, изображение рассматриваемого объекта видно через окуляр в прямом (не перевернутом) виде.

Внутри корпуса окулярной угломерной головки имеется стеклянная пластина со штриховой сеткой 11 и лимб 10, разделенный по окружности на 360

равных частей. Пластина со штриховой сеткой и лимб градусной шкалы жестко связаны между собой и имеют общий центр вращения, который находится на оптической оси микроскопа. Штриховая сетка, наблюдается в окуляре основного микроскопа (рис. 15.3), а градусная и минутная шкалы в отсчетном угломерном микроскопе (рис. 15.4).

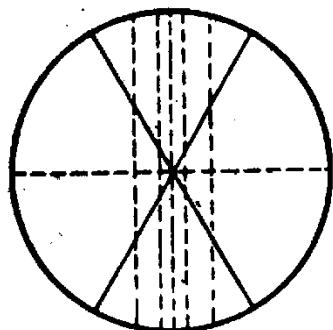


Рис. 15.3. Штриховая сетка окуляра основного микроскопа

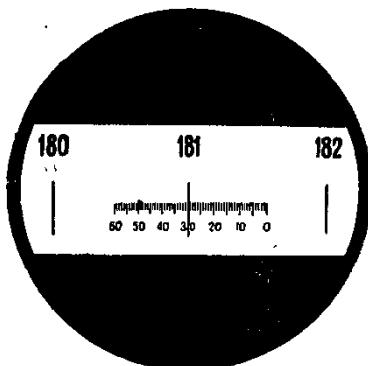


Рис. 15.4. Градусная и минутная шкалы угломерного микроскопа (181°)

Инструментальный микроскоп ММИ-2 позволяет измерять следующие элементы резьбы болтов: наружный диаметр  $d$ , внутренний диаметр  $d_1$ , средний диаметр  $d_2$ , шаг  $P$  и половину угла профиля  $\alpha/2$ .

#### *Измерение элементов резьбы болтов на микроскопе ММИ-2*

*Измерение собственно среднего диаметра.* Для измерения среднего диаметра резьбы изделие закрепляют в центрах или устанавливаются на V-образных подставках так, чтобы ось изделия была примерно параллельна продольному ходу стола, фокусируют тубус микроскопа на измеряемый объект, добиваясь четкого, изображения профиля резьбы. Точную фокусировку осуществляют путем микроперемещения тубуса маховицком 10. Затем проверяют установку изделия параллельно продольному ходу предметного столика. Для этого угломерная шкала устанавливается на нуль и с помощью микровинта поперечного перемещения горизонтальную штриховую линию сетки окулярной головки совмещают с изображением вершин профиля резьбы и проверяют совмещение по всей длине, перемещая стол в продольном направлении. Правильной установки изделия добиваются поворотом стола маховицком 3 (рис. 15.1). Для получения четкого изображения левого и правого профилей резьбы колонка микроскопа наклоняется на угол, равный углу подъема резьбы изделия  $-\psi$ .

Угол подъема определяют по формуле:

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{P}{\pi \cdot d}, \quad (15.9)$$

При правильном наклоне колонки резкость как правой, так и левой стороны профиля будет одинакова.

При измерении среднего диаметра резьбы перекрестье сетки с помощью микрометрических головок, устанавливают на какую – либо точку примерно на середине профиля (рис. 9.5,д). Вращением маховика угломерной головки совмещают среднюю

вертикальную штриховую линию сетки окулярной головки с измеряемой стороной профиля резьбы. Проводят отсчет по микроголовке поперечного перемещения стола (для повышения точности эту операцию повторяют до 3-х раз и за действительный размер принимают среднее арифметическое значение –  $A_{cp}$ ).

Перемещают стол в поперечном направлении до появления диаметрально противоположной параллельной стороны профиля резьбы, и далее совмещают профиль с перекрестием сетки, не изменяя положения (угла) вертикальной

штриховой линии, которая должна совпасть с противоположной стороной профиля (рис. 15.5,е).

Осуществляют второй отсчет ( $B_{cp}$ ). Разность двух отсчетов определяет действительный средний диаметр.

Средний диаметр измеряют также по другой левой стороне профиля (рис. 15.5, ж и з). Осуществляют отсчеты по микрометрической головке  $B_{cp}$  и  $\Gamma_{cp}$ . Измерение среднего диаметра по двум сторонам профиля позволяет исключить погрешности от перекоса оси относительно направления продольного хода измерительного стола.

Средний диаметр вычисляют как среднее арифметическое действительных размеров среднего диаметра по правой и левой сторонам профиля.

### Измерение шага резьбы

Шаг резьбы измеряют между одноименными профилями. Можно вести измерение или на одном шаге резьбы или на определенном числе ее витков  $n$ . В последнем случае шаг резьбы измеряют на длине свинчивания и обозначают  $P_n$ .

При измерении колонка прибора наклоняется на угол подъема резьбы. Так же, как при измерении среднего диаметра, перекрестье и среднюю вертикальную штриховую линию сетки окулярной головки совмещают с правой стороной профиля (рис. 15.5,д) и осуществляют отсчет по микрометрической головке продольного перемещения стола ( $A_{cp}$ ).

Перемещают в продольном направлении стол на выбранное число витков  $n$ , совмещают с перекрестием сетки правый профиль резьбы (не меняя положение средней штриховой линии), осуществляют второй отсчет ( $B_{cp}$ ).

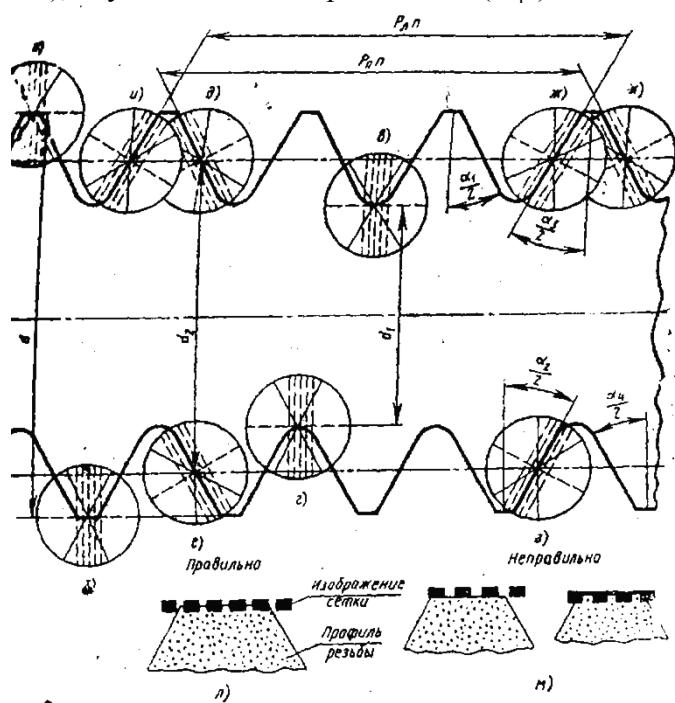


Рис. 15.5. Положение сетки со штрихами окулярной головки при измерении параметров наружной резьбы на инструментальном микроскопе

Размер шага  $P_n$  пр. на длине свинчивания определяют как разность второго и первого

отсчётов. Повторяют те же измерения по левой стороне профиля (отсчет –  $B_{ср.}$ ,  $\Gamma_{ср.}$  и размер шага  $P_n$  л.) Действительное значение  $P_n$  определяется как среднее арифметическое двух значений  $P_n$  пр. и  $P_n$  л.

*Измерение половины угла профиля.* Угол профиля измеряют раздельно подвум его половинам, чтобы проверить не только величину угла, но и перпендикулярность биссектрисы угла к оси резьбы. Половину угла измеряют на двух соседних витках в диаметрально противоположных сторонах контура резьбового изделия (рис. 15.5, ж и з) в следующем порядке.

1. Проводят фокусировку, диафрагмирование и установку оси центров микроскопа. Колонка микроскопа устанавливается без наклона.

2. Совмещают нулевой штрих градусной шкалы с нулевым штрихом отсчетного микроскопа.

3. Совмещают центр перекрестья сетки окуляра с серединой левого профиля резьбы и центральную пунктирную линию с боковой стороной левого профиля (рис 9.5, ж). В этом положении по штрихам градусной и минутной шкалы микроскопа производят отсчет  $(0,5\alpha_1)$ . Измерение угла проводят не менее трех раз и из полученных данных определяют среднее их значение.

4. Путем перемещения стола совмещают перекрестье с серединой левого профиля в нижней стороне изделия. Дальше поступают так, как указано в пункте 3, но только половина угла профиля будет определяться как  $360^\circ$  минус показания угломерной шкалы микроскопа. Таким образом, устанавливают значение  $0,5\alpha_2$ .

5. Определяем среднее арифметическое значение:

$$0,5\alpha_{лев} = 0,5\left(\frac{\alpha_1}{2} + \frac{\alpha_2}{2}\right), \quad (15.10)$$

6. Переводят перекрестье окуляра на правый профиль верхней стороны объекта (рис. 9.5, к). Все операции, связанные с определением половины угла профиля резьбы  $(0,5\alpha_3)$ , проводят так, как указано в пункте 3.

7. Измеряют половину угла профиля по правому профилю нижней стороны изделия  $(0,5\alpha_4$  – рис. 9.5, з).

8. Определяют значение:

$$0,5\alpha_{np} = 0,5\left(\frac{\alpha_1}{2} + \frac{\alpha_2}{2}\right), \quad (15.11)$$

9. Измеренное значение половины угла профиля резьбы находят по формуле:

$$0,5\alpha = 0,5\left(\frac{\alpha_{np}}{2} + \frac{\alpha_{лев}}{2}\right), \quad (15.12)$$

Отклонение  $\Delta 0,5\alpha$  половины угла профиля для метрических резьб определяется по формуле:

$$\Delta 0,5\alpha = 0,5\alpha - 30^\circ, \quad (15.13)$$

Годность резьбовых изделий устанавливают, как указывалось выше, по приведенному среднему диаметру и по отклонениям в соответствии с ГОСТ 16093-81.

## 5. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Кафедра ремонта машин	Измерение элементов резьбы на малом инструментальном микроскопе	Работа №15
-----------------------	---	------------

**Задание:** Определить величину приведенного среднего диаметра резьбы болта и дать заключение о годности резьбы.

Угол наклона стойки микроскопа, необходимый для измерения резьбы,

$\psi = \dots$

Таблица 15.2

**Результаты измерения собственно среднего диаметра резьбы (в мм)**

Результаты измерения по правому профилю		Значение $d_{2\text{прав.}}$	Результаты измерения по левому профилю		Значение $d_{2\text{лев}}$	Искомая величина $d_{2\text{изм}}$
$A_{\text{ср.}}$	$B_{\text{ср.}}$		$B_{\text{ср.}}$	$\Gamma_{\text{ср}}$		

Таблица 15.3

**Результаты измерения шага резьбы (мм)**

Результаты измерения по правому профилю		$P_n$ по правому профилю	Результаты измерения по левому профилю		$P_n$ по левому профилю	Искомая величина
$A_{\text{ср.}}$	$B_{\text{ср.}}$		$B_{\text{ср.}}$	$\Gamma_{\text{ср}}$		

Таблица 15.4

**Результаты измерения половины угла профиля резьбы**

Результаты измерения		Значение $0,5\alpha_{\text{лев}}$	Результаты измерения		Значение $0,5\alpha_{\text{пр}}$	Искомые величины	
$0,5\alpha_1$	$0,5\alpha_2$		$0,5\alpha_3$	$0,5\alpha_4$		$0,5\alpha$	$\Delta 0,5\alpha$

Для метрических резьб  $\Delta 0,5\alpha = 0,5\alpha - 30^\circ$

Приведённый средний диаметр  $d_{\text{пр}} = \dots$  мм

Заключение о годности:

**2.16 Лабораторная работа №16 (2 часа).**

**Тема: «Измерение точных размеров валов электронными показывающими приборами с индуктивными преобразователями»**

**2.16.1 Цель работы:**

- Изучить назначение, устройство электронных показывающих приборов с индуктивными преобразователями и методику измерения ими.
- Приобрести навыки в измерении точных размеров валов электронными показывающими приборами.

**2.16.2 Задачи работы:**

- Изучить назначение, устройство электронных показывающих приборов и принципы их работы.

2. Изучить назначение, устройство вертикальной стойки тяжелого типа с регулируемым столом.
3. Изучить методику измерения точных размеров валов электронными показывающими приборами с использованием стойки тяжелого типа.
4. Измерить размеры заданных деталей и представить отчет по прилагаемой форме.

#### **2.16.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Электронный показывающий прибор с индуктивным преобразователем модели 276.
2. Вертикальная стойка тяжелого типа с регулируемым столом.
3. Плоскопараллельные концевые меры длины.
4. Изделия для измерения.

#### **2.16.4 Описание (ход) работы:**

*Изучить назначение, устройство электронных показывающих приборов с индуктивными преобразователями и методику измерения ими*

Завод «Калибр» выпускает электронные показывающие приборы с индуктивными преобразователями для измерения размеров, отклонений формы и расположения поверхностей с высокой точностью и быстродействием. Принцип работы приборов состоит в преобразовании перемещения измерительного стержня с наконечником в пропорциональное ему изменение напряжения, подаваемого на отсчетное или записывающее устройство.

**Индуктивный преобразователь** состоит из одной – двух катушек индуктивности с магнитопроводом, образующих постоянную, т.е. неподвижную часть преобразователя, и соединенного с измерительным стержнем якоря (тоже магнитопровода), перемещаемого в процессе измерений относительно неподвижной катушки или катушек, в которых создается магнитный поток. При этом изменяется реактивное сопротивление катушек. Так как они включены в электросхему, то перемещение измерительного стержня преобразуется в перемещение указателя (стрелки) относительно неподвижной шкалы прибора. На рис. 16.1,а показано устройство одного из индуктивных преобразователей мод. 223, применяемого в электронных показывающих приборах мод. 212 и мод. 214 (рис. 16.1,б).

В стальном корпусе 1 (рис. 16.1,а) на шариковых направляющих 3 установлен стержень 2 с измерительным наконечником. Трубчатый ферритовый якорь 4 со стержнем 2 перемещается внутри двух индуктивных катушек 5 и 6, закрепленных в корпусе преобразователя. Постоянная часть магнитопровода состоит из втулки 7 и двух ферритовых шайб 8 и 9, расположенных сверху и снизу втулки. Магнитопровод смонтирован в латунном корпусе и зажат гайкой. Силу измерения создает пружина 10. Измерительный стержень с шариковыми направляющими защищен гофрированной резиновой втулкой 11.

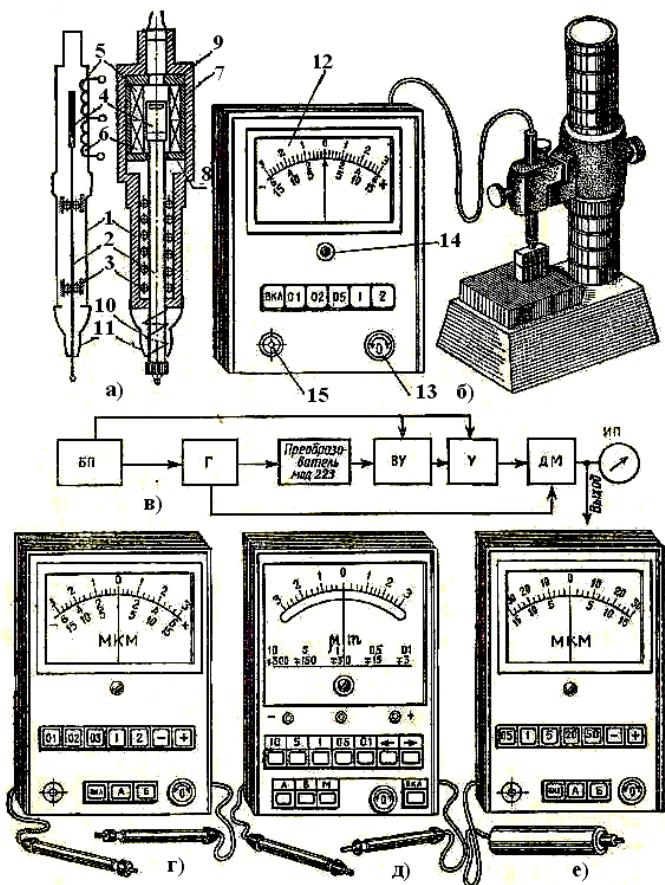


Рис. 16.1. Индуктивный преобразователь мод. 223 (а) и электронные показывающие приборы моделей 214 (б и в), 212 (г), 276 (д) и 217 (е):

1 – корпус; 2 – стержень; 3 – шариковые направляющие; 4 – ферритовый якорь; 5,6 – индуктивные катушки; 7 – втулка; 8,9 – ферритовые шайбы; 10 – пружина; 11 – резиновая втулка; 12 – показывающий прибор; 13 – ручка электрической установки нуля; 14 – отверстие для корректировки нулевого положения указателя прибора; 15 – сигнальная лампа

Закрепленный в стойке индуктивный преобразователь кабелем соединен с электронным блоком, на передней панели которого расположены: клавиша «ВКЛ» (рис. 16.1, б) с сигнальной лампой 15; показывающий прибор 12; ручка 13 электрической установки нуля; отверстие 14 для корректировки нулевого положения указателя показывающего прибора и пять клавиш с цифрами 01; 02; 05; 1 и 2. Включение выбранной клавиши соответствует цене деления 0,1; 0,2; 0,5; 1 и 2 мкм.

На задней панели расположены гнезда для подключения преобразователя, шланг питания прибора, клемма заземления и предохранитель. В структурную схему электронного блока (рис. 16.1, в) входят: блок питания (БП); генератор (Г) питания преобразователя; входное устройство (ВУ); сумматор; усилитель (У) и демодулятор (ДМ). Блок питания БП состоит из силового трансформатора и стабилизатора. Он является источником выпрямленного постоянного стабилизированного напряжения 30 В. Генератор Г обеспечивает питание индуктивного преобразователя переменным напряжением частотой 2...5 кГц. Входное устройство ВУ предназначено для согласования выходного сигнала с преобразователя со входом сумматора. Усилитель У усиливает сигнал, поступающий с входного устройства. Его схема выполнена на трех транзисторах. Усиленное напряжение от преобразователя подается на вход демодулятора ДМ. Сущность работы схемы демодулятора состоит в прохождении малых токов через коммутируемые ключи. Здесь же осуществляется ограничение выходного напряжения. К выходу демодулятора подсоединен показывающий

прибор ИП. Одновременно выходное напряжение выводится на розетку «ВЫХОД», установленную на задней панели блока.

Характеристики некоторых электронных показывающих приборов приведены в таблице 16.1.

Более точным и совершенным является электронный показывающий прибор мод. 276 (рис. 16.1, д), предназначенный для контроля линейных перемещений и формирования команд о выходе контролируемого размера за границы установленного поля допуска. Прибор снабжен светофорным устройством, состоящим из трех цветных сигнальных ламп: зеленой (деталь по данному размеру годна) и двух красных (брак «+»; брак «-»). Если размеры контролируемого изделия находятся в поле допуска, то загорается зеленая лампа. Выходной сигнал поступает на прибор и одновременно на розетку для подключения, например, самописца. Прибор мод. 276 имеет по сравнению с аналогом (прибор мод. 212) следующие преимущества: в 5 раз больший диапазон показаний (600 вместо 120 мкм); меньшая погрешность вследствие применения микроамперметра М2027 с зеркальной шкалой класса точности 0,5 (вместо прибора М906 класса точности 1,5); большая амплитуда выходного сигнала (0,7 – 1,3 В вместо 0,1 В); возможность автоматизации предельного контроля (путем введения пороговых устройств и световой сигнализации).

Таблица 10.1.

Характеристики электронных показывающих приборов. Размеры, мкм

Модель	Диапазон измерений	Цена деления	Модель преобразователя	Число преобразователей	Допускаемая погрешность в делениях шкалы при числе преобразователей		Масса кг
					1	2	
212 и 214	±3	0,1	223	1 для мод. 214; 1; 2 для мод. 212	1	2	5
	±6	0,2					
	±15	0,5					
	±30	1					
	±60	2					
213	±1	0,02	222	1; 2	1	2	5
	±2,5	0,05					
	±5	0,1					
	±10	0,2					
	±25	0,5					
276	±3	0,1	221	1; 2	1	2	6
	±15	0,5					
	±30	1					
	±150	5					
	±300	10					

Изменение границ поля допуска осуществляется с помощью двух потенциометров, выведенных на боковую панель прибора.

Выпускается электронный показывающий прибор мод. 275, у которого по сравнению с мод. 276 увеличен диапазон измерения до 5000 мкм, повышена надежность благодаря применению новой элементной базы и улучшенной конструкции; увеличена амплитуда выходного сигнала до 5 В.

При измерении наружных размеров индуктивные преобразователи закрепляются в штативах или стойках (рис. 16.1, б).

При присоединительном размере индуктивных преобразователей Ø28h7 для измерения точных наружных размеров может использоваться стойка тяжелого типа с регулируемым

столом, которая представлена на рис. 16.2 (вместо измерительной головки 9 в кронштейне 11 закрепляется индуктивный преобразователь).

Стойка тяжелого типа предназначена для измерения наружных размеров до 180 мм и диаметром не более 150 мм. Стойка имеет массивное чугунное основание 15, на котором установлены колонка 10 и регулируемый стол 6. Вдоль колонки 10 перемещается кронштейн 11, в отверстии которого закрепляется измерительная головка (миниметр, микрокатор, трубка оптиметра) или индуктивный преобразователь. Кронштейн на колонке крепят стопорным винтом 12, а измерительную головку или индуктивный преобразователь – стопорным винтом 8. Грубую установку наконечника измерительной головки относительно стола 6 осуществляют кольцом 13, которое может перемещаться вдоль колонки.

Для точной установки прибора на размер служит микровинт 1, который связан с подвижным столом. Положение стола фиксируется стопорным винтом 2. Рабочая плоскость стола должна иметь зеркальную поверхность и быть такой, чтобы можно было притирать концевые меры.

При измерениях плоских деталей применяют сферические наконечники; при измерениях цилиндрических деталей до 10 мм – ножевидные наконечники, «лезвие» которых устанавливают перпендикулярно к оси измеряемого изделия; при измерениях цилиндрических деталей диаметром более 10 мм – сферические наконечники; при измерениях деталей, ограниченных сферическими поверхностями (шарики, штихмассы и т.д.), – плоские наконечники.

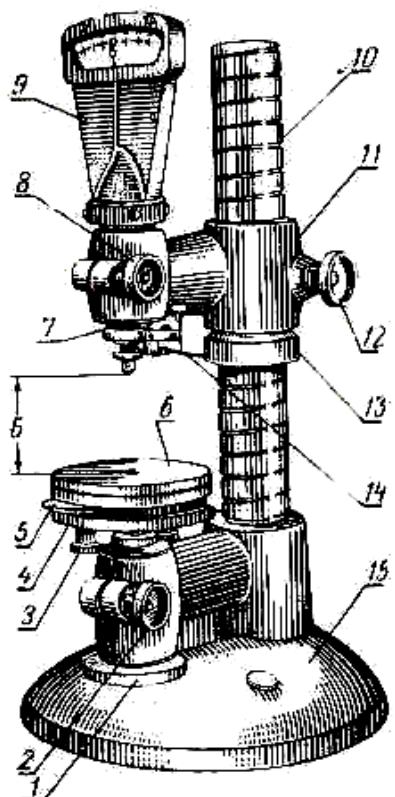
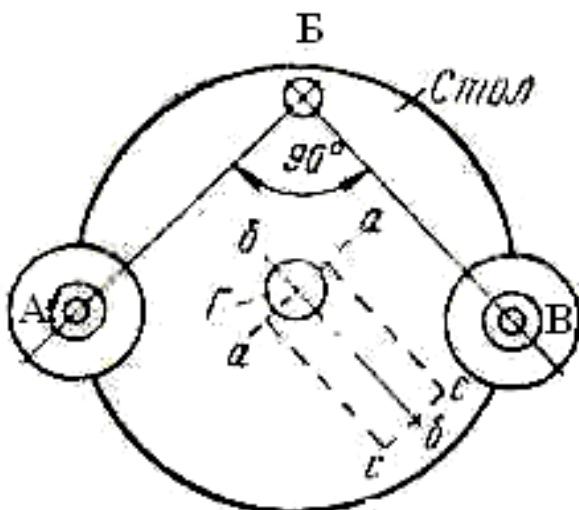


Рис. 16.2. Вертикальная стойка тяжелого типа с регулируемым столом:

1 — микровинт для точной настройки; 2 — стопорный винт стола; 3 — стопорный винт регулировочной гайки; 4 — основание стола; 5 — гайка регулировки стола; 6 — стол; 7 — хомут; 8 — стопорный винт измерительной головки; 9 — измерительная головка; 10 — колонка; 11 — кронштейн; 12 — стопорный винт кронштейна; 13 — установочное кольцо;

14 — отводной рычаг; 15 — основание

Регулируемый стол состоит из двух основных частей: собственно стола 6 и основания 4. Стол имеет три точки опоры. Две точки опоры А и В (рис. 10.3) могут перемещаться по высоте, а неподвижная третья опора Б представляет собой шарик, относительно которого стол может занимать различные положения.



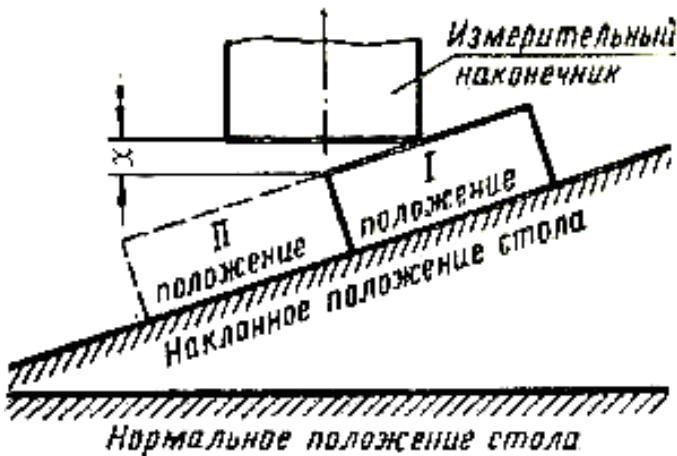
**Рис. 16.3. Опорные точки измерительного стола стойки тяжелого типа:**  
*А и В — рифленые гайки; Б — стальной шарик; Г — плоский наконечник измерительного стержня*

Чтобы исключить люфт, измерительный стол связан с основанием сильной спиральной пружиной. При измерении деталей плоскость измерительного стола устанавливается перпендикулярно к оси измерительного стержня. Для установки стола в такое положение используют плоский наконечник. Поверхность стола должна быть параллельна плоскости наконечника.

## *Методика измерения точных размеров валов электронным показывающим прибором с использованием тяжелой стойки.*

1. Индуктивный преобразователь с плоским наконечником закрепляется в кронштейне стойки и соединяется кабелем с показывающим прибором 2 (рис. 16.1, б; прибор мод. 214).
  2. К столику стойки слегка притирается плоскопараллельная мера длины небольшого размера (10 – 20 мм).
  3. Нажимают на клавишу «ВКЛ» показывающего прибора (при этом загорается сигнальная лампа 1), прибор прогревают в течение 10 – 20 мин. Предварительно устанавливают цену деления прибора, равную наибольшей цене деления (для мод. 214 – 2 мкм, т.е. нажимают на клавишу, обозначенную цифрой 2). Стрелка прибора должна плавно переместиться в направлении знака «–».
  4. Отпускают стопорный винт 12 кронштейна стойки (рис. 10.2). Перемещают кронштейн с индуктивным преобразователем вниз вращением гайки 13 так, чтобы между измерительным наконечником и мерой был зазор 1 – 1,5 мм.
  5. Окончательно доводят до соприкосновения измерительный наконечник преобразователя с поверхностью меры вращением винта 1 для точной настройки при отпущенном стопорном винте 2 (рис. 16.2), а затем вращением винта 1 совмещают указатель (стрелку) прибора с нулевым делением шкалы.
  6. Устанавливают стол стойки так, чтобы его плоскость была перпендикулярна к оси измерительного стержня. Выверяется стол по направлениям АБ и БВ следующим образом: концевая мера устанавливается на столе так, чтобы ее ось бб была параллельна оси БВ или АБ (рис. 16.3). Меру (контур ее обозначен пунктиром) подводят под наконечник так, чтобы

ее ребро  $aa$  проходило примерно через середину (центр) наконечника, что соответствует положению I концевой меры (рис. 16.4). Отводным рычагом 14 освобождают концевую меру и передвигают ее вдоль оси параллельно линии БВ так, чтобы грань  $cc$  концевой меры заняла положение грани  $aa$  (положение II, рис. 16.4). Отпускают отводным рычагом измерительный наконечник на концевую меру.



**Рис. 16.4. Положение концевой меры относительно плоскости измерительного наконечника при наклонном положении**

Если стол имеет наклон (рис. 16.4), то стрелка шкалы не остановится на нуле, а покажет какое – то значение  $x$ . Таким образом, при наличии перекоса стола изменение положения меры вызовет изменение в показании по шкале прибора и стол в этом случае выверяют изменением высоты опор А и В. При выверке стола указание положения мер устанавливаются при перемещении меры по направлениям от Б к В и от В к Б (или соответственно от Б к А и от А к Б). Например, при перемещении меры по направлению от Б к В установлено изменение по шкале прибора. Следовательно, высоту опоры В нужно увеличить. Если же обнаружено изменение по шкале прибора при перемещении меры от В к Б, то высоту опоры В нужно уменьшить. Выверку повторяют до тех пор, пока при различных положениях меры по направлениям АБ и БВ разность показаний по шкале не будет превышать 0,5 мкм.

7. После того как столик выверен, кронштейн 11 вращением гайки 13 (рис. 16.2) поднимается вверх. Плоский наконечник снимается и заменяется в случае измерения плоских и цилиндрических объектов сферическим наконечником. По номинальному размеру измеряемого изделия подбираются меры для составления блока. Концевые меры промывают бензином, протирают чистой тканью, притирают друг к другу и затем к столу стойки. Поверхность столика так же должна быть промыта бензином и протерта тканью. Установка прибора на ноль производится так, как это описано в пунктах 4 и 5.

Нулевую установку прибора следует проверить, прижимая и отпуская 2 – 3 раза наконечник арретиром (отводным рычагом 14).

Установив окончательно шкалу на ноль, арретиром приподнимают наконечник и, удалив со столика блок концевых мер, заменяют его объектом измерения.

Если объект измерения имеет цилиндрическую форму, то во избежания перекоса следует плотно прижимать его двумя пальцами к столику и, прокатывая его под наконечником, следить за показаниями по шкале прибора. Наибольшее показание будет соответствовать размеру диаметра.

Действительный размер диаметра будет равен сумме размера блока и показания прибора с учетом знака этого показания.

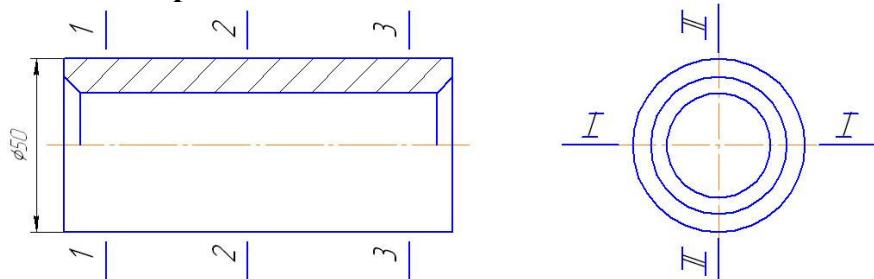
После окончания измерений проверяется нулевая установка прибора. Ошибка не должна превосходить одного деления шкалы.

Результаты измерений представляются в отчете установленной формы.

**Приобрести навыки в измерении точных размеров валов электронными показывающими приборами**

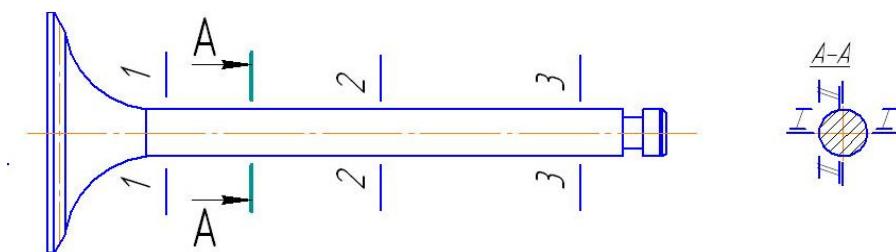
Эскизы деталей и схемы измерений

**1. Палец поршневой дизеля ЯМЗ – 238НБ**



Технические условия на дефектовку. Износ рабочей поверхности по  $\varnothing 50$ :  
 размер по чертежу –  $\varnothing 50_{-0,008}$ ;  
 допустимый без ремонта – 49,97 мм;  
 овальность и конусообразность не более: по чертежу – 0,0035 мм, допустимые без ремонта – 0,015 мм.

**2. Клапан впускной дизеля ЯМЗ – 8423**



Технические условия на дефектовку. Износ стержня клапана:  
 размер по чертежу –  $\varnothing 10_{-0,09}^{+0,07}$ ;  
 допустимый без ремонта – 9,89 мм;  
 овальность и конусообразность (полуразность диаметров) не более: по чертежу – 0,005 мм, допустимые без ремонта – 0,01 мм.

**5. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ**

Кафедра ремонта машин	Измерение точных размеров валов электронными показывающими приборами с индуктивными преобразователями	Работа №16
-----------------------	---	------------

**Задание:** 1. Изучить назначение, устройство электронных показывающих приборов и принцип их работы.

2. Изучить назначение, устройство вертикальной стойки тяжелого типа с регулируемым столом.

3. Изучить методику измерения точных размеров валов электронными показывающими приборами с использованием стойки тяжелого типа.

4. Измерить размеры поршневого пальца дизеля ЯМЗ 238НБ и выпускного клапана дизеля ЯМЗ 8423, дать заключение о их годности и представить отчет по прилагаемой форме.

Таблица 16.1

**Характеристики электронного показывающего прибора.****Размеры, мкм**

Модель	Диапазон измерений	Цена деления	Число преобразователей	Допускаемая погрешность в делениях шкалы

Таблица 10.2

## Результаты измерения размеров поршневого пальца

Номин. размер	Направл. измерен.	Сечения			Пред. размеры по черт.		Допустимый размер	Заключение о годности
		1-1	2-2	3-3	наиб.	наим.		
I – I								
	II – II							

Отклонения от правильной геометрической формы: овальность и конусообразность не более по чертежу – ..... , допустимые –

Заключение о годности по отклонениям формы –

Таблица 16.3

## Результаты измерения диаметра стержня клапана

Номи н. размер	Напра вл. измерен.	Сечения			Пред. размеры по черт.		Допустимы й размер	Заключени е о годности
		1 -1	2 -2	3 -3	наи б.	наи м.		
I – I								
	II – II							

Отклонения от правильной геометрической формы: овальность и конусообразность не более по чертежу – ..... , допустимые –

Заключение о годности по отклонениям формы –

**2.17 Лабораторная работа №17 (2 часа).**

**Тема: «Контроль шероховатости при проверке деталей на пригодность профилометром модели 253»**

**2.17.1 Цель работы:**

- Изучить назначение, устройство профилометра модели 253.

**2.17.2 Задачи работы:**

- Изучить назначение, устройство профилометра модели 253.
- Измерить шероховатость заданных деталей и представить отчет по прилагаемой форме.

### **2.17.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Профилометр модели 253.

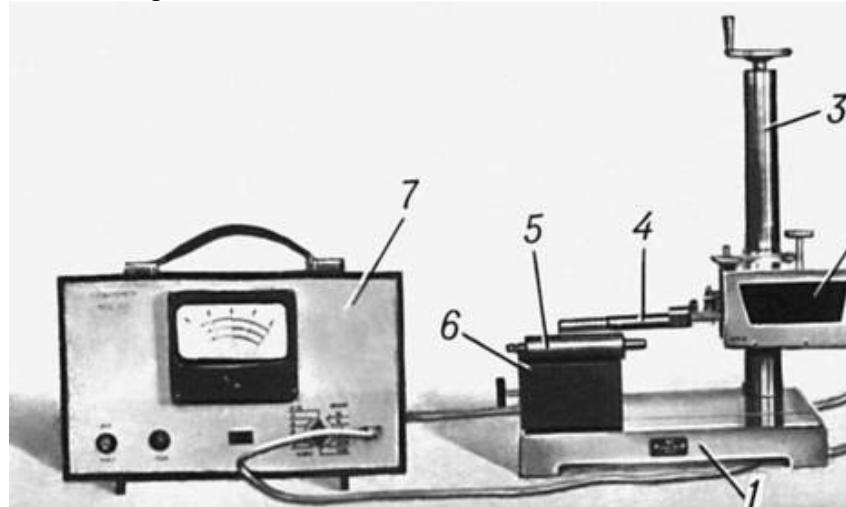
### **2.17.4 Описание (ход) работы:**

#### ***Изучить назначение, устройство профилометра модели 253***

Количественный контроль параметров шероховатости осуществляют контактными методами с помощью щуповых приборов (профилометров и профилографов) и бесконтактными методами (с помощью микроскопов и микроинтерферометров и т.д.).

Контактные профилометры и профилографы, имеющие высокую точность, применяют для контроля наиболее ответственных измерений.

Профилометр - прибор для измерения неровностей поверхности с отсчитыванием результатов измерения на шкале в виде значений одного из параметров, используемых для оценки этих неровностей,— шероховатости поверхности. В профилометре сигнал получается от датчика с алмазной иглой, перемещающейся перпендикулярно контролируемой поверхности. После электронного усилителя сигнал интегрируется для выдачи усреднённого параметра, количественно характеризующего поверхностные неровности на определённой длине.



**Рисунок 17.1 - Профилометр (модель 253 ) 1 — станина; 2 — привод; 3 — стойка; 4 — датчик; 5 — деталь; 6 — измерительный столик; 7 — электронный блок с показывающим устройством.**

#### ***Изучить параметры для нормирования и оценки шероховатости поверхностей.***

Согласно ГОСТ 2789-73 шероховатость поверхности изделий независимо от материала и способа изготовления (получения поверхности) можно оценивать количественно одним или несколькими параметрами.

#### **Высотные параметры:**

$R_a$  – среднее арифметическое отклонение профиля

$R_z$  – высота неровностей профиля по 10 точкам

$R_{max}$  – наибольшая высота неровностей профиля.

Параметр  $R_a$  является предпочтительным.

Параметр  $R_a$  характеризует среднюю высоту всех неровностей.

$R_z$  – характеризует среднюю высоту наибольших неровностей.

$R_{max}$  – характеризует наибольшую высоту профиля.

### Шаговые параметры Sm, S.

Sm – средний шаг неровностей.

S – средний шаг неровностей по вершинам.

### Опорный параметр tp

tp – относительная опорная длина профиля.

Шаговые параметры Sm, S, и tp – введены для учета различной формы и взаимного расположения характерных точек неровностей. Эти параметры позволяют также нормировать спектральные характеристики профиля.

Стандартом ГОСТ 25142-82 предусмотрен ряд параметров для количественной оценки шероховатости, причем отсчет ведется от единой базы, за которую принята средняя линия профиля mm.

Представим профилограмму поверхности детали.

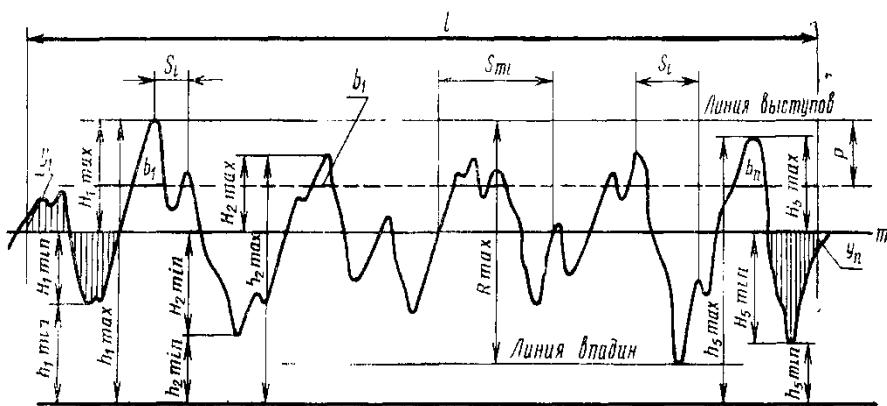


Рисунок 17.2- Профилограмма

Профилограмма – изображение реальной поверхности, полученное измерением на базовой длине L.

Средняя линия – среднеквадратическое отклонение профилей (сумма площадей над линией равна сумме площадей под линией).

Количественную оценку шероховатости проводят по следующим параметрам:

### Параметры шероховатости, связанные с высотными свойствами неровностей:

R<sub>a</sub> – среднее арифметическое значение из абсолютных величин отклонений профиля  
– среднее арифметическое отклонение профиля

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i|$$

y<sub>i</sub> – расстояние от любой точки профиля по нормали к средней линии,

n – количество замеров профиля, шт.

R<sub>a</sub> – на профилограмме показаны параллельные линии Y<sub>i</sub>.

R<sub>z</sub> – высота неровностей профиля по 10 точкам (сумма средних значений 5 самых высших точек профиля и 5 самых низших точек профиля)

$$R_z = \frac{1}{5} \left( \sum_{i=1}^5 h_{i \max} - \sum_{i=1}^5 h_{i \min} \right)$$

где, h<sub>i<sup>max</sup></sub> – расстояние от высших точек пяти наибольших максимумов до линии, параллельной средней и не пересекающей профиль;

h<sub>i<sup>min</sup></sub> – расстояние от низших точек пяти наибольших минимумов до этой же линии.

R<sub>max</sub> – расстояние между линией выступов и линией впадин профиля в пределах базовой длины L.

обозначение параметров  $R_z$  и  $R_{max}$

Параметры шероховатости, связанные со свойствами неровностей в направлении длины профиля:

средний шаг неровностей:

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi}$$

$S_{mi}$  – длина отрезка средней линии, пересекающего профиль в трех соседних точках и ограниченного крайними точками.

Средний шаг неровностей по вершинам:

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i$$

$S_i$  – длина отрезка средней линии между проекциями на нее двух высших точек соседних выступов.

Параметры шероховатости, связанные с формой неровностей:

$$t_p = \frac{\sum_{i=1}^n b_i}{L} \cdot 100\%$$

$p$  – уровень сечения (выбирается в % от  $R_{max}$ ).

Применение параметров шероховатости:

4. Для деталей, которые испытывают трение и износ

$R_a$  ( $R_z$ ),  $t_p$ , причем параметру  $R_a$  отдается предпочтение.

5. Виброустойчивость и циклическая прочность

$R_{max}, t_p$

6. Для неподвижных деталей

$R_a$  ( $R_z$ )

Требования к шероховатости устанавливают указанием числовых значений (наибольших или номинальных с отклонениями в % или диапазона значений) параметра или параметров на базовой длине  $L$ .

Числовые значения параметров шероховатости:

$R_a$  – 0,008…100 мкм;

$R_z$  – 0,025…1600 мкм;

$S_m, S$  – 0,002…12,5 мм;

Значение уровня сечения  $p$ :

5;10;15;20;25;30;40;50;60;70;80;90

Требования к шероховатости должны быть обусловлены и должны исходить от функционального назначения поверхности детали.

Обозначение шероховатости поверхностей на чертежах регламентируется ГОСТом 2.309-73 ЕСКД. «Обозначение шероховатости поверхностей»

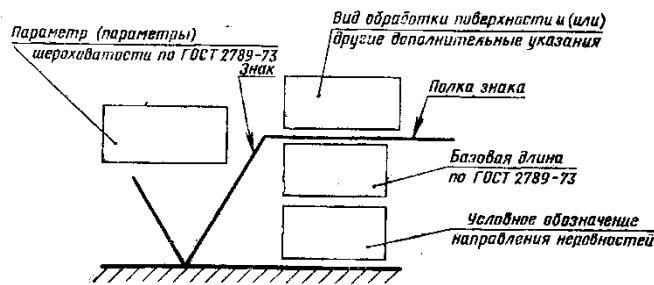
Данный ГОСТ 2.309-73 регламентирует:

3. Обозначение шероховатостей;

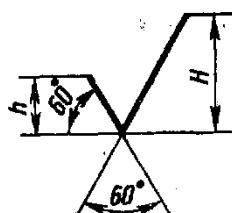
4. правила нанесения и обозначения шероховатости на чертежах.

5. Обозначение шероховатости поверхностей на чертежах.

В общем виде структура обозначения шероховатостей следующая:



Размеры знака шероховатости:



$h$  – высота цифр размерных чисел;

$$H = (1,5 \dots 3) h$$

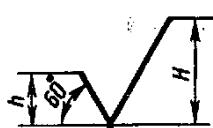
Толщина линий знака приблизительно равна  $\frac{1}{2}$  толщины сплошной основной линии

Направление неровностей

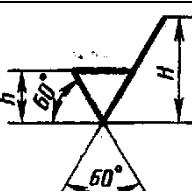
Условные обозначения направления неровностей должны соответствовать приведенным в таблице

Схематическое изображение неровностей	Обозначение

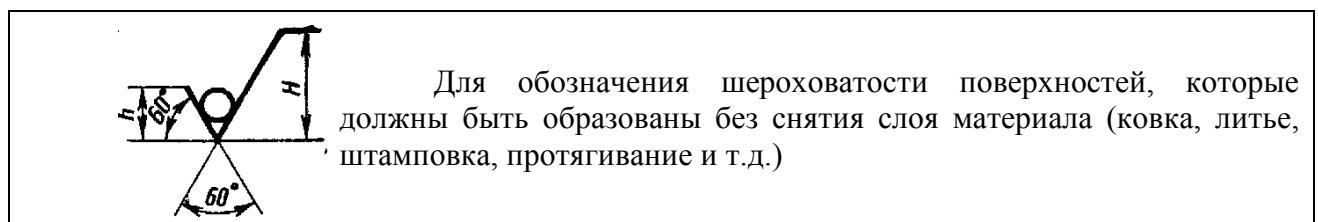
Структура обозначение шероховатости:



Для обозначения шероховатости поверхностей, вид обработки которых конструктором не нормируется

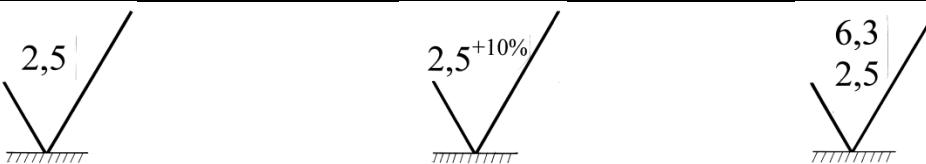


Для обозначения шероховатости поверхностей, которые должна быть образованы снятием слоя материала

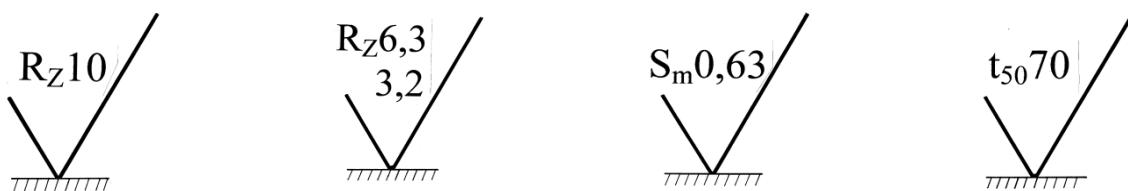


Значения параметров шероховатости по ГОСТ 2789-73 указывают:

- для параметра  $R_a$  – без символа



- для остальных параметров – после соответствующего символа



Расшифровка обозначения шероховатости:

При указании двух и более параметров шероховатости в обозначении шероховатости значения параметров записывают сверху вниз в следующем порядке:

- параметр высоты неровностей профиля;
- параметр шага неровностей профиля;
- относительная опорная длина профиля.

$0,1$ $Sm\ 0,063$ $0,040/0,8$ $t_{50} 80 \pm 10\% / 0,25$	$R_a \leq 0,1 \text{ мкм};$ $0,040 \leq S_m \leq 0,063 \text{ мкм.}$ $t = 80 \pm 10\% \text{ при } p=50\%$ $L = 0,25 \dots 0,8 \text{ мм}$ направление неровностей (C) - кругообразное
$0,025$ $\nabla M$ <i>Полировать</i>	$R_a \leq 0,025 \text{ мкм};$ направление неровностей (M) - произвольное поверхность - полировать

Упрощенное обозначение шероховатости:

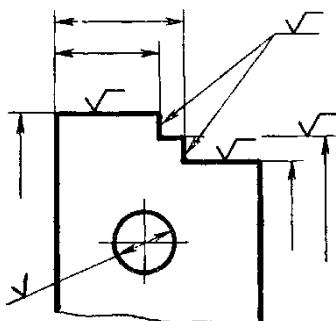
Допускается применять упрощенное обозначение шероховатости поверхностей с разъяснением его в технических требованиях чертежа.



$$\checkmark = \frac{0,32}{0,25} \frac{\text{Полировать}}{0,08} M$$

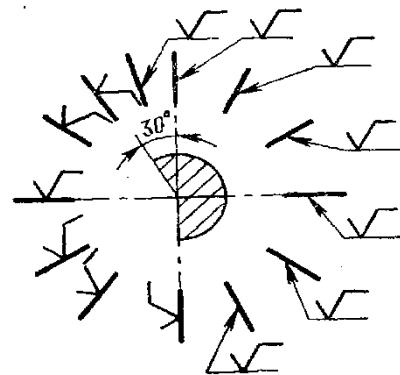
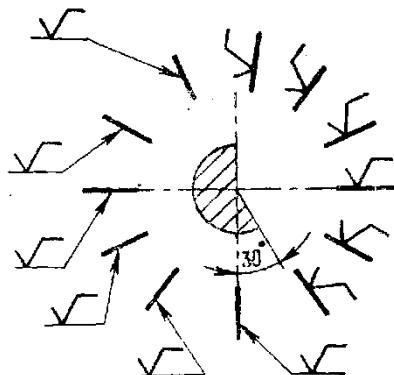
$$\delta \checkmark = \frac{0.53}{0.40} \sqrt{\frac{0.25}{2.5}} = 1.3260$$

Обозначение шероховатости на изображении детали располагают:

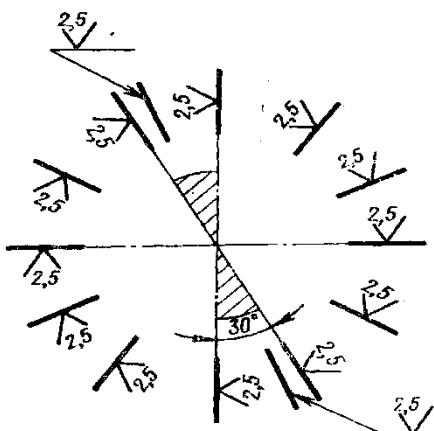


5. На контурных линиях;
6. на выносных линиях (ближе к размерной);
7. на полках линий выносок;
8. при недостатке места на размерных линиях

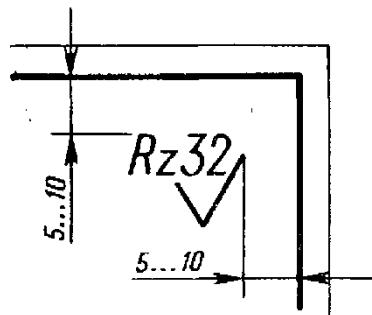
Обозначение шероховатости поверхности, в которой знак имеет полку, располагают относительно основной надписи чертежа так, как показано на чертеже



и в которых знак не имеет полки

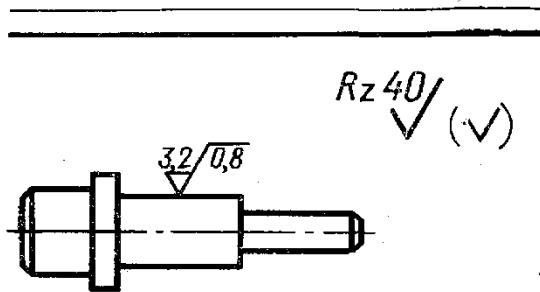


При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей изделия обозначение шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображении не наносят



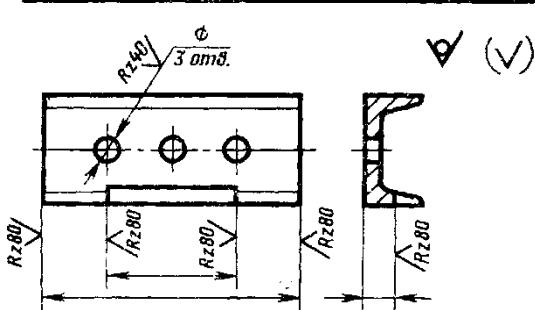
Размеры знака и толщина линий увеличиваются в 1,5 раза

При одинаковой шероховатости части поверхности обозначение шероховатости также выносится в правый верхний угол чертежа и в скобках указывается знак шероховатости



Размер и толщина знака в скобках должны соответствовать знаку на изображении

Если поверхности образованы без снятия слоя материала или по которым не проводится обработка



Шероховатость остальных поверхностей сохраняется в соответствии с поставки

## 5. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Кафедра ремонта машин	Профилометр модели 253	Работа №17
--------------------------	------------------------	------------

**Задание:** 1. Изучить назначение, устройство профилометра модели 253 и принцип работы.

2. Изучить методику измерения шероховатости.

Параметры		Изображение реальной поверхности, полученное измерением на базовой длине L.
$y_1 =$	$R_a$ – мкм;	
$y_2 =$		
$y_3 =$		
$h_{1\max} =$	$R_z$ – мкм;	
$h_{2\max} =$		
$h_{3\max} =$		
$h_{1\min} =$		
$h_{2\min} =$		
$h_{3\min} =$		
$S_{m1} =$	$S_m$ – мм	
$S_{m2} =$		
$S_{m3} =$		
$S_1 =$	$S$ – мм;	
$S_2 =$		
$S_3 =$		
$b_1 =$	$tt_p$ – мкм;	
$b_2 =$		
$b_3 =$		
$P =$		
$L =$		
$R_{\max} =$		

## 2.18 Лабораторная работа №18 (2 часа).

Тема: «Устройство и эксплуатация твердомера ТЕМП-2»

### 2.18.1 Цель работы:

1. Изучить назначение, устройство твердомера ТЕМП-2.

### 2.18.2 Задачи работы:

1. Изучить назначение, устройство твердомера ТЕМП-2.
2. Измерить размеры твердость заданных деталей и представить отчет по прилагаемой форме.

### 2.18.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Твердомер ТЕМП-2.
2. Изделия для измерения.

### 2.18.4 Описание (ход) работы:

#### Общие сведения о приборе твердомере ТЭМП -2

Твердомер представляет собой портативный электронный программируемый прибор динамического действия. Состоит из электронного блока и датчика с экранированным кабелем (рис. 18.1).

На корпусе прибора расположены дисплей (жидкокристаллический индикатор) и кнопки управления, на правой боковой поверхности – толкатель, служащий для «загрузки» ударника – перемещения его в исходное рабочее положение и сжатия пружины.

Принцип измерения твердости прибором основан на определении соотношения скоростей падения и отскока ударника со стальным шариком (диаметром 3 мм и твердостью HV 1600).

Твердомер предназначен для экспрессного (за 5 с) измерения твердости сталей, сплавов и их сварных соединений по шкалам Бринелля, Роквелла (C), Шора (HSD) и Виккерса, а также определения предела прочности  $R_m$  (т.е.  $\sigma_b$ , кгс/мм<sup>2</sup>) углеродистых сталей. Кроме того в память прибора можно записать дополнительно пять шкал твердости для других материалов (чугун, резина и др.).

### Требования к образцам и их установке

К испытуемой поверхности предъявляются высокие требования – шероховатость не более  $R_a$  2,5 мкм. Поэтому при необходимости в зоне измерения нужно зачистить шлифовальной машинкой площадку диаметром не менее 20 мм. Предварительно поверхность очищают, а перед замером протирают ветошью.



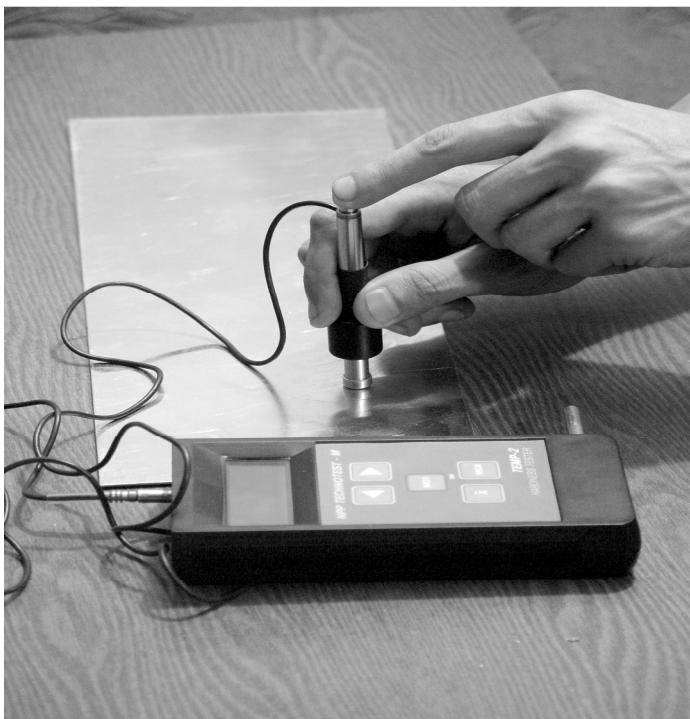


Рис. 18.1. Твердомер ТЭМП-2  
и измерение твердости прибором

Допустимо измерение твердости на вогнутых и выпуклых образцах ( $R$  кривизны  $\geq 15$  мм).

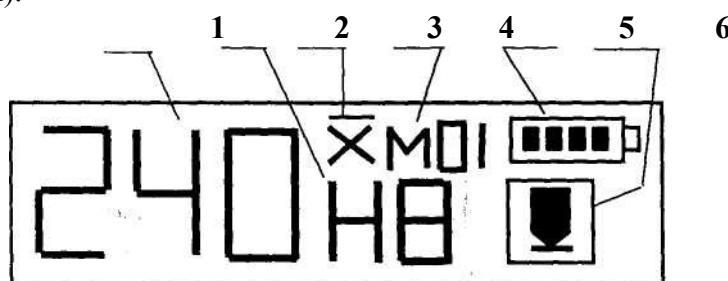


Рис.18.2. Схема индикации дисплея:

- 1 – значение твердости;
- 2 – шала твердости или прочности;
- 3 – индекс усредненного результата;
- 4 – число измерений;
- 5 – указатель разряженности батареи;
- 6 – указатель положения датчика.

Расстояние между отпечатками не менее 3 мм. Число измерений от 3 до 99. Минимальная масса контролируемого изделия 1.5 кг. Легкие изделия необходимо притирать на массивную плиту.

### Порядок работы

- Включить прибор кнопкой «MOD» - на дисплее появится индикация (рис. 7).
- Повторным нажатием кнопки «MOD» перейти в режим выбора шкалы твердости.
- Выбрать шкалу кнопками «◀▶».
  - Выбрать положение датчика (горизонтально, сверху вниз, снизу вверх) дополнительным нажатием кнопки «MOD»и кнопок «◀▶».

Подобным образом можно выбрать режим подсветки («OFF» - выключена, «ON» - включена и т.д.).

*Индикация дисплея сохраняется 3-4 с, поэтому режимы выбирайте быстро.*

• В корпус датчика вставить толкатель и плавно переместить его до защелкивания (сжатия пружины).

• Установить датчик нормально к испытуемой поверхности, плотно прижать его и другой рукой нажать на спусковую кнопку.

На дисплее появится значение твердости по выбранной шкале.

• Повторить замеры твердости.

• Среднее значение результатов измерений определить нажатием кнопки «X». Прибор отключается автоматически через 2 минуты после окончания работы.

Специальным кабелем можно соединить твердомер с компьютером и, используя соответствующую программу, вывести результаты измерений на его дисплей, сохранить и распечатать их.

### 2.18.5. Общая характеристика методов измерения твердости материалов

Твердость измерить проще, в том числе на деталях. Прочность - важнейший показатель механических свойств материала, определить сложнее. Для этого необходимы специальные образцы и более сложное оборудование.

Зная значение твердости можно ориентировочно найти прочность по зависимости  $\sigma_b = K \cdot HB$ , МПа,

где К: для сталей 3,4 - 3,5;  
для алюминия и сплавов 3,5 - 3,6;  
для меди и сплавов 4,0 - 5,5.

Возможности разных методов различны, что следует учитывать при выборе наиболее эффективного способа с учетом материала, ожидаемого значения твердости, размеров и формы изделия.

Форма и размеры индентора, прилагаемая нагрузка должны соответствовать целям испытания, состоянию поверхности, структуре и свойствами материала. Так, для сплавов, состоящих из крупных структурных составляющих различных по свойствам (серый чугун, подшипниковые сплавы), нужно использовать шарик большого диаметра. Если структура металла мелкозернистая и однородная, то можно вдавливать тела меньших размеров (шарик, конус, пирамиду) и на меньшую глубину.

Наиболее предпочтительным является метод Виккерса, дающий твердость в широком диапазоне значений по одной шкале.

Сравнительные параметры по основным современным методам измерения твердости материалов приведены в табл. 18.1.

Таблица 18.1. Характеристика основных методов измерения твердости

Метод (твердомер)	ГОСТ	Ограничения: $S$ – толщина изделия, $S_c$ – толщина поверхностного слоя, мм; $R_a$ – шероховатость, мкм	Пределы измерения, ед. твердости	Точность измерения отпечатка, мм
Бринелля	9012-59	$S > 1-2$ , мелкие детали и образцы	$HB \leq 450$	0,05
Роквелла	9013-59	$S = 0,3-0,5$ $S = 0,8-2,0$ $S_c > 0,5$ $R_a \approx (1,25)$	A: 70-85 B: 25-100 C: 20-67	0,002
Виккерса	2999-75	$S = 0,3-0,5$	$HV$ от 100 ...	0,001

ИТ 5010		$S = 0,03-0,05$ $R_a \leq 1,25$	HV от 8 до 2000	
ТЭМП-2		$R_a \leq 2,5$ мкм Масса изделия от 1,5 кг	HB: 100-450 HRC: 22-68 HV: 100-950 HSD: 22-99	--

## 5. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Кафедра ремонта машин	Твердомер ТЭМП-2	Работа №18
-----------------------	------------------	------------

**Задание:** 1. Изучить назначение, устройство твердомера ТЭМП-2;  
2. Измерить твердость материала некоторых образцов.

Таблица. Результаты испытания образцов

Материал образца	Результаты испытания образцов		
	D,мм	HB	HR
1.			
2.			
3.			
и т.д.			

### **3 Методические указания по выполнению практических работ**

#### **3.1 Практическое работа № 1(ПЗ-1) 2 часа**

**Тема:** Основы метрологии

##### **3.1.1 Задание:**

1. Изучить основные положения и термины в разделе метрология.
2. Ответить на вопросы преподавателя по данной тематике.

##### **Общие положения**

**Метрология** – наука об измерениях физических величин, методах и средствах измерения их единства и способах достижения требуемой точности.

Современная метрология делится на три составляющие: законодательная, фундаментальная, практическая.

**Законодательная метрология** - это раздел метрологии, включающий комплексы взаимосвязанных и обязательных технических и юридических требований по применению единиц физических величин, эталонов, методов и СИ, направленных на обеспечение единства и необходимой точности измерений.

Основным документом законодательной метрологии является **ФЗ «Об обеспечении единства измерений»**.

**Фундаментальная метрология** – раздел, служащий теоретической основой данной науки.

Предметами фундаментальной метрологии являются: теория измерений, теория шкал измерений, теория исходных СИ и т.д.

**Практическая метрология** – этот раздел метрологии освещает вопросы практического применения разработок теоретической и положений законодательной метрологии.

**Измерение** – нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

**Эталон**-средство измерение, обеспечивающее воспроизведение и (или) хранение единицы физической величины с наивысшей точностью для данного уровня развития измерительной техники с целью передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений.

**Метрологическая суть измерения сводится к основному уравнению измерения (основному уравнению метрологии):**

$$A=kA_0$$

где  $A$  – значение измеряемой физической величины;

$A_0$  - значение величины, принятой за образец;

$k$ -отношение измеряемой величины к образцу.

**Средства измерительной техники** – технические средства для выполнения измерений, имеющие нормированные метрологические характеристики.

**Электроизмерительная техника** – совокупность электрических средств измерений и способов их применения для получения ИИ.

#### **3.2 Практическая работа № 2 (ПЗ-2) 2 часа**

**Тема:** Основы измерений физических величин

##### **3.2.1 Задание:**

1. Изучить основные положения и термины, относящиеся к физическим величинам и единицам их измерения
2. Изучить основные положения и термины, относящиеся к измерениям

3. Ответить на вопросы преподавателя по данной тематике.

### **Общие положения**

**Физическая величина** — физическое свойство материального объекта, физического явления, процесса, которое может быть охарактеризовано количественно.

**Значение физической величины** — одно или несколько (в случае тензорной физической величины) чисел, характеризующих эту физическую величину, с указанием единицы измерения, на основе которой они были получены.

**Размер физической величины** — значения чисел, фигурирующих в значении физической величины.

**Размерность физической величины** — единица измерения, фигурирующая в значении физической величины. Как правило, у физической величины много различных размерностей: например, у длины — метр, миля, дюйм, парсек, световой год и т. д. Часть таких единиц измерения (без учёта своих десятичных множителей) могут входить в различные системы физических единиц — СИ, СГС и др.

### **Основные типы шкал измерений**

Для отображения результатов измерения строятся соответствующие *измерительные шкалы*.

### **Различают четыре основных типа измерительных шкал:**

- шкала наименований;
- шкала порядка;
- интервальная шкала;
- шкала отношений.

Результатом измерения является численное значение величины, выраженной в соответствующих единицах.

Единица измерения должна быть установлена для каждой известной физической единицы.

### **Единицы измерения бывают:**

- 1. основными
- 2. дополнительными
- 3. производственными

Совокупность основных и производственных единиц физических величин, образованная в соответствии с принятыми принципами, называется **системой единиц физических величин**.

Международная система единиц (система СИ) была принята XI Генеральной конференцией по мерам и весам в 1960 году.

На территории нашей страны система единиц СИ установлена соответствующим ГОСТом «**ГСИ. Единица физических величин**» (таблица 1).

**Таблица 1 - Единицы Международной системы СИ**

<i>Наименование величины</i>	<i>Наименование единицы</i>
<i>Основные единицы</i>	
1.Длина	метр
2.Масса	килограмм
3.Время	секунда
4.Сила электрического тока	ампер
5.Термодинамическая температура	kelvin
6.Количества вещества	моль

7.Сила тока	канделла
<b>Дополнительные единицы</b>	
1.Плоский угол	Радиан
2.Телесный угол	стерадиан

### Виды измерений:

- Прямые измерения;
- Непрямые измерения:
  - **косвенные**
  - **совокупные**:
  - **совместные**:

### Методы измерений:

- метод **непосредственной оценки**;
- методы **сравнения**:
  - сопоставления
  - совпадения
  - дифференциальный
  - уравновешивания (нулевой)
  - замещения.

## 3.3 Практическая работа № 3 (ПЗ-3) 2 часа

### Тема: Погрешности измерений

#### 3.3.1 Задание:

1. Познакомиться с общими понятиями о погрешностях измерений.
2. Изучить и дать определение каждому из видов погрешностей измерения.
3. Построить классификацию погрешностей измерения.
4. Изучить методику определения случайных погрешностей.
5. В соответствии с вариантом (табл. 2) определить абсолютную и относительную погрешность измерения.

#### 3.3.2 Общие положения

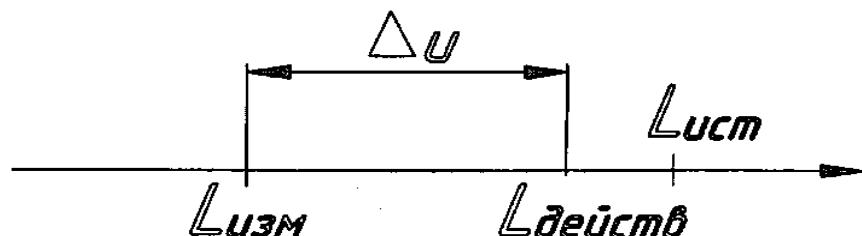
Измерения не могут быть выполнены абсолютно точно. Всегда имеется некоторая неопределенность в значении измеряемой величины. Эта неопределенность характеризуется погрешностью отклонением измеренного значения величины от ее истинного значения.

При анализе измерений разграничиваются 2 понятия: истинное значение величины и результатом измерения.

Точность измерений характеризуются погрешностью измерения

$$\Delta u = L_{изм} - L_{ист}$$

На практике, вместо истинного значения используют так называемое действительное значение, т.е. значение найденное измерением с точностью примерно на порядок выше точности оцениваемого результата (рисунок 1).



## Рисунок 1-Определение погрешности измерений

Приведем некоторые из причин, приводящих к появлению погрешностей.

1. Ограниченнaя точность измерительных приборов.
2. Влияние на измерение неконтролируемых изменений внешних условий (напряжения в электрической сети, температуры и т.д.)
3. Действия экспериментатора (включение секундомера с некоторым запаздыванием, различное размещение глаз по отношению к шкале прибора и т.п.).
4. Неполное соответствие измеряемого объекта той абстракции, которая принята для измеряемой величины (например, при измерении объема)

**Абсолютная погрешность** —  $\Delta X$  является оценкой абсолютной ошибки измерения. Величина этой погрешности зависит от способа её вычисления, который, в свою очередь, определяется распределением случайной величины  $X_{meas}$ . При этом равенство:

$$\Delta X = |X_{true} - X_{meas}|$$

где  $X_{true}$  — истинное значение, а  $X_{meas}$  — измеренное значение, должно выполняться с некоторой вероятностью близкой к 1. Если случайная величина  $X_{meas}$  распределена по нормальному закону, то, обычно, за абсолютную погрешность принимают её среднеквадратичное отклонение. Абсолютная погрешность измеряется в тех же единицах измерения, что и сама величина.

**Относительная погрешность** — отношение абсолютной погрешности к тому значению, которое принимается за истинное:

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{X}$$

Относительная погрешность является безразмерная величина (может измеряться в процентах).

**Приведенная погрешность** — относительная погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к условно принятому значению величины, постоянному во всем диапазоне измерений или в части диапазона. Вычисляется по формуле:

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{X_n},$$

где  $X_n$  — нормирующее значение, которое зависит от типа шкалы измерительного прибора и определяется по его градуировке:

- если шкала прибора односторонняя, т.е. нижний предел измерений равен нулю, то  $X_n$  определяется равным верхнему пределу измерений;
- если шкала прибора двухсторонняя, то нормирующее значение равно ширине диапазона измерений прибора.

Приведенная погрешность — безразмерная величина (может измеряться в процентах)

*По причине возникновения:*

**Инструментальные (приборные погрешности)** — погрешности, которые определяются погрешностями применяемых средств измерений и вызываются несовершенством принципа действия, неточностью градуировки шкалы, ненаглядностью прибора.

**Методические погрешности** — погрешности, обусловленные несовершенством метода, а также упрощениями,ложенными в основу методики.

**Субъективные / операторные / личные погрешности** — погрешности, обусловленные степенью внимательности, сосредоточенности, подготовленности и другими качествами оператора.

*По характеру проявления:*

**Случайная погрешность** — погрешность, меняющаяся (по величине и по знаку) от измерения к измерению. Случайные погрешности могут быть связаны с несовершенством

приборов (трение в механических приборах и т.п.), тряской в городских условиях, с несовершенством объекта измерений (например, при измерении диаметра тонкой проволоки, которая может иметь не совсем круглое сечение в результате несовершенства процесса изготовления), с особенностями самой измеряемой величины (например при измерении количества элементарных частиц, проходящих в минуту через счётчик Гейгера).

**Систематическая погрешность** — погрешность, изменяющаяся во времени по определенному закону (частным случаем является постоянная погрешность, не изменяющаяся с течением времени). Систематические погрешности могут быть связаны с ошибками приборов (неправильная шкала, калибровка и т.п.), неучтёнными экспериментатором.

**Грубая погрешность (промах)** — погрешность, возникшая вследствие недосмотра экспериментатора или неисправности аппаратуры (например, если экспериментатор неправильно прочёл номер деления на шкале прибора, если произошло замыкание в электрической цепи).

*По способу измерения:*

**Погрешность прямых измерений**

**Погрешность косвенных измерений** — погрешность вычисляемой (не измеряемой непосредственно) величины:

Если  $F = F(x_1, x_2 \dots x_n)$ , где  $x_i$  — непосредственно измеряемые независимые величины, имеющие погрешность  $\Delta x_i$ , тогда:

$$\Delta F = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \Delta x_i \frac{\partial F}{\partial x_i} \right)^2}$$

### Вычисление погрешностей

В дальнейшем будем предполагать, что:

- 1) грубые погрешности исключены;
- 2) поправки, которые следовало определить (например, смещение нулевого деления шкалы), вычислены и внесены в окончательные результаты;
- 3) все систематические погрешности известны (с точностью до знака).

В этом случае результаты измерений оказываются все же не свободными от случайных погрешностей. Но случайная погрешность уменьшается при увеличении числа измерений.

Поскольку из-за наличия случайных погрешностей результаты измерений по своей природе представляют собой тоже случайные величины, истинного значения  $x_{\text{исх}}$  измеряемой величины указать нельзя. Однако можно установить некоторый интервал значений измеряемой величины вблизи полученного в результате измерений значения  $x_{\text{изм}}$ , в котором с определенной вероятностью содержится  $x_{\text{ист}}$ . Тогда результат измерений можно представить в следующем виде:

$$x_i - \Delta x \leq x_{\text{ист}} \leq x_{\text{изм}} + \Delta x$$

где  $\Delta x$  — погрешность измерений. Вследствие случайного характера погрешности точно определить ее величину невозможно. В противном случае найденную погрешность можно было бы ввести в результат измерения в качестве поправки и получить истинное значение  $x_{\text{исх}}$ . Задача наилучшей оценки значения  $x_{\text{исх}}$  и определения пределов интервала (5) по результатам измерений является предметом математической статистики. Воспользуемся некоторыми ее результатами.

Пусть проведено  $n$  измерений величины  $x$ . Тогда за лучшую оценку истинного значения результата измерений принимается среднее арифметическое значение

$$\langle x \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

где:  $x_i$  - результат  $i$ -го измерения.

Для оценки случайной погрешности измерения существует несколько способов. Наиболее распространена оценка с помощью стандартной или средней квадратичной погрешности  $\sigma$  (ее часто называют стандартной погрешностью или стандартом измерений).

Средней квадратичной погрешностью называется величина

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\langle x \rangle - x_i)^2}{n-1}}$$

где  $n$  - число наблюдений.

Если число наблюдений очень велико, то подверженная случайным колебаниям величина  $S_n$  стремится к постоянному значению  $\sigma$ :

$$\sigma = \lim_{n \rightarrow \infty} S_n$$

Квадрат этой величины называется дисперсией измерений. Таким образом по результатам измерений всегда вычисляется не  $\sigma$ , а ее приближенное значение  $S_n$ , которое, вообще говоря, тем ближе к  $\sigma$ , чем больше  $n$ .

Все сказанное выше о погрешностях относится к погрешностям отдельного измерения. Однако важнее знать, насколько может уклоняться от истинного значения  $x$  среднее арифметическое, полученное по формуле (2) для

п повторных равноточных измерений. Теория показывает, что средняя квадратичная погрешность среднего арифметического  $S$  равна средней квадратичной погрешности отдельного результата измерений  $S_n$ , деленной на корень квадратный из числа измерений  $n$ , то есть

$$S = \frac{S_n}{\sqrt{n}}$$

Это фундаментальный закон возрастания точности при росте числа наблюдений.

Пусть  $\alpha$  означает вероятность того, что результат измерений отличается от истинного на величину, не большую, чем  $\Delta x$ . Вероятность  $\alpha$  в этом случае носит название доверительной вероятности, а интервал значений измеряемой величины от  $-\Delta x$  до  $+\Delta x$  называется доверительным интервалом.

Определим доверительный интервал. Чем большим будет установлен этот интервал, тем с большей вероятностью  $x_{\text{ист}}$  попадает в этот интервал. С другой стороны, более широкий интервал дает меньшую информацию относительно величины  $x_{\text{ист}}$ . Если ограничиться учетом только случайных погрешностей, то при небольшом числе измерений  $n$  для уровня доверительной вероятности  $\alpha$  полуширина доверительного интервала (5) равна

$$\Delta x_n = t_{\alpha, n} S$$

где  $t_{\alpha, n}$  - коэффициент Стьюдента (таблица1).

Таблица 1 - Коэффициенты Стьюдента

Коэффициенты Стьюдента					
$\alpha = 0.68$		$\alpha = 0.95$		$\alpha = 0.99$	
$n$	$t_{\alpha, n}$	$n$	$t_{\alpha, n}$	$n$	$t_{\alpha, n}$
2	2.0	2	7	12.	63.7
3	1.3	3	4.3	3	9.9
4	1.3	4	3.2	4	5.8
5	1.2	5	2.8	5	4.6

6	1.2	6	2.6	6	4.0
7	1.1	7	2.4	7	3.7
8	1.1	8	2.4	8	3.5
9	1.1	9	2.3	9	3.4
10	1.1	10	2.3	10	3.3
15	1.1	15	2.1	15	3.0
20	1.1	20	2.1	20	2.9
30	1.1	30	2.0	30	2.8
100	1.0	100	2.0	100	2.6

Смысл понятий "доверительный интервал" и "доверительная вероятность" состоит в следующем: пусть  $\alpha = 0.95$ , тогда можно утверждать с надежностью 95%, что истинное значение величины  $x_{\text{ист}}$  не отличается от оценки (6) больше, чем на  $+\Delta x_{\text{сл}}$ . Значения коэффициентов  $t_{\alpha, n}$  в зависимости от  $\alpha$  и  $n$  табулированы (см. табл. 1). Чтобы окончательно установить границы доверительного интервала необходимо расширить его с учетом систематической погрешности  $\Delta x_{\text{систем}}$ . Систематическая погрешность, как правило, указана в паспорте или на шкале прибора, а в простейших случаях может быть принята равной половине цены деления младшего разряда шкалы. Обычно (хотя, строго говоря, и неверно) суммарная погрешность определяется как корень квадратный из суммы квадратов случайной и систематической погрешностей:

$$\Delta x = \sqrt{\Delta x_{\text{сл}}^2 + \Delta x_{\text{систем}}^2}$$

Определенная согласно (11) величина  $\Delta x$  является абсолютной погрешностью. Очевидно, что при одном и том же значении  $\Delta x$  результат может оказаться достаточно точным при измерении некоторой большой величины, тогда как при измерении малой величины его точность будет недостаточной. Например, пусть имеется возможность измерять линейные размеры с погрешностью  $\Delta x = 1$  мм. Ясно, что это заведомо превышает необходимую точность при измерении, скажем, размеров комнаты, но измерение окажется слишком грубым при определении толщины монеты.

Таким образом, становится понятной необходимость введения относительной погрешности, которая определяется по формуле (2) и выражается, обычно, в процентах. Как видно, выражение (2) позволяет оценить величину погрешности по отношению к самой измеряемой величине.

Рассмотрим теперь случай, когда при повторении измерений в одних и тех же условиях устойчиво получаются одинаковые значения  $x = x_0$ . В этом случае систематическая погрешность настолько превышает случайную, что влияние случайной погрешности полностью маскируется. Истинное значение  $x$  отнюдь не равно  $x_0$ . Оно, по-прежнему, остается неизвестным, и для него можно записать  $x = x_0 + \Delta x$ , причем погрешность  $\Delta x$  определяется в данном случае воспроизводящимися от опыта к опыту ошибками, связанными с неточностью измерительных приборов или метода измерений.

Такую погрешность  $\Delta x$ , как отмечалось, называют систематической. Для более точного определения физической величины  $x$  в данном случае необходимо изменить постановку самого опыта: взять прибор более высокого класса точности, улучшить методику измерений и т.п.

**При обработке результатов прямых (непосредственных) измерений предлагается следующий порядок операций:**

1. Вычисляется среднее из  $n$  измерений:

$$\langle x \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

2. Определяется среднеквадратичная погрешность среднего арифметического:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\langle x \rangle - x_i)^2}{n(n-1)}}$$

3. Задается доверительная вероятность  $\alpha$  и определяется коэффициент Стьюдента  $t_{\alpha, n}$  для заданного  $\alpha$  и числа произведенных измерений  $n$  по таблице 1.

4. Находится полуширина доверительного интервала (абсолютная погрешность результата измерений):

$$\Delta x = \sqrt{\Delta x_{\text{сист}}^2 + \Delta x_{\text{сл}}^2}$$

где  $\Delta x = t_{\alpha, n} S$

5. Оценивается относительная погрешность результата измерений

$$\delta = \frac{\Delta x}{\langle x \rangle}$$

6. Окончательный результат записывается в виде

$$x = \langle x \rangle \pm \Delta x.$$

### Пример.

Пусть при измерении пять раз длины  $L$  предмета с помощью формул (5), (6) и (9) получены среднее арифметическое значение длины  $L = 64,945$  мм и стандартное отклонение среднего арифметического  $S = 0,057879186$  мм. Измерения проводились с помощью штангенциркуля с допустимой приборной погрешностью  $\Delta L_{\text{пр}} = 0,05$  мм. Задавшись доверительной вероятностью  $\alpha = 0,95$ , находим по таблице 1 коэффициент Стьюдента для пяти измерений  $t_{\alpha, 5} = 2,8$ . Умножив на него  $S$ , получим случайную погрешность  $\Delta L_{\text{сл}} = 0,16206172$  мм. Полагая, что доверительная вероятность приборной погрешности не менее 0,95, по формуле (11) найдем полную абсолютную погрешность измерения  $\Delta L = 0,16959953$  мм и его относительную погрешность  $\Delta L/L = 0,0026114332$

Здесь предполагалось, что расчет проводился на калькуляторе с восемью значащими цифрами.

Перед окончательной записью результата полученные при расчете числа следует округлить. При этом в абсолютной погрешности  $\Delta L$ , первая значащая цифра которой 1, следует оставить две значащих цифры, а в относительной погрешности  $\Delta L/L$  одну, т.е. записать  $\Delta L = 0,17$  мм и  $\Delta L/L = 0,003$ . Так как последняя значащая цифра абсолютной погрешности находится в разряде сотых, то результат измерения длины также следует округлить до сотых, т.е. записать  $L = 64,95$  мм.

Таким образом, запись окончательного результата измерения должна иметь следующий вид  $L = (64,95 \pm 0,17)$  мм,  $\Delta L/L = 0,003 = 0,3\%$  (доверительная вероятность  $\alpha = 0,95$ ).

Если результат желательно представить в метрах, то первая строка примет вид:  $L = (6,495 \pm 0,017) \cdot 10^{-2}$  м.

В соответствии с номером варианта определить абсолютную погрешность измерения:

**Дано:**

1. Среднее арифметическое значение длины  $L$

2. Стандартное отклонение среднего арифметического  $S$ . Допустимая приборная погрешность  $\Delta L_{\text{пр}}$

3. Доверительная вероятность  $\alpha$

**Найти:**

1. Определить абсолютную погрешность измерения.

2. Определить относительную погрешность измерения
3. Записать окончательный результат

Таблица 2-Исходные данные

Вариант	L	S	$\Delta L_{np}$	$\alpha$
1	53,325	9 0,0125478	0,05	
2	14,325	4 0,0254785	0,02	
3	15,658	5 0,0259876	0,01	
4	19,587	6 0,6854789	0,03	
5	20,365	5 0,0145214	0,04	
6	98,365	5 0,0658974	0,06	
7	58,354	5 0,0985475	0,07	0,95
8	52,325	1 0,0658741	0,08	
9	54,214	1 0,0254121	0,09	
10	100,254	6 0,0987456	0,05	

### 3.4 Практическая работа № 4

#### Тема: Изучение закона «О техническом регулировании

##### 3.4.1 Задание:

- 1.Изучить основные положения закона «О техническом регулировании»
- 2.Ответить на вопросы преподавателя по данной тематики.

##### Общие положения

1 июля 2003 г. вступил в силу Федеральный закон № 184-ФЗ «О техническом регулировании». Указанный закон стал основой кардинальной реформы всей системы технического регулирования в стране и является основным источником технического Права в России.

Области применения ФЗ «О техническом регулировании»:

- разработка, принятие, применение и исполнение обязательных требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации;
- разработка, принятие, применение и исполнение на добровольной основе требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг;
- оценка соответствия;
- права и обязанности участников отношений в указанных областях.

Федеральный закон «О техническом регулировании» основан на положениях Соглашения по техническим барьерам в торговле ВТО. Закон разработан с учетом зарубежного опыта и специфических особенностей Российской Федерации. В Федеральном законе реализованы следующие основополагающие концепции.

1. Применение двухуровневой системы нормативных документов: технических регламентов, которые содержат обязательные требования, и стандартов, исполняемых на добровольной основе.

2. Установление обязательных требований исключительно федеральными законами (в особо оговоренных случаях — постановлениями Правительства РФ либо указами Президента Российской Федерации). Федеральные органы исполнительной власти могут издавать документы, содержащие только рекомендательные требования. Вводится новый нормативный документ — технический регламент, содержащий обязательные требования к продукции, способам производства, эксплуатации, хранению, транспортированию, маркированию, утилизации.

3. В объекты обязательного регулирования не входят услуги и работы.

4. Стандарты должны быть добровольными для применения. Но при этом национальные или международные стандарты могут стать основой для разработки технических регламентов. Кроме того, соблюдение стандартов, перечень которых подлежит опубликованию, может служить доказательной базой выполнения требований технических регламентов.

5. Применение двух форм обязательного подтверждения соответствия — сертификации и декларации о соответствии, подаваемой заявителем.

6. Невозможность совмещения функций органов по сертификации и функций государственного контроля и надзора, а также функций аккредитации и сертификации.

7. Осуществление функций государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов исключительно на стадии обращения.

8. Создание механизма постоянного информирования о ходе разработки и практике применения технических регламентов (учет и анализ случаев причинения вреда вследствие нарушения требований технических регламентов).

9. Введение переходного периода.

Федеральный закон состоит из десяти глав, включающих 48 статей.

Полное введение Федерального закона в действие требует длительного переходного периода, протяженность которого установлена в ст. 46 и составляет 7 лет. Переходный период, необходимый в первую очередь для разработки и принятия технических регламентов, касается в основном подтверждения соответствия и аккредитации. Предстоит также привести в соответствие с Федеральным законом более 120 законодательных актов и более 700 постановлений Правительства Российской Федерации.

### 3.5 Практическая работа № 5,6 (ПЗ-5,6) 4 часа

#### Тема: Определение основных элементов соединения

##### 3.5.1 Задание:

- Изучить общие положения о допусках, посадках и предельных отклонениях размеров.
- Ознакомиться с примерами решения задач по определению основных элементов соединения.
- Самостоятельно решить задачи в соответствии с заданной посадкой соединения.

##### Общие положения

Основные обозначения и расчетные зависимости, применяемые при решении задач этой темы, поясняются на схемах рисунке 1 и 2,

где  $D$  - номинальный размер отверстия;

$d$  - номинальный размер вала;

$ES$  - верхнее отклонение отверстия;

$EI$  - нижнее отклонение отверстия;

$es$  - верхнее отклонение вала;

$ei$  - нижнее отклонение вала;

$D_{min}$  - наименьший предельный размер отверстия;

$D_{max}$  - наибольший предельный размер отверстия;

$d_{min}$  - наименьший предельный размер вала;

$d_{max}$  - наибольший предельный размер вала;

$T_d$  - допуск вала;

$T_D$  - допуск отверстия;

$S_{min}$  - наименьший предельный зазор;

$S_{max}$  - наибольший предельный зазор;

$N_{min}$  - наименьший предельный натяг;

$N_{max}$  - наибольший предельный натяг;

$T_p$  - допуск посадки.

На схемах принято указывать номинальные и предельные размеры в мм, а предельные отклонения, допуски, зазоры или натяги в мкм ( $1\text{мкм} = 0,001\text{ мкм}$ )

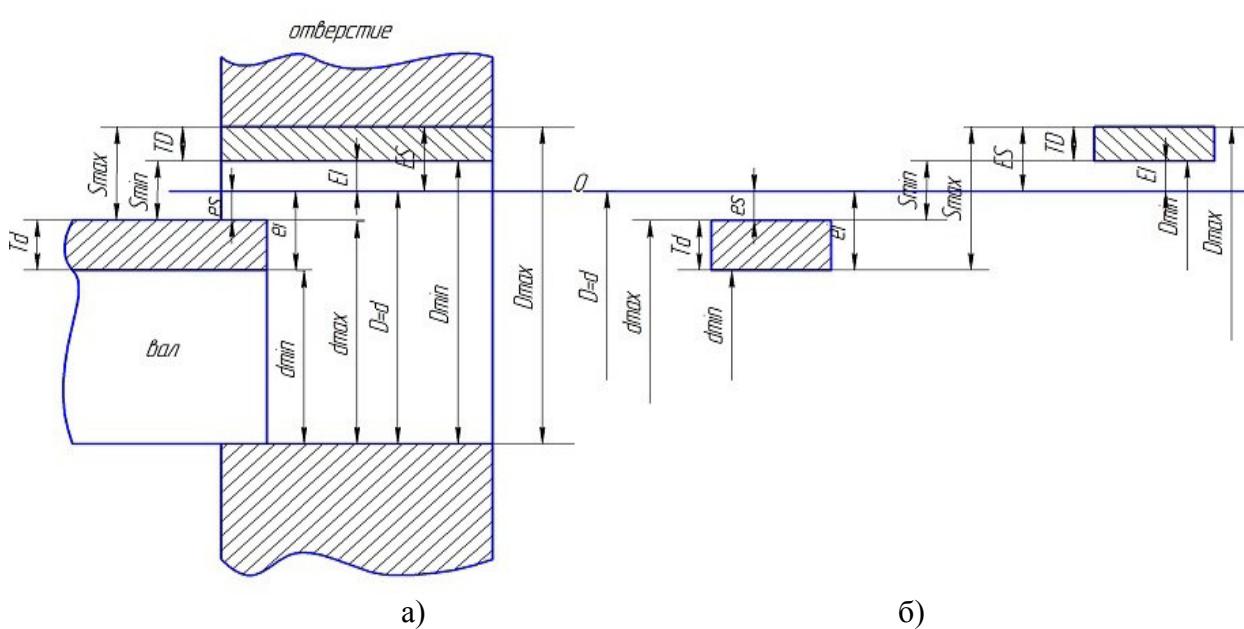


Рисунок 1- Посадка с зазором : а) схема сопряжения б) схема расположения полей допусков

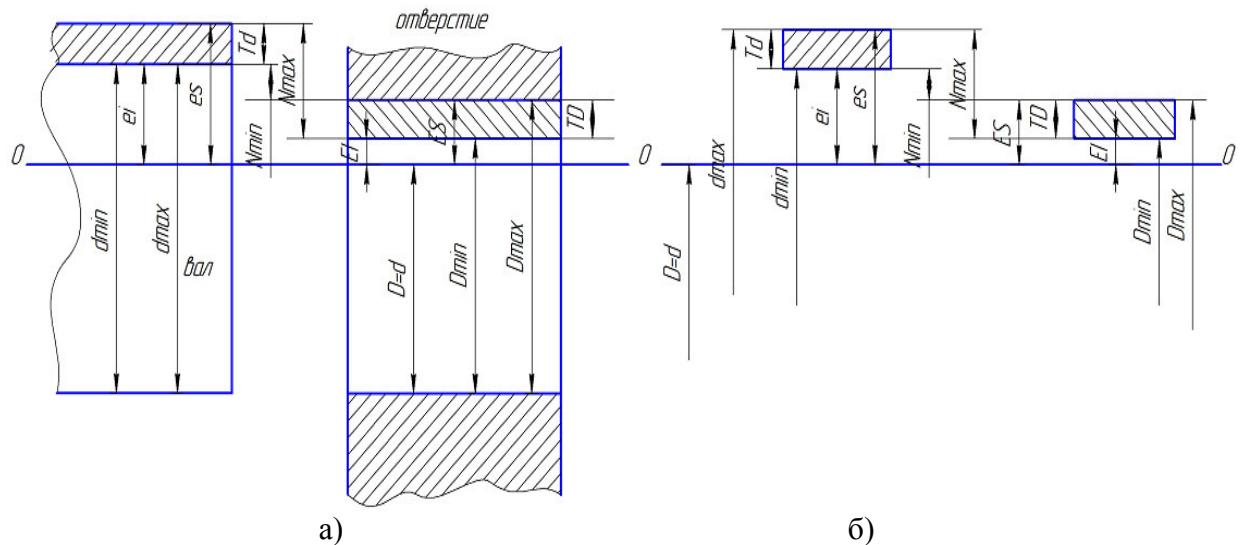


Рисунок 2- Посадка с натягом : а) схема деталей, образующих посадку ( до сборки) ;  
б) схема расположения полей допусков

Основные расчетные зависимости:

$$D_{\max} = D + ES$$

$$D_{\min} = D + EI$$

$$T_D = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI$$

$$TD = ES - EI$$

$$Td = es - ei$$

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

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

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = es - ei$$

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

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

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

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

$$T_n = S_{\max} - S_{\min} = TD + T_d \text{ (для посадки с зазором)}$$

$$T_n = N_{\max} - N_{\min} = TD + T_d \text{ (для посадки с натягом)}$$

$$T_n = N_{\max} + S_{\min} = TD + T_d \text{ (для переходной посадки)}$$

### Решение задач

Рассмотрим решение задач на примере.

*Пример.* В двух сопряжениях типа вал-отверстие известны: номинальные размеры сопряжений, предельные отклонения отверстия и вала.

**Первое сопряжение:**  $\text{Ø}40 \begin{array}{l} +0,025 \\ -0,025 \\ -0,050 \end{array}$

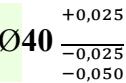
Второе сопряжение:  $d = 100 \text{ мм}$ ;  $TD = 0,035 \text{ мм}$ ;  $EI = 0 \text{ мм}$ ;  $es = 0,125 \text{ мм}$ ;  $ei = 0,08 \text{ мм}$ .

Для каждого из заданных сопряжений определить:

1) предельные размеры отверстия и вала;

- 2) допуск отверстия и вала, допуск посадки
- 3) наибольший и наименьший зазоры или натяги
- 4) начертить схему расположения полей допусков деталей соединений с указанием отклонением.

*Решение*

**Первое сопряжение:**  $\text{Ø}40$  

1. Предельные отклонения сопряжений указаны около номинального размера в числовом виде. Имеем:  $ES = +0,025$  мм;  $EI = 0$  мм;  $es = -0,025$  мм;  $ei = -0,050$  мм. Предельные размеры отверстия находим по формулам (1) и (2), а вала - по (6) и (7):

$$D_{\max} = D + ES = 40 + 0,025 = 40,025 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = 40 + 0 = 40,000 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = d + es = 40 + (-0,025) = 39,975 \text{ мм}$$

$$d_{\min} = d + ei = 40 + (-0,050) = 39,950 \text{ мм}$$

2. Допуск отверстия, допуск вала и допуск посадки вычисляем, соответственно, по формулам (3), (8), (13):

$$T_D = ES - EI = 0,025 - 0 = 0,025 \text{ мм};$$

$$T_d = es - ei = -0,025 - (-0,050) = 0,025 \text{ мм};$$

$$T_n = T_D + T_d = 0,025 + 0,025 = 0,050 \text{ мм.}$$

3. Наименьший и наибольший зазоры определяем по формулам:

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es = 0 - (-0,025) = 0,025 \text{ мм}$$

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei = 0,025 - (-0,050) = 0,075 \text{ мм.}$$

**Второе сопряжение:**

1. Предельные размеры отверстия и вала находим по формулам (1), (2), (6), (7), найдя предварительно  $ES$  из уравнения (3):

$$ES = T_D + EI = 0,035 + 0 = 0,035 \text{ мм}$$

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

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

$$d_{\max} = d + es = 100 + 0,125 = 100,125 \text{ мм}$$

$$d_{\min} = d + ei = 100 + 0,08 = 100,08 \text{ мм}$$

2. Допуск вала и допуск посадки можно найти по формулам

$$T_d = d_{\max} - d_{\min} = es - ei = 0,125 - 0,08 = 0,045 \text{ мм}$$

$$T_n = N_{\max} - N_{\min} = T_D + T_d = 0,035 + 0,045 = 0,08 \text{ мм}$$

3. Наибольший и наименьший натяги определяем по формулам (11), (12):

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES = 100,08 - 100,035 = 0,045 \text{ мм}$$

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI = 100,125 - 100 = 100,125 \text{ мм}$$

Схема расположения полей допусков деталей первого и второго соединений приведены на рисунок 3, 4.

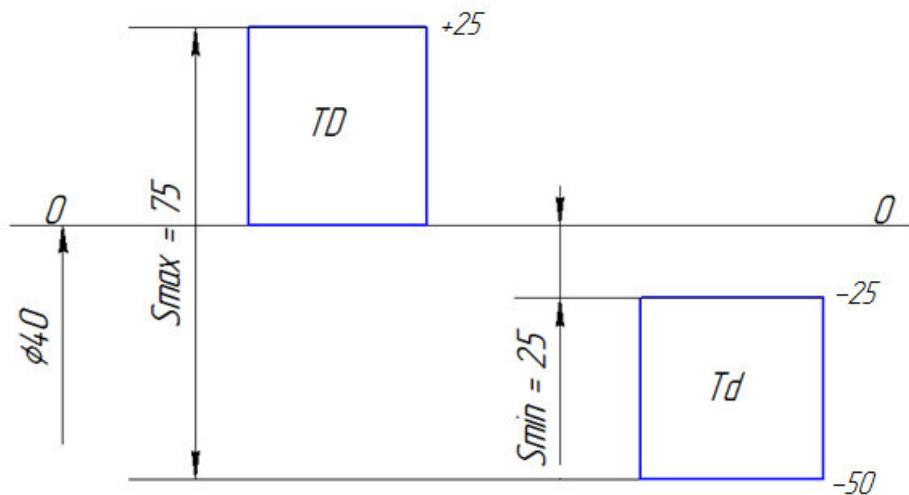


Рисунок 3 - Схема расположения полей допусков деталей первого сопряжения.

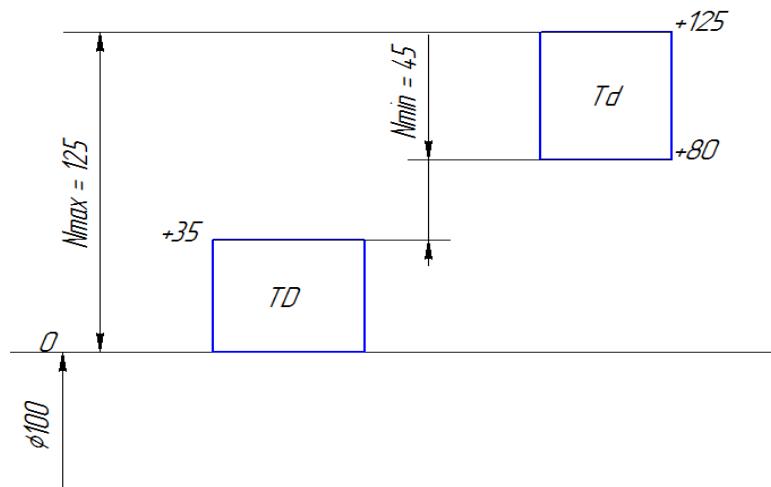


Рисунок 4 - Схема расположения полей допусков деталей второго соединения.

### Задание

Задача 1. В двух сопряжениях типа вал-отверстие известны номинальные размеры сопряжений, предельные отклонения отверстия и вала, которые заданы в табл. 1.

Для каждого из заданных сопряжений дать схему расположения полей допусков деталей сопряжения. На схемах указать предельные отклонения.

Для заданных сопряжений определить:

- предельные размеры отверстия и вала;
- допуск отверстия, допуск вала и допуск посадки;
- наибольший и наименьший зазоры или натяги.

Таблица 1.

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5
Номинальный размер сопряжения, мм	5	8	16	24	32	63
ES, мкм	+13	+16	+19	4 <sup>+2</sup>	+27	+30
EI, мкм						

	0	0	0	0	0	0
es, мкм	-4	-5	-6	-8	10	-12
ei, мкм	-12	-15	-18	-22	27	-32
Отверстие						
Вал	50 <sub>-0,017</sub>	56 <sub>-0,02</sub>	32 <sub>-0,017</sub>	19 <sub>-0,014</sub>	11 <sub>-0,012</sub>	6 <sub>-0,006</sub>

### Задача 2.

В двух посадках известны номинальные размеры сопряжений, допуска вала, нижнее предельное отклонение вала, натяг наибольший и натяг наименьший (табл. 2).

Дать схемы расположения полей допусков деталей сопряжения в заданных посадках. На схемах указать предельные отклонения.

Для каждой из заданных посадок необходимо определить:

- предельные отклонения отверстия и вала;
- допуск отверстия и допуск вала;
- предельные размеры отверстия и вала.

Таблица 2.

Предпоследн яя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5
Номинальны й размер сопряжения, мм	4	67				28
T <sub>d</sub> , мкм	2	46	8	6	20	33
ei, мкм	39	+10	22	39	33	+48
N <sub>max</sub> , мкм		2				81
N <sub>min</sub> , мкм	+70	148	+28	+60	+41	15
	109	56	50	99	74	
	31		6	21	8	
Номинальны й размер сопряжения, мм	1	340	8			170
T <sub>d,мкм</sub>	90	5	240	0	40	63
ei, мкм		89				

ei, мкм	7	0	+39	5	72	89	+210
N <sub>max</sub> , мкм	2	+	479	4	+	+4	273
N <sub>min</sub> , мкм	236	3	301	124	+284	35	247
	08			1		52	
	1		78	356		4	34
	63		0	211		6	

### Задача 3.

В двух сопряжениях типа вал-отверстие известны, соответственно, номинальный размер сопряжения, допуски отверстия и вала, верхнее отклонение вала (отверстия), минимальный зазор (натяг) в соединении (табл. 3)

Построить схемы расположения полей допусков деталей сопряжений. На схемах указать предельные отклонения.

Определить для каждого из заданных сопряжений:

- предельные отклонения вала и отверстия;
- наибольший зазор (натяг) и допуск посадки;
- предельные размеры отверстия и вала.

Таблица 3.

Предпоследн яя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5
Номинальны й размер сопряжения, мм	90	450	34	280	12	130
T <sub>d</sub> , мкм	35					40
es, мкм	-36				18	-43
T <sub>D</sub> , мкм	54	63	25	52		63
S <sub>min</sub> , мкм	36	-68	25	56	-16	43
		97	39	81	27	
		68	25	56	16	
Номинальны й размер сопряжения, мм	80	2	5	12	180	30
T <sub>d</sub> , мкм	30	50	0	0	40	21
es, мкм	19	4	2	35	25	13
T <sub>D</sub> , мкм	+3	6	5	22	+40	+21
N <sub>min</sub> , мкм	0	2	1	+3	68	14
	29	9	6	5	44	
		46	25			
		9	1			
		4	8			

Задача 4.

В двух посадках известны, соответственно, номинальный размер сопряжения, допуски отверстия и вала, верхнее отклонение вала (отверстия), минимальный зазор (натяг) в соединении.

Построить схемы расположения полей допусков деталей сопряжений для заданных посадок с указанием предельных отклонений.

Для каждой из заданных посадок определить:

- предельные отклонения вала и отверстия;
- наибольший зазор (натяг) и допуск посадки;
- предельные размеры отверстия и вала.

Таблица 4

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5
Номинальный размер сопряжения, мм	1	1			8	
$T_D$ , мкм	1	36	260	210	5	125
$T_d$ , мкм					2	
$ES$ , мкм	11	16	32	29	2	25
$N_{min}$ , мкм	8	11	23	20	1	18
	+11	+16	+32	+29	5	+25
	7	10	24	21	22	1
					1	18
					5	
Номинальный размер сопряжения, мм	1	3	2	1	5	5
$T_d$ , мкм	00	80	00	70	00	3
$es$ , мкм	5	8	7	6	9	4
$T_D$ , мкм	4	9	2	3	7	6
$S_{min}$ , мкм	-	-	-	-	-	-
	72	125	100	85	135	60
	8	1	1	1	1	7
	7	40	15	00	55	4
	7	1	1	8	1	6
	2	25	00	5	35	0

### **3.6 Практическая работа № 7,8 (ПЗ-7,8) 4 часа**

**Тема:** Единая система допусков и посадок

#### **3.6.1 Задание:**

1. Изучить общие положения, ряды допусков и предельные отклонения (ГОСТ 25346-89)
2. Изучить ряды допусков (квалитеты) и рекомендуемые посадки (ГОСТ 25347-82)
3. Ознакомиться с методикой решения задач по определению величин предельных отклонений отверстий и валов заданных посадок.
4. Самостоятельно решить задачи в соответствии с заданным номером варианта.

#### **Общие положения**

Под системой допусков и посадок понимают совокупность допусков и посадок, оформленных в виде стандартов.

Основополагающими для гладких цилиндрических соединений являются ГОСТ 25346-89 (СТ СЭВ 145-88, ИСО 286/1 - 88) "Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений". Согласно указанным стандартам рекомендуются посадки в системе отверстия и в системе вала.

**Посадкой в системе отверстия** называют посадку, в которой требуемые зазоры или натяги получаются соединением различных полей допусков валов с полем допуска основного отверстия.

**Посадкой в системе вала** называют посадку, в которой требуемые зазоры или натяги получаются соединением различных полей допусков отверстий с полем допуска основного вала.

Под **основным отверстием** понимается отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю.

Под **основным валом** понимают вал, верхнее отклонение которого равно нулю.

Положение поля допуска относительно нулевой линии определяется основным отклонением. Основное отклонение — одно из двух предельных отклонений (верхнее или нижнее) ближайшее к нулевой линии. Установлено 27 основных отклонений для отверстий и 27 основных отклонений для валов. Основные отклонения обозначаются буквами латинского алфавита, прописными для отверстий и строчными для валов (рис. 1, 3). Отклонения JS и js симметричные, поэтому основными не являются. Второе предельное отклонение определяется через основное отклонение и допуск (рис. 2; 4).

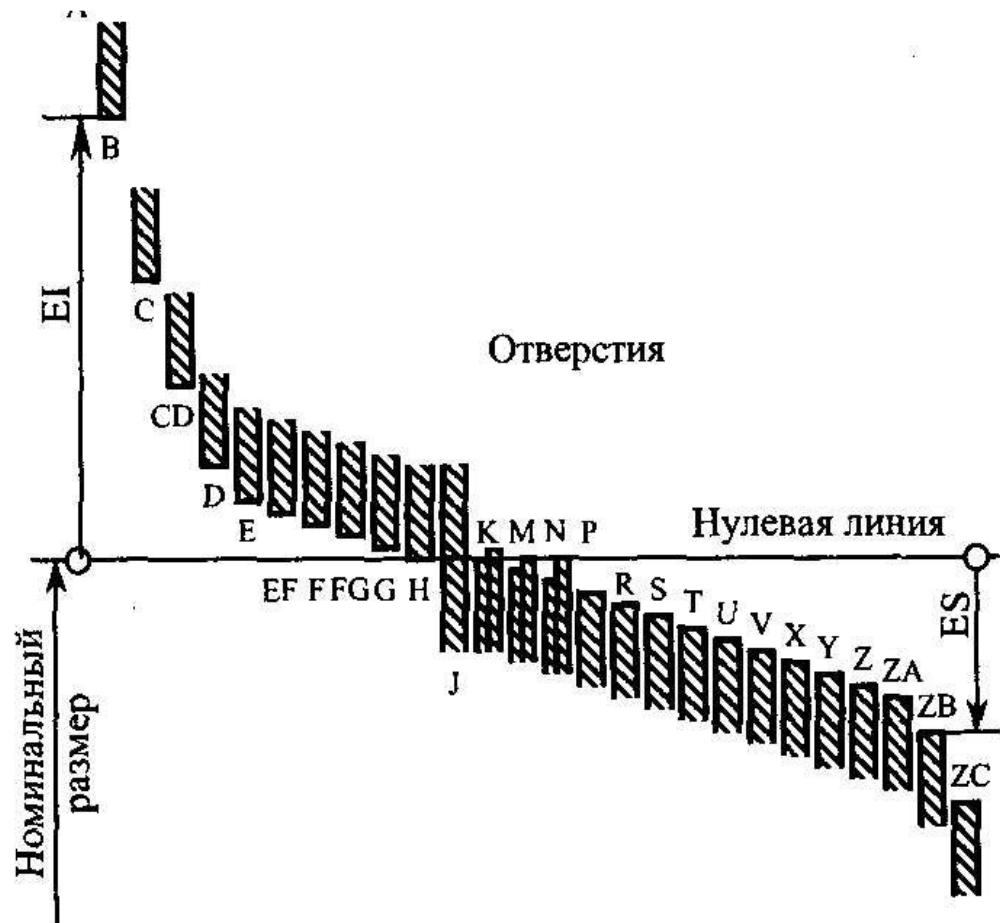
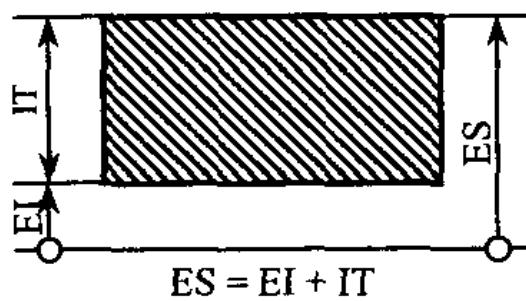


Рисунок 1 - Схема расположения и обозначение основных отклонений отверстий

**Отклонения от А до Н**



**Отклонения от К до ZC**



Рисунок 2- Определение второго предельного отклонения отверстия через основное отклонение и допуск

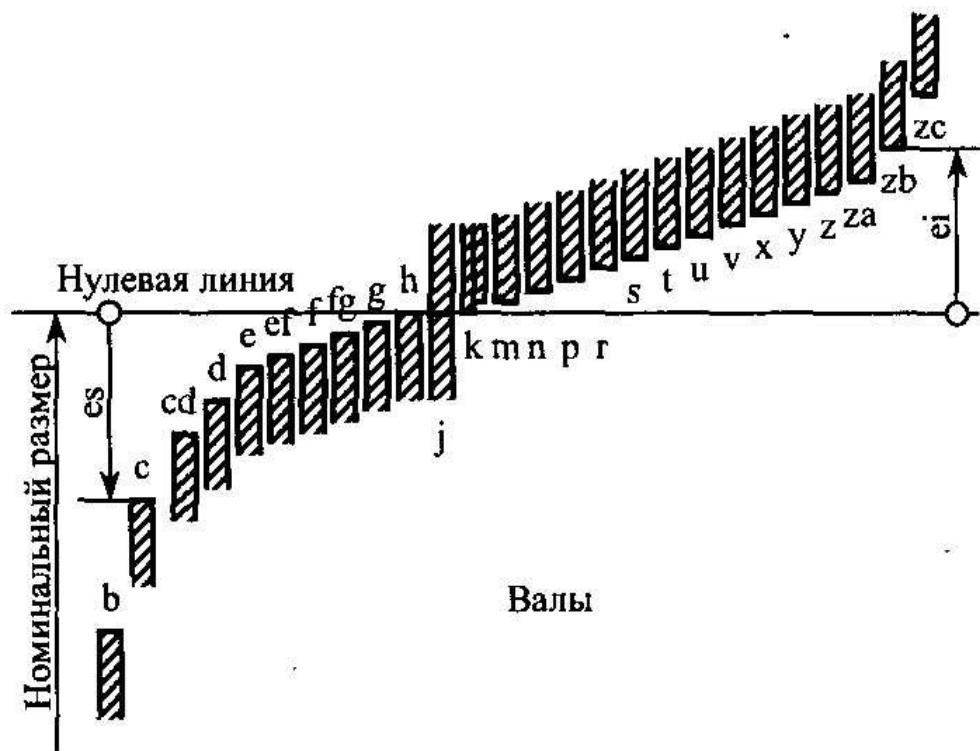


Рисунок 3- Схема расположения и обозначение основных отклонений валов

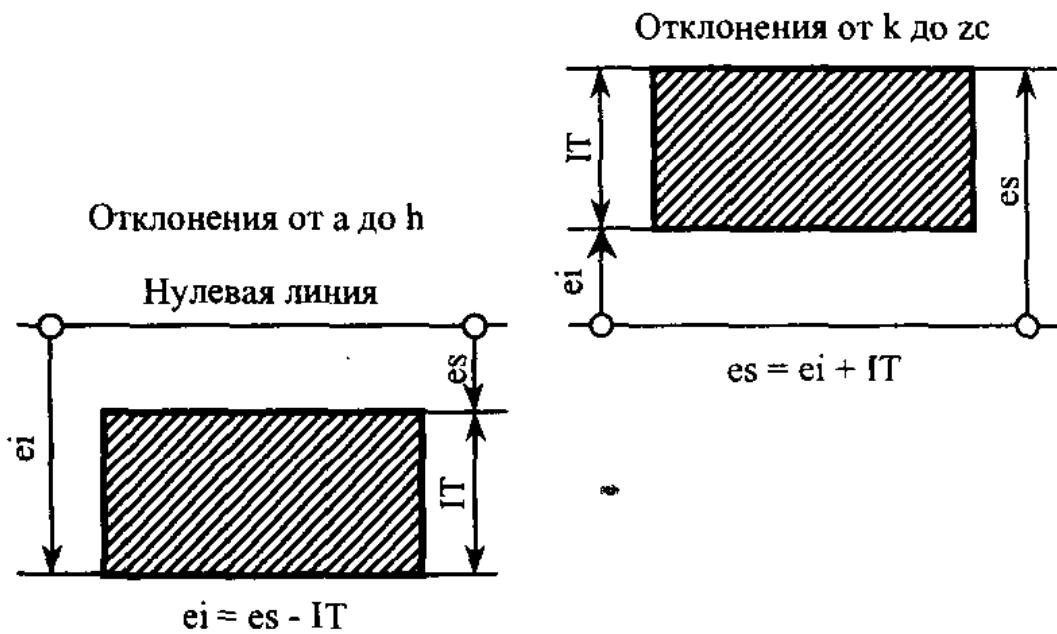


Рисунок 4- Определение второго предельного отклонения вала через основное отклонение и допуск

Величину допуска для любого размера можно найти по формуле

$$T = k \cdot i, \quad (1)$$

где  $T$  - допуск размера, мкм;

$k$ - число единиц допуска (коэффициент точности);

$i$ - единица допуска, мкм.

В ЕСДП единица допуска для размеров от 1 до 500 мм определяется по формуле

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D, \quad (2)$$

где  $D = \sqrt{D_{\max} \cdot D_{\min}}$  - средняя геометрическая величина диаметра (размера) для заданного интервала диаметров, мм.

Точность изготовления различных деталей в ЕСДП характеризуется квалитетом. Квалитет (степень точности) — это совокупность допусков, рассматриваемых как соответствующие одному уровню точности для всех номинальных размеров. ГОСТ 25346-89 устанавливает 20 квалитетов, которые обозначаются: 01,0, 1,2... 18.

В каждом квалитете ЕСДП установлено вполне определенное число единиц допуска  $k$ , которые для квалитетов с 5 по 13 приведены в табл. 1.

Таблица 1-Число единиц допуска в квалитетах ЕСДП, наиболее часто используемых для образования посадок

Квалитеты						0	1	2	3
Число единиц допуска $k$		0	6	5	0	4	00	60	50

При известной величине допуска детали и ее номинальном размере можно определить число единиц допуска (коэффициент точности) по формуле:

$$k = \frac{T}{i}, \quad (3)$$

где  $i$  – единица допуска, вычисленная по формуле (2)

По коэффициенту  $k$  можно судить, по какому квалитету должна обрабатываться деталь.

При решении задач данной темы приходится определять величины предельных отклонений отверстий и валов заданных посадок. При этом используются табл. 1,2,3 ГОСТ 25346-89, а величины предельных отклонений находят по формулам:

$$ES = EI + IT \quad (4)$$

$$EI = ES - IT \quad (5)$$

$$es = ei + IT \quad (6)$$

$$ei = es - IT \quad (7)$$

где  $ES$  – верхнее отклонение отверстия;

$EI$  – нижнее отклонение отверстия;

$es$  – верхнее отклонение вала;

$ei$  – нижнее отклонение вала;

$IT$  – стандартный допуск (International Tolerance) взятый из таблиц системы допусков и посадок.

### Методика решения задач

Рассмотрим методы решения некоторых задач.

#### Пример 1.

В двух посадках известны номинальные размеры соединений и обозначения посадок.

**Определить:**

- 1) в какой системе (в системе отверстия или вала) задана посадка;
- 2) предельные отклонения отверстия и вала;
- 3) допуск отверстия, допуск вала, допуск посадки;
- 4) предельные размеры отверстия и вала.

Дать схему расположения полей допусков деталей сопряжения с указанием на ней предельных отклонений.

Первая посадка:  $\text{Ø}40 \frac{H7}{f7}$

Вторая посадка:  $\text{Ø}50 \frac{E9}{h8}$

**Решение.**

**Первая посадка:  $\text{Ø}40 \text{ H7/f7}$ .**

1. При решении вопроса о том, в какой системе (отверстия или вала) задана посадка, следует помнить, что по ЕСДП основное отверстие обозначается буквой **H**, а основной вал **h**.

В соответствии с изложенным видим, что посадка задана в системе отверстия ЕСДП, причем допуски отверстия и вала заданы по седьмому квалитету.

2. Для определения предельных отклонений обращаемся к табл. 1,2,3 ГОСТ 25346-89. Нижнее отклонение основного отверстия **H** равно нулю:

$$E1=0.$$

Верхнее отклонение отверстия определим по уравнению (4)

$$ES=EI+IT=0+25=25 \text{ мкм},$$

где **IT** - величина стандартного допуска по седьмому квалитету для размера 40 мм, взята по табл. 1 ГОСТ 25346-89.

Находим предельные отклонения вала. Верхнее отклонение вала определяется буквой **f** и берется из таблицы стандарта, указанного ранее, для номинального размера  $d=40$  мм. Итак, находим, что  $e_7 = -25$  мкм. Нижнее отклонение вычисляем по формуле (7):

$$ei = es - IT = -25 - 25 = -50 \text{ мкм}.$$

Величина стандартного допуска **IT** седьмого квалитета для номинального размера 40 мм была найдена ранее.

Строим схему расположения полей допусков рассмотренной посадки (рис. 5).

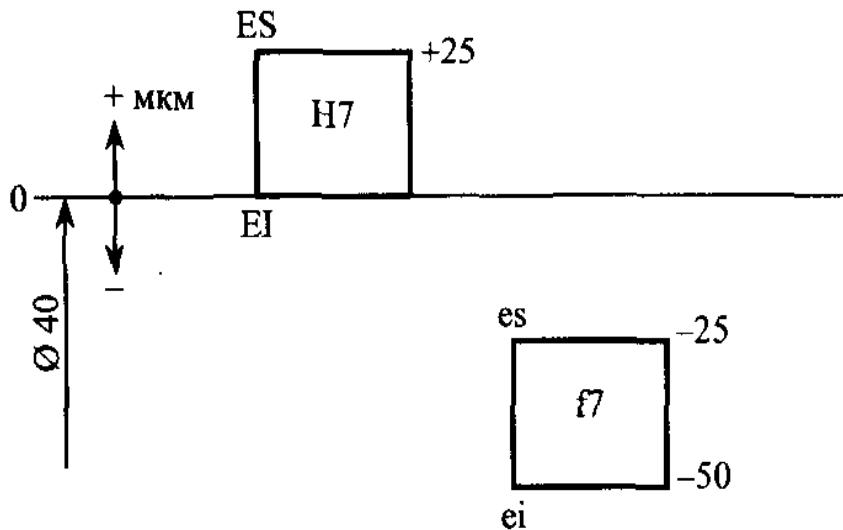


Рисунок 5 - Схема расположения полей допусков

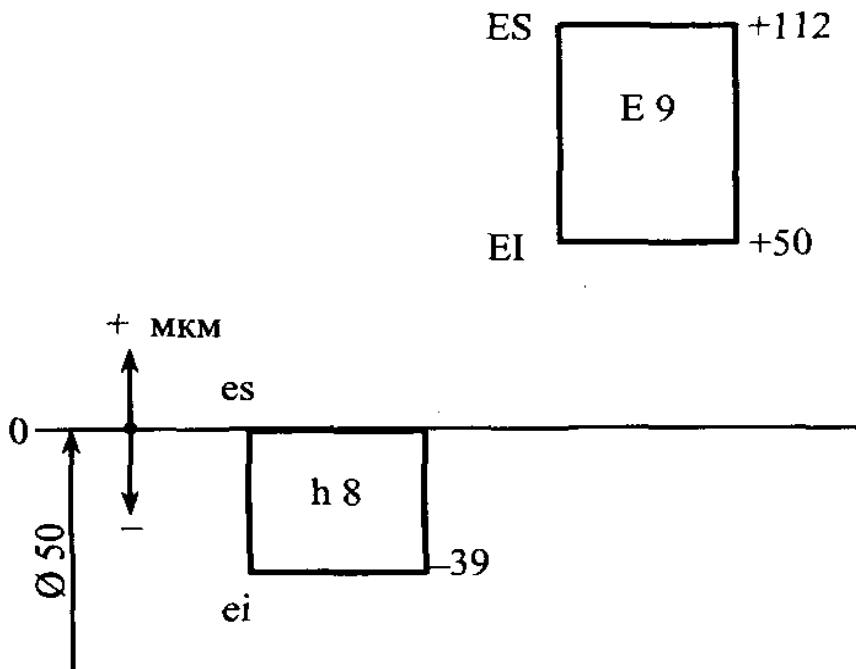


Рисунок 6 - Схема расположения полей допусков

3. Определяем допуск отверстия, допуск вала, допуск посадки.

Допуск отверстия и допуск вала определяются квалитетом. В нашем конкретном случае допуски отверстия и вала будут численно равны между собой, так как отверстие и вал выполнены по седьмому квалитету

$$T_D = T_d = IT7_{40} = 25 \text{ мкм.}$$

Допуск посадки найдем по формуле (13) или (14) (см. тему: «Определение основных элементов соединения»)

$$T_n = T_D + T_d = 25 + 25 = 50 \text{ мкм.}$$

Находим предельные размеры отверстия и вала по формулам (1), (2), (6), (7) (тема: «Определение основных элементов соединения»)

$$D_{\max} = D + ES = 40 + 0,025 = 40,025 \text{ мм}$$

$$D_{\min} = D + EI = 40 + 0 = 40,000 \text{ мм}$$

$$d_{\max} = d + es = 40 + (-0,025) = 39,975 \text{ мм}$$

$$d_{\min} = d + ei = 40 + (-0,050) = 39,950 \text{ мм}$$

**Вторая посадка**  $\varnothing 50E9/h8$ .

1. Эта посадка задана в системе вала по ЕСДП. Основной вал восьмого квалитета, а отверстие девятого квалитета с основным отклонением Е.

2. Предельные отклонения записываем из табл. 2 и 3 ГОСТ 25346-89 или СТ СЭВ 145-88 для заданного номинального размера посадки  $d = 50 \text{ мм}$ . Имеем:  $EI = +50 \text{ мкм}$ ;  $ES = EI + IT9_{50} = 50 + 62 = +112 \text{ мкм}$ .

$$es = 0 \quad ei = es - IT8_{50} = 0 - 39 = -39 \text{ мкм.}$$

Строим схему расположения полей допусков деталей сопряжения (рис. 2.6).

3. Определяем допуск отверстия, допуск вала и допуск посадки по формулам (3), (8), (13):

$$T_D = ES - EI + 112 - (+50) = 62 \text{ мкм};$$

$$T_d = es - ei = 0 - (-39) = 39 \text{ мкм}$$

$$T_n = T_D + T_d = 62 + 39 = 101 \text{ мкм}$$

## Пример 2.

Для некоторого соединения известны: число единиц допуска отверстия  $k_1 = 25$ , число единиц допуска вала  $k_2 = 16$ , номинальный размер сопряжения  $d = 120$  мм и наименьший зазор  $S_{\min} = 36$  мкм. Определить (подобрать) посадку по ЕСДП в системе отверстия, отвечающую условиям задачи.

В найденной посадке определить:

- 1) предельные размеры отверстия и вала;
- 2) дать схему расположения полей допусков деталей сопряжения с указанием предельных отклонений;
- 3) наибольший зазор;
- 4) допуск зазора (допуск посадки).

### Решение.

1. Определяем величины допусков отверстия и вала соединения по формулам (1) и (2):

$$T_D = k_1 \cdot (0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D) = 25 \cdot (0,45 \cdot \sqrt[3]{98} + 0,001 \cdot 98) = 54 \text{ мкм}$$

$$T_d = k_2 \cdot (0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D) = 16 \cdot (0,45 \cdot \sqrt[3]{98} + 0,001 \cdot 98) = 34,5 \text{ мкм}$$

В ЕСДП в формуле (2) под  $D$  понимается среднее геометрическое из крайних значений интервала диаметров, к которому относится заданный размер. В нашем случае номинальный размер сопряжения  $d = 120$  мм. Он относится к интервалу размеров 80... 120, поэтому

$$D = \sqrt{80 \cdot 120} = 98 \text{ мм}$$

Наиболее близко к полученным с помощью расчетов величинам допусков подходят стандартные допуски по восьмому и седьмому квартетам для номинального размера 120 мм. Итак, имеем для отверстия

$T_D = 54$  мкм, а для вала  $T_d = 35$  мкм.

Найденным значениям допусков при наименьшем зазоре в посад-

ке  $S_{\min} = 36$  мкм, удовлетворит посадка ЕСДП  $\varnothing 120 \frac{H8}{f7}$

2. Определяем наибольший зазор в найденной посадке  $S_{\max}$  по формуле (13) темы: «Определение основных элементов соединения»

$$S_{\max} = S_{\min} + T_D + T_d = 36 + 54 + 35 = 125 \text{ мкм.}$$

3. Находим предельные размеры отверстия и вала, предварительно определив предельные отклонения.

Так как используется система отверстия, то

$$EI = 0 \quad \text{и} \quad ES = + 54 \text{ мкм.}$$

Предельные отклонения вала в соответствии с полем допуска:

$$es = -36 \text{ мкм}, \quad ei = es - IT_{120} = -36 - 35 = -71 \text{ мкм.}$$

Далее имеем:

$$D_{\max} = D + ES = 120 + 0,054 = 120,054 \text{ мм}$$

$$D_{\min} = D + EI = 120 + 0 = 120,000 \text{ мм}$$

$$d_{\max} = d + es = 120 + (-0,036) = 119,964 \text{ мм}$$

$$d_{\min} = d + ei = 120 + (-0,071) = 119,926 \text{ мм}$$

4. Определяем допуск посадки по формуле (13):

$$T_{\Pi} = T_D + T_d = 54 + 35 = 89 \text{ мкм}$$

Строим схему полей допусков посадки (см. рис. 7).

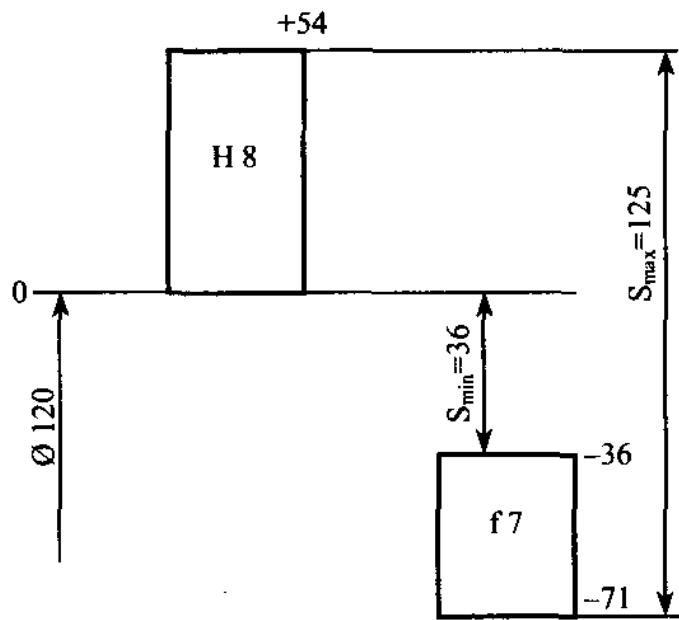


Рисунок 7 - Схема расположения полей допусков

### Задание

#### Задача 1.

По известным номинальным размерам сопряжений и обозначению посадок изобразить схему расположения полей допусков посадок.

В заданных посадках определить:

- в какой системе задана посадка (в системе отверстия или в системе вала);
- пределные отклонения отверстия и вала и указать их на схеме;
- допуск отверстия, допуск вала и допуск посадки;
- пределные, средние зазоры или натяги и указать их на схеме;
- пределные размеры отверстия и вала.

Таблица 1.

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5
Номинальный диаметр сопряжения, мм	500	18	75	28	50	170
Обозначение посадки	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H8}{d9}$	$\frac{R9}{h7}$	$\frac{H10}{a10}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{T8}{h6}$

Таблица1  
(продолжение)

Последняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5
Номинальный диаметр сопряжения, мм	75	48	100	30	38	12
Обозначение посадки	$N7$ $h6$	$F7$ $h5$	$F8$ $h6$	$H8$ $u8$	$H7$ $js6$	$H9$ $f8$

Задача 2.

В двух посадках по ЕСДП известны номинальные диаметры сопряжений и обозначения посадок (табл.2).

Необходимо определить:

- в какой системе задана посадка (в системе отверстия или в системе вала);
- пределные отклонения отверстия и вала;
- допуск отверстия, допуск вала и допуск посадки;
- пределные размеры отверстия и вала.

Изобразить схему расположения полей допусков посадок. На схемах указать предельные отклонения.

Таблица 2.

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5
Номинальный диаметр сопряжения, мм	180	300	10	50	30	18
Обозначение посадки	$G7$ $h6$	$M8$ $h7$	$H7$ $m6$	$M70$ $h6$	$H6$ $s5$	$H7$ $k6$

Таблица 2.  
(продолжение)

Последняя цифра номера варианта	6	7	8	9	10	1
---------------------------------	---	---	---	---	----	---

Номинальный диаметр сопряжения, мм	105	8	0	28	36	0	17	4
Обозначение посадки	$H6$ $k5$	$H8$ $m7$		$H10$ $h10$	$H7$ $m6$		$H6$ $h5$	$D9$ $h8$

### Задача 3.

Определить допуск на изготовление отверстия и вала при известном номинальном размере и числе единиц допуска, содержащихся в допусках отверстия и вала (табл. 3).

По полученным результатам подобрать посадку по ЕСДП в системе отверстия с минимальным зазором, равным нулю.

Для найденной посадки дать схему расположения полей допусков отверстия и вала с указанием на ней предельных отклонений.

В посадке определить:

- предельное отклонение отверстия и вала;
- допуск посадки;
- предельные размеры отверстия и вала;

Таблица 3.

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5
Номинальный диаметр сопряжения, мм	90	190	28	53	4.8	36
Число единиц допуска отверстия, $k_1$	25	10	40	16	16	64
Число единиц допуска вала, $k_2$	25	10	25	16	10	40

### Задача 4.

Для некоторого сопряжения известны число единиц допуска в допуске отверстия  $k_1$ , число единиц допуска в допуске вала  $k_2$ , номинальный размер сопряжения и наименьший зазор  $S_{min}$  (табл. 4).

Определить (подобрать) посадку по ЕСДП в системе отверстия, отвечающую условиям задачи.

В найденной посадке определить:

- наибольший зазор;
- пределные размеры отверстия и вала;
- допуск зазора (допуск посадки).

Дать схему расположения полей допусков отверстия и вала с указанием на ней предельных отклонений.

Таблица 4.

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5
Номинальный диаметр сопряжения, мм	0 22	0 18	2 4	0 14	0 10	7 6
$S_{min}$ , мкм	50	0 31	0 8	85	0 12	0 6
Число единиц допуска отверстия, $k_1$	64	16	5 2	40	16	4 6
Число единиц допуска вала, $k_2$	40	16	6 1	25	10	4 6

### 3.7 Практическая работа № 9 (ПЗ-9) 2 часа

Тема: Комплексная стандартизация, унификация и агрегатирование

#### 3.7.1 Задание:

1. Изучить и записать термины, касающиеся комплексной стандартизации, унификации и агрегатирования.

2. Изучить и построить классификацию видов унификации.

3. В соответствии с вариантом (таблица 1) определить уровень унификации одного изделия.

#### Общие положения

##### 1.1. Унификация

Унификация - наиболее распространенная и эффективная форма стандартизации. Унификации подлежат типоразмеры изделий, их составных частей и деталей, марки материалов, их свойства, размеры, процессы, инструмент, методы испытаний, терминология и тд.

Унификация - это приведение объектов одинакового функционального назначения к единобразию (например, к оптимальной конструкции) по установленному признаку и рациональное сокращение числа этих объектов на основе данных об их эффективной

применимости. Таким образом, при унификации устанавливают минимально необходимое, но достаточное число типов, видов, типоразмеров, изделий, сборочный единиц и деталей, обладающих высокими показателями качества и полной взаимозаменяемости.

**Модификационная унификация** - унификация всех модификаций определенного изделия с базовой моделью или между собой внутри одного типоразмера.

**Внутритиповая (размерно-конструктивная) унификация** - унификация

между однотипными изделиями, имеющими различные параметры. Межтиповая унификация - унификация элементов продукции, отличающихся конструкцией, но имеющих сходные величины основных параметров.

**Общая унификация** - унификация сходной по назначению продукции, не имеющей конструктивно - технологического подобия.

Создание и выпуск машин на основе проверенных оптимальных унифицированных агрегатов позволяет примерно в 3 раза сократить сроки проектирования и освоения новой техники, снизить затраты на проектирование и освоение производства в 1,5 ... 2 раза и уменьшить себестоимость изготовления на 25 ... 30 %.

### *1.2. Агрегатирование.*

Агрегатирование - принцип создания машин, оборудования, приборов и других изделий из унифицированных стандартных агрегатов (автономных сборочных единиц), устанавливаемых в изделии в различном числе и комбинациях.

Принцип агрегатирования широко применяют при создании разнообразных типов машин в сельскохозяйственном и автотракторном машиностроении. Используемые при этом агрегаты обладают полной взаимозаменяемостью по всем эксплуатационным показателям и присоединительным размерам.

Унификация и агрегатирование позволяет на основе базовой модели создавать ряд производных машин одинакового назначения, но с различными эксплуатационными показателями (по мощности, производительности и др.) или машин различного назначения, выполняющих качественно другие операции.

Метод секционирования заключается в разделении машин на одинаковые унифицированные секции, из которых образуется путем простого набора ряд производных машин (сейлки, плуги, оборудование животноводческих комплексов и т.д.)

Метод базового агрегата заключается в при соединении к базовой модели машины специального оборудования (агрегатов), в результате чего получают ряд производных машин разнообразного назначения. Метод широко применяется при создании тракторов, автомобилей, комбайнов.

### *1.3. Комплексная стандартизация*

Комплексная стандартизация - это стандартизация, при которой осуществляется целенаправленное и планомерное установление и применение системы взаимоувязанных требований как к самому объекту комплексной стандартизации в целом и его основным элементам, так и к материальным и нематериальным факторам, влияющим на объект, в целях обеспечения оптимального решения задачи.

Комплексная стандартизация продукции, определяя одновременно качество конечной продукции, исходного сырья, материалов, комплектующих изделий, позволяет сбалансировать качество всех составляющих элементов в интересах достижения оптимального уровня конечной продукции.

Инструментом практической организации работ по комплексной стандартизации продукции является разработка и реализация программ комплексной стандартизации. Реализация указанных программ осуществляется путем разработки и внедрения взаимосвязанных комплексов нормативно-технических документов, обеспечивающих решение поставленных задач.

### *1.4. Показатели уровня стандартизации и унификации изделий.*

Уровень стандартизации и унификации изделия - насыщенность его соответственно

стандартными и унифицированными составными частями.

Унифицированная деталь (составная часть) - это деталь (составная часть), используемая под одним и тем же номером в двух и более машинах.

Оригинальная деталь (составная часть) - это деталь (составная часть), используемая в одной конкретной машине.

Уровень стандартизации и унификации изделия характеризуется следующими коэффициентами, определенными по методике РД 50-33-80:

Коэффициент применяемости по типоразмера

$$K_{np}^T = \frac{n - n_0}{n} \times 100, \%$$

где  $n$  - общее количество типоразмеров составных частей в изделии;

$n_0$  - количество оригинальных типоразмеров составных частей в изделии.

Коэффициент применяемости по стоимости:

$$K_{np}^{CT} = \frac{C - C_0}{C} \times 100, \%$$

где  $C$  - стоимость всех деталей;

$C_0$  - стоимость оригинальных деталей.

Коэффициент повторяемости:

$$K_n = \frac{N - N_0}{N - 1} \times 100, \%$$

где  $N$  - общее количество составных частей в изделии;  
 $N_0$  - количество оригинальных деталей.

Для планирования уровня унификации устанавливается коэффициент межпроектной (взаимной) унификации:

$$K_{my} = \frac{\sum_{i=1}^H n_i - z}{\sum_{i=1}^H n_i - n_{max}} \times 100\%$$

$n_i$  - число типоразмеров составных частей (узлов) в  $i$  - м изделии;

$z = \sum_{j=1}^m q_j$  - число типоразмеров составных частей в  $H$  изделиях;

$q_j$  - число разновидностей типоразмеров одного наименования в  $j$  - й составной части;

$m$  - общее число наименований составных частей рассматриваемых изделий (проектов);

$n_{max}$  - максимальное число типоразмеров составных частей одного изделия (проекта).

Для количественной оценки уровня комплексной стандартизации используется интегральный коэффициент охвата изделий стандартизацией:

$$K_{\text{инт}} = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n$$

где  $K_1, K_2, \dots, K_n$  - частные коэффициенты стандартизации каждого элемента конструкции, компонента, входящего в изделие.

Таким образом, интегральный коэффициент охвата изделий стандартизацией  $K_{\text{инт}}$  получается перемножением частных коэффициентов, характеризующих уровень стандартизации сырья, полуфабрикатов, комплектующих изделий и т.д.

Частный коэффициент  $K$  представляет собой отношение количества разработанных нормативно-технических документов на стандартизованные элементы конструкции  $K_{\text{ст}}$  и общему количеству нормативно технических документов, необходимых для выпуска данной продукции  $K_{\text{общ}}$

$$K = \frac{K_{\text{ст}}}{K_{\text{общ}}}$$

### Решение задач

Рассмотрим решение задач на примерах.

Оценить уровень унификации автомобиля. Исходные данные по числу типоразмеров, деталей и их стоимости представлены в таблице 1.

Таблица 1 -Информация о составных частях автомобиля

Число типоразмеров		Число деталей		Стоимость, руб	
общее $n$	оригинальных $n_0$	Общее $M$	Оригинальных $N_o$	общая С	Оригинальная С
3473	196	14989	763	3239,36	1146,46

Решение:

Коэффициент применяемости по типоразмерам:

$$K_{np}^t = \frac{n - n_0}{n} \times 100 = \frac{3473 - 196}{3473} \cdot 100 = 94.3\%$$

Коэффициент применяемости по стоимости:

$$K_{np}^{CT} = \frac{C - C_0}{C} \times 100 = \frac{3239.36 - 1146.46}{3239.36} \cdot 100 = 64.7$$

Коэффициент повторяемости:

$$K_n = \frac{N - N_0}{N - 1} \times 100 = \frac{14989 - 763}{14989 - 1} \cdot 100 = 94.9$$

Определить коэффициент межпроектной (взаимной) унификации для 18 моделей универсальных токарных станков при следующих исходных данных:

общее количество моделей станков  $H=18$ ;

$$\text{число типоразмеров составных частей} z = \sum_{o=1}^{18} q_j = 76$$

максимальное число типоразмеров составных частей одного станка  $P_{max} = 28$

общее количество составных частей

$$z = \sum_{o=1}^{18} q_j = 276$$

Решение:

Коэффициент межпроектной (взаимной) унификации:

$$K_{my} = \frac{\sum_{i=1}^H n_i - z}{\sum_{i=1}^H n_i - n_{max}} \times 100 = \frac{276 - 76}{276 - 28} \cdot 100 = 80.8\%$$

Таблица 1- Исходные данные

Пар а- мет	Вар иант													
	9	0	1	2	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>n</i>	52	67	7	95	72	25	41	86	97	13	76	85	100	15
<i>N</i>	84	23	8	87	02	43	74	18	46	78	20	92	20	00
<i>C</i> , уел. ед.	10	40	0	90	10	30	50	80	10	40	30	20	50	90
<i>no</i>	2	7		9	2	5	8	6	4	5	5	7	3	4
<i>κ</i> ,	9	8		6	7	6	4	7	05	28	00	15	03	0
<i>co</i> , уел. ед.	00	20	0	60	80	00	20	40	60	80	00	20	40	60

### 3.8 Практическая работа № 10 (ПЗ-10) 2 часа

Тема: Размерный анализ

#### 3.8.1 Задание:

1. В соответствии с заданным замыкающим звеном выявить размерные связи и составить схему размерной цепи.
2. Установить квалитет, определить допуски и предельные отклонения составляющих звеньев размерной цепи методом максимума-минимума.
3. Определить допуск и предельные отклонения корректирующего звена.
4. Дать сравнительную оценку методам расчета (полученные допуски составляющих звеньев при методе максимума-минимума сравнить с допусками, которые могли бы получиться при вероятностном методе расчета).

#### Общие положения

1. На II формате в расчетно-пояснительной записке выполняется эскиз заданного узла, на котором выявляется заданное замыкающее звено. По заданному замыкающему звену выявляются составляющие звенья (размеры) размерной цепи, т.е. устанавливаются размерные связи.

**Составляющими называются звенья (размеры), изменение которых вызывает изменение замыкающего звена.** Выявление составляющих звеньев размерной цепи является одним из ответственных этапов, от которого зависит правильность её расчета.

Предварительно следует разобраться в конструктивных особенностях заданного узла, условиях его работы в машине, а также установить последовательность его сборки.

Детали в узлах сопрягаются между собой по сборочным базам (сборочными базами деталей называются поверхности касания соседних деталей).

При выявлении каждого составляющего звена (размера) необходимо убедиться в том, что изменение его размера (при постоянных размерах остальных составляющих звеньев) влечет за собой изменение размера замыкающего звена. Если увеличение исследуемого размера увеличивает замыкающее звено, то такой размер относят составляющим увеличивающим. Если увеличение исследуемого размера уменьшает замыкающее звено, то этот размер - составляющий уменьшающий.

При наличии подшипниковых узлов следует обращать внимание на то, каким подшипником вал удерживается от осевого смещения (внутреннее кольцо жестко закреплено на валу, а наружное - корпусе).

Изменение положения данного подшипника в корпусе вызывает изменение положение вала в узле со всеми деталями, смонтированными на валу. Если это вызывает изменение замыкающего звена, то размер, определяющий положение подшипника в корпусе, будет составляющим звеном.

После выявления составляющих звеньев строится схема размерной цепи, которая представляется в виде замкнутого размерного контура. В размерную цепь должны входить замыкающее звено и все составляющие звенья (размеры). При построении схемы сборочной размерной цепи по чертежу последовательно переходят от одной сборочной базы к другой сборочной базе (через составляющие размеры и замыкающее звено) и строят замкнутый размерный контур. Примеры схем размерных цепей представлены на рис. 10.1.

На схеме размерной цепи составляющие звенья размерной цепи представляются в виде размерной линии со стрелками на концах. Вертикальными отрезками условно обозначены положения сборочных баз (короткими - промежуточных, более длинными - крайних, которые ограничивают на чертеже составляющие звенья соответственно слева и справа).

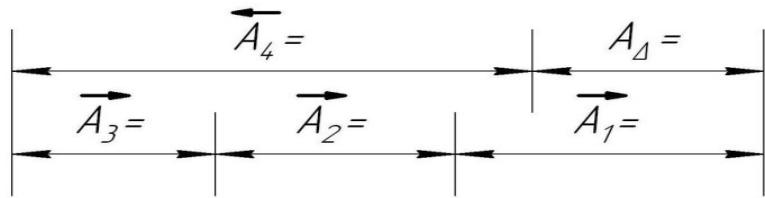
Увеличивающие звенья на схеме размерной цепи обозначают отрезками со стрелками на конце, направленными слева направо (например  $\overrightarrow{A_1}, \overrightarrow{A_2}$ , и т.д.), уменьшающие звенья – отрезками со стрелками на конце, направленными справа налево (например  $\overleftarrow{A_4}, \overleftarrow{A_3}, \overleftarrow{A_5}$ ). На схеме указываются номинальные размеры звеньев, например,  $A_1=10$  и т.д.

Правильность построения схемы размерной цепи и назначения номинальных размеров звеньев проверяются по уравнению:

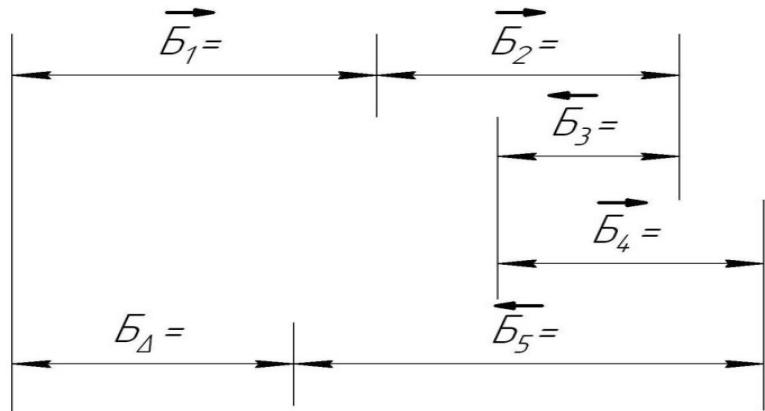
$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^m A_{iy} - \sum_{i=1}^p A_{iy},$$

где  $A_{\Delta}$ ,  $A_{iy}$  - номинальные размеры замыкающего, увеличивающих и уменьшающих составляющих звеньев;  $m$  – число увеличивающих составляющих звеньев;  $p$  – число уменьшающих составляющих звеньев.

Если схема размерной цепи составлена правильно, а условие (45) не выполняется, то корректируют номинальный размер одного из составляющих звеньев.



a)



б)

Рисунок 10.1 – Схемы размерных цепей: а) – для замыкающего звена  $A_D$ ; б) – для замыкающего звена  $B_D$ .

2. Решаем прямую задачу способом назначения допусков одного и того же квалитета, методом максимума-минимума.

Квалитет устанавливается по коэффициенту "а", который рассчитывается по уравнениям:

$$a_{cp} = TA_D / \sum_{i=1}^{n-1} i_i; \quad (1)$$

$$\hat{a}_{i\delta} = \frac{\hat{O}A_D + \sum_{i=1}^{n-1} TA_{i\text{еск}}}{\sum_{i=1}^q i_{i\delta}}; \quad (2) \quad \text{где} \quad \hat{O}A_D -$$

допуск замыкающего звена;  $\hat{O}A_{i\text{еск}}$  – допуск  $i$ -го составляющего звена, который предварительно известен;  $n - 1$  – число составляющих звеньев;  $q$  – число составляющих звеньев, допуски которых требуется определить;  $i$  – единица допуска.

Уравнение (1) используется при неизвестных допусках всех составляющих звеньев, уравнение (2) – когда допуски некоторых составляющих звеньев предварительно известны.

Единицу допуска рассчитывают по формулам:

$$i = 0,45\sqrt{A_{i\delta}} + 0,001 \cdot A_{i\delta}$$

для размеров до 500 мм;

$$i_i = 0,004 A_{i\delta} + 2,1$$

для размеров свыше 500 до 3150 мм,

$$A_{i\delta} = \sqrt{A_{i\text{max}} \cdot A_{i\text{min}}}$$

где  $A_{i\text{max}}, A_{i\text{min}}$  – крайние значения интервалов размеров, к которым относятся номинальные размеры  $A_i$ .

В уравнениях  $i$  и  $i_i A_{i\text{cp}}$  подставляют в мм,  $i_i$  получают в мкм.

Величины  $A_{i \text{ cp} i}$  и рассчитываются для каждого составляющего звена, допуск которого неизвестен.

По полученному значению  $a$  и по таблице 2 устанавливается квалитет.

В соответствии с установленным квалитетом по ГОСТ 25346-89 или ГОСТ 25347-82 определяются допуски составляющих звеньев, кроме одного - корректирующего.

За корректирующее звено принимается одно из составляющих звеньев, допуск которого неизвестен.

При  $a_{cp} < a_{tb}$  за корректирующее звено принимается размер, по которому деталь проще обработать и измерить.

Устанавливаются предельные отклонения составляющих звеньев: для охватывающих размеров - как для основного отверстия ( $EI = 0$ ), для охватываемых - как для основного вала ( $es = 0$ )

3. Допуск и предельные отклонения корректирующего звена определяются, исходя из уравнений:

$$\dot{O}A_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} TA_i ,$$

$$EsA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m EsA_{i \text{ o} \bar{a}} - \sum_{i=1}^p EiA_{i \text{ o} \bar{i}} ,$$

$$EiA_{\Delta} = \sum_{i=1}^p EiA_{i \text{ o} \bar{a}} - \sum_{i=1}^{m-1} EsA_{i \text{ o} \bar{i}} ,$$

Допуск корректирующего звена определяется по формуле:

$$TA_i^{kop} = TA_{\Delta} - \sum_{i=1}^{n-2} TA_i ,$$

$$EsA_{y \text{ e}}^{kop} = EsA_{\Delta} + \sum_{i=1}^p EiA_{iyy} - \sum_{i=1}^{m-1} EsA_{iyy} ,$$

$$EiA_{\text{o} \bar{a}}^{\text{e}i\delta} = E_i A_{\Delta} + \sum_{i=1}^p EsA_{i \text{ o} \bar{a}} - \sum_{i=1}^{m-1} EiA_{i \text{ o} \bar{i}} ,$$

Для уменьшающего корректирующего звена предельные отклонения определяются по уравнениям:

$$EsA_{\text{o} \bar{i}}^{\text{e}i\delta} = \sum_{i=1}^m EiA_{i \text{ o} \bar{a}} - EiA_{\Delta} - \sum_{i=1}^{p-1} EsA_{i \text{ o} \bar{i}} ,$$

$$EiA_{\text{o} \bar{i}}^{\text{e}i\delta} = \sum_{i=1}^m EsA_{i \text{ o} \bar{a}} - EsA_{\Delta} - \sum_{i=1}^{p-1} EiA_{i \text{ o} \bar{i}} ,$$

Правильность определения допуска и предельных отклонений корректирующего звена проверяется по формуле:

$$EsA_i^{\text{e}i\delta} - EiA_i^{\text{e}i\delta} = TA_i^{\text{e}i\delta} ,$$

где  $TA_i^{\text{e}i\delta}$  – допуск корректирующего звена.

4. Сравнительная оценка методам расчета дается по коэффициенту расширения допусков составляющих звеньев -  $\tau$ :

$$\tau = \frac{a_{cp}^e}{a_{cp}} ,$$

где  $\dot{a}_{\text{no}}^{\text{a}}$  – коэффициент, определенный при вероятностном методе расчета;  $\dot{a}_{\text{no}}^{\text{a}}$  – коэффициент, определенный при расчете методом максимума-минимума.

При условии, что погрешности размеров распределены по нормальному закону, центр группирования совпадает с серединой поля допуска, и допуск равен зоне рассеяния,  $\dot{a}_{\text{no}}^{\text{a}}$  определяются по формуле (3), когда допуски всех составляющих размеров неизвестны и по формуле (4), когда допуски некоторых составляющих размеров известны:

$$\hat{a}_{\hat{n}\delta} = \frac{TA_{\Delta}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} i_i^2}}, \quad (3)$$

$$\hat{a}_{\hat{n}\delta} = \sqrt{\frac{(OA_{\Delta})^2 - \sum_{q+1}^{n-1} (OA_{i_{\text{eq}}})^2}{\sum_{i=1}^q i_{i\delta}^2}}. \quad (4)$$

Допуски составляющих размеров при вероятностном методе могут быть расширены в  $\tau$  раз ( $\tau > 1$ ).

### 3.9 Практическая работа № 11 (ПЗ-11) 2 часа

**Тема:** Оценка случайной погрешности прямых измерений

#### 3.9.1 Задание:

1. Изучить методику оценки случайной погрешности прямых измерений.

2. Обработка измерений деталей (на примере измерений диаметра цилиндра).

#### Общие положения

При обработке результатов измерений мы предлагаем следующий порядок операций для прямых измерений:

1. Результаты каждого измерения записываются в таблицу.

2. Вычисляется среднее значение из  $n$  измерений

$$\bar{a} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i$$

3. Находятся погрешности отдельных измерений

$$\Delta a_i = \bar{a} - a_i$$

4. Вычисляются квадраты погрешностей отдельных измерений  $(\Delta a_i)^2$ .

5. Если одно (или два) измерение резко отличается по своему значению от остальных измерений, то следует проверить, не является ли оно промахом.

6. Определяется средняя квадратичная погрешность результата серии измерений

$$\Delta S_{\bar{a}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta a_i)^2}{n(n-1)}}$$

7. Задается значение надежности  $\alpha$ .

8. Определяется коэффициент Стьюдента  $t_{\alpha}(n)$  для заданной надежности  $\alpha$  и числа произведенных измерений  $n$ .

9. Находятся границы доверительного интервала (погрешность результата измерений)

$$\Delta a = t_{\alpha}(n) \Delta S_{\bar{a}}$$

10. Если величина погрешности результата измерений окажется сравнимой с величиной погрешности прибора, то в качестве границы доверительного интервала следует взять величину

$$\Delta a = \sqrt{t_{\alpha}^2(n) \Delta S_{\bar{a}}^2 + \left(\frac{k_{\alpha}}{3}\right)^2 \delta^2}, \quad k_{\alpha} = t_{\alpha}$$

где  $\delta$  — величина погрешности прибора.

**Таблица 1** Приближенное определение погрешностей функции заднего переменного

п/п	Вид функции $z = z(a)$	Абсолютная погрешность $\Delta z$	Относительная погрешность $\varepsilon = \Delta z / z$
	$ca, c = \text{const}$	$c\Delta a$	$\Delta a / a$
	$a^n, n \geq 0$	$n\bar{a}^{(n-1)}\Delta a$	$n\Delta a / a$
	$a/1+a$	$(1+\bar{a}-\bar{a})/(1+\bar{a})^2\Delta a = \Delta a/(1+\bar{a})^2$	$\Delta a / \bar{a}(1+\bar{a})$
	$1-a$	$(1+\bar{a}-\bar{a})/(1-\bar{a})^2\Delta a = \Delta a/(1-\bar{a})^2$	$\Delta a / \bar{a}(1-\bar{a})$
	$\sqrt[n]{a}$	$1/n*\bar{a}^{(1/n-1)}\Delta a$	$1/n*\Delta a/\bar{a}$
	$e^{a/c}, c = \text{const}$	$e^{\bar{a}/c}*\Delta a/c$	$\Delta a/c$
	$A^{a/c}, c = \text{const } A = \text{const}$	$A^{\bar{a}/c}\ln A^{\Delta a/c}$	$\ln A^{\Delta a/c}$
	$\ln a$	$\Delta a/\bar{a}$	$\Delta a/\ln \bar{a} * \bar{a}$
	$\sin(a/c), c = \text{const}$	$\cos(\bar{a}/c) \Delta a/c$	$\operatorname{ctg}(\bar{a}/c) \Delta a/c$
0	$\cos(a/c), c = \text{const}$	$\sin(\bar{a}/c) \Delta a/c$	$\operatorname{tg}(\bar{a}/c) \Delta a/c$
1	$\operatorname{tg}(a/c), c = \text{const}$	$1/\cos^2(\bar{a}/c) * \Delta a/c$	$2/\sin(2\bar{a}/c) * \Delta a/c$
2	$\operatorname{ctg}(a/c), c = \text{const}$	$1/\sin^2(\bar{a}/c) * \Delta a/c$	$2/\sin(2\bar{a}/c) * \Delta a/c$

### Пример. Обработка измерений диаметра цилиндра.

Проведем ее для двух значений надежности  $\alpha = 0,95$  и  $\alpha = 0,99$ . Десять значений диаметра цилиндра приведены в табл. 2. Измерения проводились микрометром с ценой деления  $0,01 \text{ мм.}$

Таблица 2

$i$	$d_i, \text{мм}$	$i$	$d_i, \text{мм}$
1	14,85	6	14,81
2	14,80	7	14,80
3	14,84	8	14,85
4	14,81	9	14,84
5	14,79	10	14,80

1. Возьмем пять первых измерений из табл. 2 и найдем среднее значение диаметра и границы доверительного интервала из этих измерений. Выберем произвольное число  $d_0$ , удобное для расчетов (пусть  $d_0 = 14,80 \text{ мм}$ )! вычислим разности  $d_i - d_0$  и квадраты этих разностей. Результаты приведены в табл. 3,

Найдем среднее значение  $d$ :

$$\bar{d} = d_0 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - d_0) = 14,80 + \frac{0,09}{5} = 14,818 \text{ мм},$$

$$\bar{d} - d_0 = 0,018 \text{ мм}.$$

Таблица 3

	$d_i, \text{мм}$	$d_i - d_0, \text{мм}$	$(d_i - d_0)^2, \text{мм}^2$
	14,85	0,05	0,0025
	14,80	0,00	0,0000
	14,84	0,04	0,0016
	14,81	0,01	0,0001
	14,79	-0,01	0,0001
<b>Сумма</b>	<b>0,09</b>		<b>0,0043</b>

Средний квадрат погрешности серии из пяти измерений равен

$$\Delta S_{\bar{d}}^2 = \frac{1}{n(n-1)} \left[ \sum_{i=1}^n (d_i - d_0)^2 - n(\bar{d} - d_0)^2 \right] =$$

$$= \frac{1}{5 \cdot 4} (0,0043 - 5 \cdot 0,000324) = \frac{27}{20} \cdot 10^{-4} = 1,35 \cdot 10^{-4} \text{ мм}^2.$$

Извлекая квадратный корень, получим

$$\Delta S_{\bar{d}} = 1,16 \cdot 10^{-2} \text{ мм.}$$

Для надежности  $\alpha = 0,95$  и  $n= 5$  находим значение коэффициента Стьюдента  $t_{\alpha} = 2,78$  и вычисляем абсолютную погрешность результата измерений

$$\Delta d_{\bar{d}} = t_{\alpha} \cdot \Delta S_{\bar{d}} = 2,78 \cdot 0,0116 = 0,0322 \text{ мм.}$$

Тогда результат измерения можно представить в виде

$$(14,818 - 0,032) \text{ мм} \leq d \leq (14,818 + 0,032) \text{ мм.}$$

Или, сохраняя в величине погрешности одну значащую цифру,

$$(14,82 - 0,03) \text{ мм} \leq d \leq (14,82 + 0,03) \text{ мм,}$$

т. е.

$$14,79 \text{ мм} \leq d \leq 14,85 \text{ мм}$$

или

$$d = (14,82 \pm 0,03) \text{ мм.}$$

Относительная погрешность

$$\epsilon_d = \pm \frac{0,03}{14,82} \cdot 100 \% \approx \pm \frac{3}{15} \% = \pm 0,2 \%.$$

Теперь найдем абсолютную и относительную погрешности для тех же пяти измерений при другом значении надежности:  $\alpha = 0,99$ . Находим для  $n = 5$  и  $\alpha = 0,99$  значение  $t_{\alpha} = 4,60$ . Тогда

$$\Delta d_{\bar{d}} = t_{\alpha} \cdot \Delta S_{\bar{d}} = 4,60 \cdot 1,16 \cdot 10^{-2} = 5,34 \cdot 10^{-2} \text{ мм.}$$

Следовательно,

$$d = (14,82 \pm 0,05) \text{ мм}$$

и

$$\varepsilon_d = \pm \frac{0,05}{14,82} \cdot 100\% \approx \pm \frac{5}{15}\% = \pm 0,3\%.$$

Сравнив результат, мы видим, что границы доверительного интервала при увеличении надежности от  $\alpha = 0,95$  до  $\alpha = 0,99$  возросли.

2. Проведем расчет погрешностей для этих же пяти измерений, незаконно полагая, что  $\sigma^2 = \Delta S_n^2$  (что, конечно, при  $n = 5$  является ошибочным). Для этого воспользуемся кривыми. Отношение заштрихованной площади под кривой Гаусса к площади под всей кривой дает величину  $a$ . Полагая величину  $a = 0,95$ , можно найти значение абсциссы,

равное  $k_a = \frac{\Delta d_{\bar{d}}}{\Delta S_{\bar{d}}}$ , в нашем случае

$$k_a = 1,96.$$

Это дает возможность определить значение абсолютной погрешности результата

$$\Delta d = k_a \cdot \Delta S_{\bar{d}} = 1,96 \cdot 1,16 \cdot 10^{-2} \text{ мм} = 2,27 \cdot 10^{-2} \text{ мм} \approx 2 \cdot 10^{-2} \text{ мм},$$

Сравнивая полученный результат (в) с результатом (а), видим, что погрешность получилась меньше примерно на 30%. Принимая данную величину погрешности результата измерения (в), можно найти величину надежности. Для этого положим  $t_a = k_a$  и получим  $a = 0,87$  вместо заданной величины  $a = 0,95$ . Следовательно при малом числе измерений  $n$  применение закона нормального распределения с  $\sigma^2 = \Delta S_n^2$  вместо распределения Стьюдента при определении абсолютной погрешности результата приводит к уменьшению надежности результата измерений. Полагая  $a = 0,99$ , получаем

$$\kappa_x = 2,58 \text{ и } \Delta d = \kappa_x \cdot \Delta S_d = 3 \cdot 10^{-2} \text{ мм} \text{ вместо}$$

$$\Delta d = \kappa_x \cdot \Delta S_d = 5 \cdot 10^{-2} \text{ мм}.$$

Значение надежности в этом случае понижается до  $a = 0,95$ .

3. Найдем теперь средние значения и погрешности из следующих пяти измерений (6—10), приведенных в табл. 2.

Таблица 4

	$d_i$ , мм	$d_i - d_0$ , мм	$(d_i - d_0)^2$ , мм <sup>2</sup>
	14, 81	+0,01 0	0,000 1
	14, 80	+0,05 +0,04	0 0,002
	14, 85	0	5 0,0016
	14, 84		0
	14, 80		
Сумма		+0,10	+0,00 42

$$d_0 = 14,80 \text{ мм},$$

$$\bar{d} = d_0 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - d_0) = 14,80 + \frac{0,10}{5} = 14,82 \text{ мм},$$

$$\bar{d} - d_0 = 0,02 \text{ мм},$$

$$\Delta S_{\bar{d}}^2 = \frac{1}{n(n-1)} \left[ \sum_{i=1}^n (d_i - d_0)^2 - n(\bar{d} - d_0)^2 \right] =$$

$$= \frac{1}{20} (0,0042 - 5 \cdot 0,0004) = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ мм}^2,$$

$$\Delta S_{\bar{d}} = 1,05 \cdot 10^{-2} \text{ мм.}$$

При  $\alpha = 0,95$  имеем

$$\Delta d_{\bar{d}} = t_{\alpha} \cdot \Delta S_{\bar{d}} = \pm 2,78 \cdot 1,05 \cdot 10^{-2} = 2,92 \cdot 10^{-3} \text{ мм} \simeq \pm 3 \cdot 10^{-3} \text{ мм},$$

$$\epsilon_d = \frac{\Delta d_{\bar{d}}}{\bar{d}} \cdot 100\% = \pm \frac{0,03}{14,82} \cdot 100\% = \pm 0,2\%$$

и  $d = (14,82 \pm 0,03)$  мм.

При  $\alpha = 0,99$  получаем

$$\Delta d_{\bar{d}} = t_{\alpha} \cdot \Delta S_{\bar{d}} = \pm 4,60 \cdot 1,05 \cdot 10^{-2} = \pm 4,83 \cdot 10^{-3} \text{ мм} \simeq \pm 5 \cdot 10^{-3} \text{ мм},$$

$$\epsilon_d = \frac{\Delta d_{\bar{d}}}{\bar{d}} \cdot 100\% = \pm \frac{0,05}{14,82} \cdot 100\% = \pm 0,3\%$$

и  $d = (14,82 \pm 0,05)$  мм.

Таблица 5

	$d_i - d_0, \text{мм}$	$(d_i - d_0)^2, \text{мм}^2$
Сумма	+0,19	0,0085

Найдем теперь погрешность результата всей серии из десяти измерений, приведенных в табл. 3 и 4. В этом случае имеем табл. 5, полученную суммированием последних строчек табл. 3 и 4.

$$d_0 = 14,80 \text{ мм},$$

$$\bar{d} = d_0 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - d_0) = 14,80 + \frac{1}{10} \cdot 0,19 = 14,819.$$

$$\bar{d} - d_0 = 0,019 \text{ мм},$$

$$\Delta S_{\bar{d}}^2 = \frac{1}{n(n-1)} \left[ \sum_{i=1}^n (d_i - d_0)^2 - n(\bar{d} - d_0)^2 \right] =$$

$$= \frac{1}{90} (0,0085 - 10 \cdot 0,000361) = \frac{49}{90} \cdot 10^{-4} = 54 \cdot 10^{-6} \text{ мм}^2,$$

$$\Delta S_{\bar{d}} = 7,35 \cdot 10^{-3} \text{ мм.}$$

Коэффициенты Стьюдента  $t_{\alpha}$

$\alpha$	0,90	0,95	0,98	0,99	0,999	0
1	6	1	3	6	6	6
2	1,31	2,7	1,8	3,7	36,6	3
3	1,92	3,0	2,96	2,92	1,6	1
4	2,35	2,18	2,54	2,84	2,9	8
5	2,78	2,75	2,60	2,61	6	

	,02	1	,57	2	,36	3	,03	3	,87	5
6	,94	1	,45	2	,14	3	,71	3	,96	5
7	,89	1	,36	2	,00	3	,50	3	,41	5
8	,86	1	,31	2	,90	2	,36	3	,04	5
9	,83	1	,26	2	,82	2	,25	3	,78	4
10	,81	1	,23	2	,76	2	,17	3	,59	4
11	,80	1	,20	2	,72	2	,11	3	,44	4
12	,78	1	,18	2	,68	2	,05	3	,32	4
13	,77	1	,16	2	,65	2	,01	2	,22	4
14	,76	1	,14	2	,62	2	,98	2	,14	4
15	,75	1	,13	2	,60	2	,95	2	,07	4
16	,75	1	,12	2	,58	2	,92	2	,02	4
17	,74	1	,11	2	,57	2	,90	2	,97	3
18	,73	1	,10	2	,55	2	,88	2	,92	3
19	,73	1	,09	2	,54	2	,86	2	,88	3
20	,72	1	,09	2	,53	2	,85	2	,85	3
21	,72	1	,08	2	,52	2	,83	2	,82	3
22	,72	1	,07	2	,51	2	,82	2	,79	3
23	,71	1	,07	2	,50	2	,81	2	,77	3
24	,71	1	,06	2	,49	2	,80	2	,75	3
25	,71	1	,06	2	,49	2	,79	2	,73	3
26	,71	1	,06	2	,48	2	,78	2	,71	3
27	,70	1	,05	2	,47	2	,77	2	,69	3
28	,70	1	,05	2	,47	2	,76	2	,67	3
29	,70	1	,05	2	,46	2	,76	2	,66	3
30	,70	1	,04	2	,46	2	,75	2	,65	3
32		1		2		2		2		3

	,69	1	,04	2	,45	2	,74	2	,62	3
34	,69	1	,03	2	,44	2	,73	2	,60	3
36	,69	1	,03	2	,43	2	,72	2	,58	3
38	,69	1	,02	2	,43	2	,71	2	,57	3
40	,68	1	,02	2	,42	2	,70	2	,55	3
42	,68	1	,02	2	,42	2	,70	2	,54	3
44	,68	1	,02	2	,41	2	,69	2	,53	3
46	,68	1	,01	2	,41	2	,69	2	,52	3
48	,68	1	,01	2	,41	2	,68	2	,51	3
50	,68	1	,01	2	,40	2	,68	2	,50	3
55	,67	1	,00	2	,40	2	,67	2	,48	3
60	,67	1	,00	2	,39	2	,66	2	,46	3
65	,67	1		2		2		2		3
70	,67		,00		,39		,65		,45	
80		1		1		2		2		3
90	,67		,99		,38		,65		,44	
10		1		1		2		2		3
0	,66		,99		,37		,64		,42	
12		1		1		2		2		3
0	,66		,99		,37		,63		,40	
15		1		1		2		2		3
0	,66		,98		,36		,63		,39	
20		1		1		2		2		3
0	,66		,98		,36		,62		,37	
25		1		1		2		2		3
0	,66		,98		,35		,61		,36	
30		1		1		2		2		3
0	,65		,97		,35		,60		,34	
40		1		1		2		2		3
0	,65		,97		,34		,60		,33	
50		1		1		2		2		3
0	,65		,97		,34		,59		,32	
	,65		,97		,34		,59		,32	
	,65		,96		,33		,59		,31	

### 3.10 Практическая работа № 12 (ПЗ-12) 2 часа

#### Тема: Обработка результатов измерений

##### 3.10.1 Задание:

1. Изучить общие положения по обработке результатов измерений
2. Решение типовых задач по обработке результатов измерений

##### Общие положения

**Результат измерения** – числовое значение, приписываемое измеряемой величине, с указанием точности измерения.

##### Численные показатели точности:

- доверительный интервал (доверительные границы) погрешности  $\Delta_P$ ;
- оценка СКО погрешности  $S$ .

Правила выражения показателей точности:

- численные показатели точности выражаются в единицах измеряемой величины;
- численные показатели точности должны содержать не более двух значащих цифр
- наименьшие разряды результата измерения и численных показателей точности должны быть одинаковыми.

##### Представление результатов измерений

Результат измерения:

$$X = \tilde{X}, \Delta = \pm \Delta_P$$

$$X = \tilde{X} \pm \Delta_P$$

или

*Пример:*

$$U = 105,0 \text{ B}, \Delta_{0,95} = \pm 1,5 \text{ B} \text{ или } U = 105,0 \pm 1,5 \text{ B}.$$

##### Вычисление значения измеряемой величины

Пусть модель объекта (измеряемой величины)

$$X = f(X_1, X_2, \dots, X_m) - \Delta_{mem};$$

при измерениях получены результаты наблюдений  $X_{ij}$ ,

где  $i = 1, \dots, m$  – количество прямо измеряемых входных величин;

$j = 1, \dots, n$  – число наблюдений каждой входной величины.

*Порядок нахождения  $\tilde{X}$ :*

- 5) исключение известных систематических погрешностей путем введения поправок  $\Delta_{cij}$  :

$$X'_{ij} = X_{ij} - \Delta_{cij};$$

- 6) оценка равноточности измерений (исключение грубых погрешностей) – по критерию Смирнова или критерию Райта;

- 7) вычисление среднего арифметического каждой входной величины:

$$\tilde{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^n X'_{ij}}{n};$$

8) вычисление значения измеряемой величины:

$$\tilde{X} = f(\tilde{X}_1 \dots \tilde{X}_m) - \Delta_{mem}.$$

При связанных входных величинах сначала вычисляют ряд  $X'_j = f(X'_{1j}, \dots, X'_{mj}) - \Delta_{mem}$ , а затем  $\tilde{X} = \sum X'_j / n$ .

### Процедура оценивания погрешности

7) вычисление оценок СКО

– входных величин:

$$S(\tilde{X}_i) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - \tilde{X}_i)^2}{n(n-1)}};$$

– результата измерения:

$$S(X) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left[ \frac{\partial f}{\partial X_i} S(\tilde{X}_i) \right]^2};$$

8) определение доверительных границ случайной составляющей погрешности:

$$\overset{\circ}{\Delta}_P = t_P(v) S(X),$$

$t_P(v)$  – квантиль распределения Стьюдента для заданной  $P_\partial$  при числе степеней свободы  $v = n - 1$ .

9) вычисление границ и СКО неисключенной систематической составляющей погрешности:

$$\Delta_{hc} = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \left( \frac{\partial f}{\partial X_i} \Delta_{hci} \right)^2}, \quad S_{hc} = \frac{\Delta_{hc}}{\sqrt{3} k},$$

$k = 1,1$  при  $P_\partial = 0,95$ ;

$\Delta_{hci}$  определяется по имеющейся информации;

10) вычисление СКО суммарной погрешности:

$$S_\Sigma = \sqrt{S^2 + S_{hc}^2};$$

11) оценка погрешности измерения

– если  $\Delta_{hc} / S(X) < 0,8$ , то  $\overset{\circ}{\Delta}_P = \overset{\circ}{\Delta}_P$ ;

– если  $\Delta_{hc} / S(X) > 8$ , то  $\overset{\circ}{\Delta}_P = \Delta_{hc}$ ;

– если  $0,8 \leq \Delta_{hc}/S(X) \leq 8$ , то  $\Delta_p = \frac{\overset{\circ}{\Delta}_p + \Delta_{hc}}{S(X) + S_{hc}} S_{\Sigma}$ .

12) интерпретация полученных результатов:

• интервал  $(\tilde{X} - \Delta_p, \tilde{X} + \Delta_p)$  с вероятностью  $P_o$  содержит истинное значение измеряемой величины.

### Оценивание погрешности при однократных измерениях

3) прямые измерения ( $i = 1, j = 1$ )

$$X = \tilde{X} \pm \Delta_p$$

$$\tilde{X} = X_{uzm} - \Delta_c; \quad \Delta_p = \Delta_{\max},$$

( $\Delta_{\max}$  находится через класс точности прибора).

**Пример 1:**  $U_{h1} = 150$  В,  $K_1 = 1,0$ ;  $U_{h2} = 200$  В,  $K_2 = 1,0/0,5$ . Запишите результаты измерения напряжения при показаниях вольтметров  $U_{uzm} = 75$  В.

Решение:

$$\Delta_{\max 1} = \frac{K_1 U_{h1}}{100\%} = \frac{1,0 \cdot 150}{100} = 1,5 \text{ В};$$

$$U = 75,0 \pm 1,5 \text{ В}.$$

$$4) \quad \delta_{\max 2} = c + d \left( \frac{U_{h2}}{U} - 1 \right) = 1,0 + 0,5 \left( \frac{200}{75} - 1 \right) = 1,8 \%$$

### косвенные измерения

$$\begin{array}{l} ; \\ (i) \quad \Delta_{\max 2} = \frac{\delta_{\max 2} U}{100\%} = \frac{1,8 \cdot 75}{100} = 1,4 \text{ В}; \\ = 2, \dots, \quad U = 75,0 \pm 1,4 \text{ В}. \\ m, j = \end{array}$$

$$X = \tilde{X} \pm \Delta_p$$

$$\tilde{X} = f(\tilde{X}_1 \dots \tilde{X}_m) - \Delta_{mem}.$$

$$\Delta_p = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left( \frac{\partial f}{\partial X_i} \Delta_{\max i} \right)^2};$$

- если  $X = \sum X_i$ , то  $\Delta_p = \sqrt{\sum_{i=1}^m \Delta_{\max i}^2}$ ;

- если  $X = \frac{X_1 \dots X_{\ell}}{X_{\ell+1} \dots X_m}$ , то

$$\delta(X) = \sqrt{\sum_1^m \delta_{\max i}^2}; \Delta_P = \frac{\delta(X)X}{100\%};$$

• если  $X = kY$ , то  $\Delta(X) = k\Delta(Y)_{\max}$ ;

• если  $X = Y^n$ , то  $\delta(X) = n\delta(Y)_{\max}$ ,  
 $\Delta(X) = nY^{n-1}\Delta(Y)_{\max}$

( $\Delta_{\max}$  и  $\delta_{\max}$  вычисляются через класс точности).

**Пример 2:** Мощность симметричной трехфазной нагрузки измеряется одним ваттметром. Определите результат измерения, если показание ваттметра 600 Вт, предел измерения 750 Вт, класс точности 0,5.

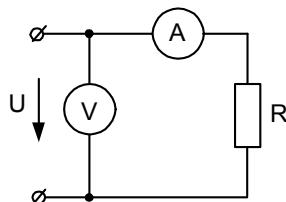
*Решение:*  $P = \tilde{P} \pm \Delta_P$ ;  $\tilde{P} = 3P_{\phi} = 1800 \text{ Вт}$ ;

$$\Delta_{\max} = \frac{KP_h}{100\%} = \frac{0,5 \cdot 750}{100} = 3,75 \text{ Вт}; \quad \Delta_P = 3\Delta_{\max} = 11 \text{ Вт};$$

*Результат измерения:*  $P = 1800 \pm 11 \text{ Вт}$ .

**Пример 3:**

Найдите результат измерения сопротивления в схеме при показаниях приборов  $U_{u3m} = 100 \text{ В}$ ,  $I_{u3m} = 1 \text{ А}$ ,  
если  $U_h = 200 \text{ В}$ ,  $K_V = 1,0/0,5$ ,  $R_V = 10 \text{ кОм}$ ;  
 $I_h = 2 \text{ А}$ ,  $K_A = 1,0$ ,  $R_A = 1 \text{ Ом}$ .



*Решение:*  $\Delta_{mem} = R_A = 1 \text{ Ом}$ ;

$$\tilde{R} = \frac{U_{u3m}}{I_{u3m}} - \Delta_{mem} = \frac{100}{1} - 1 = 99 \text{ Ом};$$

$$\delta_I = \frac{K_1 I_h}{I_{u3m}} = \frac{1,0 \cdot 2}{1} = 2,0\%; \quad \delta_U = c + d \left( \frac{U_h}{U} - 1 \right) = 1,0 + 0,5 \left( \frac{200}{100} - 1 \right) = 1,5\%;$$

$$\delta_R = \sqrt{\delta_U^2 + \delta_I^2} = \sqrt{1,5^2 + 2,0^2} = 2,5\%;$$

$$\Delta R = \frac{\delta_R R_N}{100\%} = \frac{2,5 \cdot 99}{100} = 2,5 \text{ Ом};$$

*Результат измерения:*  $R = 99,0 \pm 2,5 \text{ Ом}$ .

**Пример 4:**

Переменная составляющая несинусоидального напряжения определяется по показаниям электромагнитного и магнитоэлектрического вольтметров: 50 В и 40 В соответственно. Найдите результат измерения при условиях:  $U_{h1} = 100B$ ,  $K_1 = 0,5$ ;  $U_{h2} = 50 B$ ,  $K_2 = 0,5$ .

Решение:

$$\tilde{U} = \sqrt{U^2 - U_0^2} = \sqrt{50^2 - 40^2} = 30 B;$$

$$\Delta_{U_{\max}} = \frac{K_1 U_{h1}}{100\%} = \frac{0,5 \cdot 100}{100} = 0,5 B, \quad \Delta_{U_0 \max} = \frac{K_2 U_{h2}}{100\%} = \frac{0,5 \cdot 50}{100\%} = 0,25 B;$$

$$\Delta_P = \sqrt{\left(\frac{\partial U}{\partial U_{\tilde{U}}} \Delta_{U_{\max}}\right)^2 + \left(\frac{\partial U_0}{\partial U_{\tilde{U}}} \Delta_{U_0 \max}\right)^2} = \sqrt{\frac{U^2 \Delta_{U_{\max}}^2 + U_0^2 \Delta_{U_0 \max}^2}{U^2 - U_0^2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{(50 \cdot 0,5)^2 + (40 \cdot 0,25)^2}{50^2 - 40^2}} = 1,6 B;$$

Результат измерения  $U_{\tilde{U}} = 30,0 \pm 1,6 B$ .

### 3.11 Практическая работа № 13 (ПЗ-13) 2 часа

**Тема:** Выявление и исключение промахов из серии измерений

#### 3.11.1 Задание:

- Изучить методику выявления и исключения промахов из серии измерений.
- Решить задачи по выявлению промахов.

#### Общие положения

##### Выявление и исключение промахов из серии измерений

Если серия из небольшого числа измерений содержит грубую погрешность - промах, то наличие этого промаха может сильно исказить как среднее значение измеряемой величины, так и границы доверительного интервала. Поэтому из окончательного результата необходимо исключить этот промах. Обычно промах имеет резко отличающееся от других измерений значение. Однако это отклонение от значений других измерений не дает еще права исключить это измерение как промах, пока не проверено, не является ли это отклонение следствием статистического разброса.

В табл. 1 приведены значения  $v_{max}$  - максимально возможные значения  $v_{(n)}$ , возникающие вследствие статистического разброса, соответствующие заданной надежности  $\alpha$ .

Таблица 1

	$\alpha = 0.90$	$\alpha = 0.95$	$\alpha = 0.99$
	$\beta = 0.10$	$\beta = 0.05$	$\beta = 0.01$
	1. 41	1. 41	1. 41
	1. 64	1. 69	1. 72
	1. 79	1. 87	1. 96
	1.	2.	2.

	89	00	13
	1. 97	2. 09	2. 26
	2. 04	2. 17	2. 37
	2. 10	2. 24	2. 46
0	2. 15	2. 29	2. 54

Как видно из табл. 1 значения  $v_{max}$  возрастают с увеличением надежности  $\alpha$ , т.е. с уменьшением  $\beta$ , и с увеличением числа измерений  $n$ . Это означает, что вероятность появления больших отклонений, возникающих вследствие статического разброса, растет при увеличении числа измерений.

Если резко выделяющееся значение измерения  $a_{(n)}$ , полученное в серии из  $n$  измерений, соответствует величине  $v_{(n)} > v_{max}$  при заданном значении надежности  $\alpha = 1 - \beta$ , то это означает, что данное значение  $a_{(n)}$  не совместимо с исходным предположением о нормальном законе распределения и его можно рассматривать как промах. Это измерение следует исключить из серии  $n$  измерений и определить новые значения  $\bar{a}$  и  $\Delta a$  для серии из оставшихся  $n - 1$  измерений.

Если же величина  $v_{(n)}$ , соответствующая значению  $a_{(n)}$ , меньше  $v_{max}$  для этого же числа  $n$  при заданной надежности  $\alpha$ , то это резко выделяющееся измерение  $a_{(n)}$  является следствием статистического разброса и нет оснований считать его промахом.

**Приведем пример** применения табл. 1. Пусть при измерении длины стержня штангенциркулем были получены следующие значения, приведенные во втором столбце табл. 2.

Таблица 2

$i$ , мм	$l_i - l_0$ , мм	$(l_i - l_0)^2$ , мм
53,4	1,6	2,5 6
54,6	0,4	0,1 6
54,7	0,3	0,0 9
55,0	0	0
64,3	9,3	86, 49
54,5	0,5	0,2 5
Сумма	6,5	89, 55

Возьмем  $l_0 = 155,0$  мм и вычислим величины  $l_i - l_0$  и  $(l_i - l_0)^2$ . (Эти значения приведены соответственно в третьем и четвертом столбцах табл.2)

Тогда

$$l = l_0 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n l_i - l_0 = 155,0 + \frac{6,5}{6} = 155,0 + 1,08 = 156,08 \text{ мм.}$$

Отсюда

$$l - l_0 = 1,08 \text{ мм.}$$

Проверим, не является ли значение  $l_5 = 164,3$  мм, полученное при пятом измерении, промахом, так как оно сильно отличается от других значений. (Возможно, что это значение появилось вследствие ошибки экспериментатора при записи 164,3 мм вместо 154,3 мм). Для этой цели найдем величину  $\frac{n-1}{n} \Delta S^2_n$ :

$$\frac{n-1}{n} \Delta S^2_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (l_i - l)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(l_i - l)^2 - n(l_i - l_0)^2] = \frac{1}{6} [89,55 - 6 \cdot 1,08] = 14,925 - 1,166 = 13,76 \text{ мм}^2.$$

Отсюда

$$\sqrt{\frac{n-1}{n} \Delta S^2_n} = \sqrt{13,76} = 3,71 \text{ мм.}$$

Подсчитаем теперь величину  $v_{(6)}$ :

$$v_{(6)} = \frac{l_{(6)} - l_0}{\sqrt{\frac{n-1}{n} \Delta S^2_n}} = \frac{164,3 - 156,08}{3,71} = \frac{8,22}{3,71} = 2,22$$

( $l_{(6)}$  - наибольшее значение  $l_i$  в серии из шести измерений. В нашем случае  $l_{(6)} = l_5$ ).

Из табл. 1 находим при  $n = 6$  для надежности  $\alpha = 0,95$  значение  $v_{max} = 2,00$ . Мы видим, что  $v_{(6)} > v_{max}$

Это означает, что измерение  $l_5 = 164,3$  мм является промахом и его следует исключить из серии измерений.

После исключения получаем, полагая  $l_0 = 154,0$  мм, следующие данные (табл. 3)

Таблица 3

	$l_i$ , мм	$l_i - l_0$ , мм	$(l_i - l_0)^2$ , мм $^2$
	1 53,4	- 0,6	0,36
	1 54,6	+	0,36
	1 54,7	+	0,49
	1 55,0	+	1,00
	1 54,5	+	0,25
Сумма		+	2,46
		2,2	

Отсюда получаем

$$l = l_0 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (l_i - l_0) = 154,0 + \frac{1}{5} \cdot 2,2 = 154,0 + 0,44 = 154,44 \text{ мм}$$

и

$$l - l_0 = 0,44 \text{ мм},$$

$$\Delta S^2_1 = \frac{1}{n(n-1)} [ \sum_{i=1}^n (l_i - l_0)^2 - n(l - l_0)^2 ] = \frac{1}{5 \cdot 4} [ 2,46 - 5 \cdot 0,44^2 ] = 0,123 - 0,048 = 0,075 \text{ мм}^2,$$

$$\Delta S_1 = \sqrt{0,075} = 0,274 \text{ мм.}$$

### 3.12 Практическая работа № 14 (ПЗ-14) 2 часа

Тема: Выбор средств измерения

#### 3.12.1 Задание:

1. Определить, какие факторы влияют на выбор средства измерения.
2. Изучить порядок действия при выборе средства измерения.
3. По заданному варианту (приложение 1) выбрать средства измерения для гладкого цилиндрического сопряжения:
  - найти величину допускаемой погрешности измерения детали
  - определить предельную погрешность измерения
  - сопоставить величины предельной и допускаемой погрешностей измерения и решить вопрос о пригодности выбранного средства измерения.

#### Общие положения

При выборе средства измерения детали необходимо учитывать следующие факторы:

величину допуска на изготовление измеряемого размера; номинальный размер; допускаемую погрешность измерения этого размера; общий контур детали; способ производства при изготовлении данной детали; предельную (полную) погрешность измерения.

Для оценки пригодности выбранного средства измерения сопоставляют величину допускаемой погрешности измерения контролируемого размера, определенную по приложению 2, с предельной величиной погрешности измерения этим средством, установленной по приложению 3.

Если предельная погрешность измерения выбранным средством не превышает допускаемой погрешности измерения при оценке годности измеряемого размера, то данное средство можно применить для измерения.

Погрешность средства измерения - это разность между показанием данного средства измерения и действительным размером измеренной величины.

Порядок действия при выборе средства измерения для линейных размеров:

1. Определяют по чертежу детали номинальный размер, величины предельных отклонений измеряемого элемента детали. Подсчитывают величину допуска размера в МКМ.
2. Находят величину допускаемой погрешности измерения детали (приложение 2) по величине допуска и номинальному размеру.

3. Выбирают средство измерения по таблицам предельных погрешностей измерения (по приложению 3) и записывают его наименование, диапазон измерения, цену деления шкалы и величину предельной погрешности измерения этим средством.

4 Сопоставляют величины предельной и допускаемой погрешностей измерения и решают вопрос о пригодности выбранного средства измерения в данных условиях производства.

#### Содержание работы

1. Для размеров заданного соединения (приложение 1) определить значение элементов, характеризующих их точность, и записать их в табл. 1
  - по таблицам ГОСТ 25347-82 определить значение предельных отклонений.
  - величину допуска определить по формулам:  
$$TD = ES - EI$$
, для отверстия

(1)

где  $ES$  и  $EI$  - верхнее и нижнее отклонения отверстия

$$Td = es - ei, \text{ для валов}$$

(2)

где  $es$  и  $ei$  - верхнее и нижнее отклонения вала

2. По таблице ГОСТ 8.051 - 81 (приложение 2) установить значение допускаемой погрешности измерения для отверстия и вала и записать их в таблицу 1.

4. Выбрать средство измерения по таблицам предельных погрешностей измерения (по приложению 3), чтобы при этом выполнялось условие:

$$\pm \Delta l_{irn} < 8,$$

(3)

где  $\pm \Delta l_{irn}$  - предельная погрешность измерения выбранного средства, мкм;  
 $8$  - допускаемая погрешность измерения, мкм

5. Выбранные измерительные средства и их характеристики записать в таблицу 2.

6. Сделать вывод о пригодности выбранных средств измерения.

Деталь	Условное обозначение размера	Размер отклонениями, мм	с	Величина допуска, мкм	Допускаемая погрешность измерения 8, мкм
отверстие					
вал					

Таблица 1- Параметры деталей

Таблица 2- Характеристика выбранных СИ

Деталь	Наименование измерительного средства	Пределы измерения, мм	Точность отсчета (цена деления), мм	Предельная погрешность ( $\pm Alim$ ), мкм
Отверстие				
Вал				

Наименование прибора	Настройки по концевым мерам класса точности	Интервалы размеров, мм							
		-10	0-	10-80	50-120	80-180	100-260	180	
		0	5	0	120	80	180	0	
значения $\pm A_{\text{Ц}_{\text{т}}}$ , мкм									
Оптиметр горизонтальный при измерении валов	0 1	,35	,5 0,6	,6 0,8	,8 1,0	,9 1,2	0 2	1,8	
	2	,7	,0	,3	,6	,8	1 4	2	
Оптиметр горизонтальный при измерении отверстий	0 1	,9	,1	,3	,4	1 5	1	1	
	2	,0	,3	,6	,8	1 2,2	2 2	2	
Индикаторный нутромер с индикатором 0-го класса точности при работе в пределах одного оборота стрелки с ценой деления 0,01 мм	3	1	1	1 2	1 2	1 3	1	1	14
	3	6	7	1 7	1 7	1 8	1	1	18
Индикаторный нутромер с индикатором 1-го класса точности при работе в пределах одного оборота стрелки с ценой деления 0,01 мм	2	,5	,5	,5	,5	,5	,5	,5	7
Индикаторный нутромер с ценой деления 0,001 и 0,002 мм									5

Наименование прибора	Настройные по концевым мерам класса точности	Интервалы размеров, мм							
		-10	1 0-50-	1 0-80	5 0- 120	8 20- 180	1 80- 260		
		значения $\pm A_{lim} \text{МКМ}$							
Рычажная скоба с ценой деления 0,002 мм	2 3	3 3,5	3 3,5	3 4,0	3 4,5	3 4,5	6 -		
Микрометр 0-го класса	-	,5	4 ,5	5 ,0	6	7	8		-
Микрометр 1-го класса	-		7	8	9 0	1 2	7		-
Микрометр 2-го класса	-	2 3	1 4	1 5	1 5	1 8	7		-
Штихмасс 1-го класса (микрометрический нутrometer)	-		-	i 8	1 0	2 2	2 4	2 4	2 4
Штангенциркуль с отсчетом 0,02 мм									
- при измерении вала	-	0	4 0	4 5	4 5	4 5	4 0	4 5	5
- при измерении отверстия	-	0	5 0	6 0	6 0	6 5	6 5	6 5	6
Штангенциркуль с отсчетом 0,05 мм									
- при измерении вала	-	0	8 0	8 0	9 00	1 00	1 00	1 00	1
- при измерении отверстия	-	00	1 30	1 30	1 50	1 50	1 50	1 50	1

### **3.13 Практическая работа № 15 (ПЗ-15) 2 часа**

**Тема:** Метрологическая аттестация средств измерения

#### **3.13.1 Задание:**

1. Изучить основные положения метрологической аттестации средств измерений
2. Изучить правила проведения поверки СИ.
3. Изучить правила проведения калибровки СИ.
4. Ответить на вопросы преподавателя по данной тематике.

#### **Общие положения**

Государственный метрологический контроль и надзор (ГМКиН) обеспечивается Государственной метрологической службой для проверки соответствия нормам законодательной метрологии, утвержденным Законом РФ «Об обеспечении единства измерений», государственными стандартами и другими нормативными документами.

#### **Государственный метрологический контроль и надзор распространяется на:**

- 1) средства измерений;
- 2) эталоны величин;
- 3) методы проведения измерений;
- 4) качество товаров и другие объекты, утвержденные законодательной метрологией.

#### **Область применения Государственного метрологического контроля и надзора распространяется на:**

- 1) здравоохранение;
- 2) ветеринарную практику;
- 3) охрану окружающей среды;
- 4) торговлю;
- 5) расчеты между экономическими агентами;
- 6) учетные операции, осуществляемые государством;
- 7) обороноспособность государства;
- 8) геодезические работы;
- 9) гидрометеорологические работы;
- 10) банковские операции;
- 11) налоговые операции;
- 12) таможенные операции;
- 13) почтовые операции;
- 14) продукцию, поставки которой осуществляются по государственным контрактам;
- 15) проверку и контроль качества продукции на выполнение обязательных требований государственных стандартов Российской Федерации;
- 16) измерения, которые осуществляются по запросам судебных органов, прокуратуры и других государственных органов;
- 17) регистрацию спортивных рекордов государственного и международного масштабов.

Необходимо отметить, что неточность и недостоверность измерений в непроизводственных сферах, таких как здравоохранение, могут повлечь за собой серьезные последствия и угрозу безопасности. Неточность и недостоверность измерений в сфере торговых и банковских операций, например, могут вызвать огромные финансовые потери как отдельных граждан, так и государства.

#### **Объектами Государственного метрологического контроля и надзора могут являться, например, следующие средства измерений:**

- 1) приборы для измерения кровяного давления;
- 2) медицинские термометры;
- 3) приборы для определения уровня радиации;

- 4) устройства для определения концентрации окиси углерода в выхлопных газах автомобилей;
- 5) средства измерений, предназначенные для контроля качества товара.

В Законе Российской Федерации установлено три вида государственного метрологического контроля и три вида государственного метрологического надзора.

**Виды государственного метрологического контроля:**

- 1) определение типа средств измерений;
- 2) поверка средств измерений;
- 3) лицензирование юридических и физических лиц, занимающихся производством и ремонтом средств измерений. Виды государственного метрологического надзора:

**Виды государственного метрологического надзора:**

- 1) за изготовлением, состоянием и эксплуатацией средств измерений, аттестованными методами выполнения измерений, эталонами единиц физических величин, выполнением метрологических правил и норм;
- 2) за количеством товаров, которые отчуждаются в процессе торговых операций;
- 3) за количеством товаров, расфасованных в упаковки любого вида, в процессе их фасовки и продажи.

**Поверка средств измерений** - совокупность операций, выполняемых органами государственной метрологической службы (другими уполномоченными на то органами, организациями) с целью определения и подтверждения соответствия средства измерений установленным техническим требованиям.

**Существуют следующие виды поверок:**

**Первичная поверка** - проводится для средств измерений утвержденных типов при выпуске их из производства, после ремонта, при ввозе из-за границы. При утверждении типа средств измерений единичного производства на каждое из них оформляется сертификат об утверждении типа; первичную поверку данные средства измерений не проходят.

**Периодическую поверку** проводят для средств измерений, находящихся в эксплуатации, через определённые межповерочные интервалы. Необходимость поверки обусловлена возможностью утраты измерительным средством метрологических показателей из-за временных и других воздействий.

**Внеочередную поверку** проводят: при необходимости подтверждения пригодности средства измерений к применению; в случае применения средства измерений, в качестве комплектующего по истечении половины межповерочного интервала; в случае повреждения клейма или утери свидетельства о поверке; при вводе в эксплуатацию после длительной консервации (более одного межповерочного интервала); при отправке средств измерений потребителю после истечения половины межповерочного интервала.

**Экспертную поверку** проводят при возникновении разногласий по вопросам, относящимся к метрологическим характеристикам, исправности средств измерений и пригодности их к применению.

**Инспекционную поверку** выполняют в рамках государственного надзора или ведомственного контроля, для контроля качества первичных или периодических поверок и определения пригодности средств измерений к применению.

**Калибровка средства измерений** - это совокупность операций, выполняемых калибровочной лабораторией с целью определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик и (или) пригодности средства измерений к применению в сферах, не подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору в соответствии с установленными требованиями.

**Методы поверки (калибровки) и поверочные схемы.** Допускается применение четырех методов поверки (калибровки) средств измерений: непосредственное сличение с

эталоном; сличение с помощью компаратора; прямые измерения величины; косвенные измерения величины.

**Метод непосредственного сличения** поверяемого (калибруемого) средства измерения с эталоном соответствующего разряда широко применяется для различных средств измерений в таких областях, как электрические и магнитные измерения, для определения напряжения, частоты и силы тока. В основе метода лежит проведение одновременных измерений одной и той же физической величины поверяемым (калибруемым) и эталонным приборами. Достоинства этого метода в его простоте, наглядности, возможности применения автоматической поверки (калибровки), отсутствии потребности в сложном оборудовании.

**Метод сличения с помощью компаратора** основан на использовании прибора сравнения, с помощью которого сличаются поверяемое (калибруемое) и эталонное средства измерения. Достоинством данного метода специалисты считают последовательное во времени сравнение двух величин.

**Метод прямых измерений** применяют, когда имеется возможность сличить испытуемый прибор с эталонным в определенных пределах измерений. В целом этот метод аналогичен методу непосредственного сличения, но методом прямых измерений производится сличение на всех числовых отметках каждого диапазона (и поддиапазонов, если они имеются в приборе). Метод прямых измерений применяют, например, для поверки или калибровки вольтметров постоянного электрического тока.

**Метод косвенных измерений** используется, когда действительные значения измеряемых величин невозможно определить прямыми измерениями либо когда косвенные измерения оказываются более точными, чем прямые. Этим методом определяют вначале не искомую характеристику, а другие, связанные с ней определенной зависимостью. Искомую характеристику рассчитывают.

Для обеспечения правильной передачи размеров единиц измерения от эталона к рабочим средствам измерения составляют поверочные схемы, устанавливающие метрологические соподчинения государственного эталона, разрядных эталонов и рабочих средств измерений.

Схемы передачи информации о размерах единиц при их централизованном воспроизведении называют поверочными.

**Поверочная схема** - это утвержденный в установленном порядке документ, регламентирующий средства, методы и точность передачи размера единицы физической величины от государственного эталона или исходного образцового средства измерений рабочим средствам измерений.

Поверочная схема может быть: государственной и локальной.

**Государственная поверочная схема** устанавливает передачу информации о размере единицы в масштабах страны. Она возглавляется государственными или специальными эталонами.

**Локальные поверочные схемы** в отличие от государственных поверочных разрабатываются метрологическими службами предприятия и организации.

Рассмотрим в общем виде содержание государственной поверочной схемы. Наименование эталонов и рабочих средств измерений обычно располагают в прямоугольниках (для государственного эталона прямоугольник двухконтурный). Здесь же указывают метрологические характеристики для данной ступени схемы. В нижней части схемы расположены рабочие средства измерений, которые в зависимости от их степени точности (т.е. погрешности измерений) подразделяют на пять категорий: наивысшей, высшей, высокой, средней, низшей. Наивысшая точность обычно соизмерима со степенью погрешности средства измерения государственного эталона. В каждой ступени поверочной схемы регламентируется порядок (метод) передачи размера единицы. Наименования методов поверки (калибровки) располагаются в овалах, в которых также указывается допускаемая погрешность метода поверки (калибровки).

### **3.13 Практическая работа № 16,17 (ПЗ-16,17) 4 часа**

**Тема:** Структура метрологического обеспечения единства измерений.

#### **3.13.1 Задание:**

1. Изучить организационные, научные основы метрологического обеспечения.
2. Изучить структуру метрологических служб и организации.
3. Изучить функции национального органа РФ по метрологии.
4. Ответить на вопросы по данной тематике.

#### **Общие положения**

Единство измерений означает, что результаты измерений выражены в узаконенных единицах, а погрешности известны с заданной вероятностью.

Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ) – комплекс государственных стандартов, устанавливающих правила, требования и нормы по организации и методике оценивания и обеспечения точности измерений.

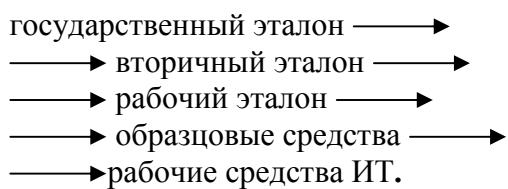
Основные положения ГСИ:

- результаты измерений должны выражаться в принятой системе единиц (системе СИ);
- форма представления результатов измерений должна содержать показатели точности;
- средства ИТ подлежат испытаниям при выпуске и обязательной поверке при эксплуатации.

Поверка – установление соответствия средств ИТ нормативным техническим требованиям.

Цель поверки – определение погрешностей и других метрологических характеристик, регламентированных ТУ.

Поверочные схемы для передачи размера единицы физической величины:



#### **Организационные, научные основы метрологического обеспечения предприятий.**

Под метрологическим обеспечением (МО) понимается установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений. Основной тенденцией в развитии МО является переход от существовавшей ранее сравнительно узкой задачи обеспечения единства и требуемой точности измерений к принципиально новой задаче обеспечения качества измерений. Качество измерений – понятие более широкое, чем точность измерений. Оно характеризует совокупность свойств СИ, обеспечивающих получение в установленный срок результатов измерений с требуемой точностью

(размером допускаемых погрешностей), достоверностью, правильностью, сходимостью и воспроизводимостью.

Понятие «метрологическое обеспечение» применяется, как правило, по отношению к измерениям (испытанию, контролю) в целом. В то же время допускают использование термина «метрологическое обеспечение технологического процесса (производства, организации)», подразумевая при этом МО измерений (испытаний или контроля) в данном процессе, производстве, организации.

Объектом МО являются все стадии жизненного цикла (ЖЦ) изделия (продукции) или услуги. Под ЖЦ понимается совокупность последовательных взаимосвязанных процессов создания и изменения состояния продукции от формулирования исходных требований к ней до окончания эксплуатации или потребления.

Так, на стадии разработки продукции для достижения высокого качества изделия производится выбор контролируемых параметров, норм точности, допусков, средств измерения, контроля и испытания. Так же осуществляется метрологическая экспертиза конструкторской и технологической документации.

При разработке МО необходимо использовать системный подход, суть которого состоит в рассмотрении указанного обеспечения как совокупности взаимосвязанных процессов, объединённых одной целью- достижением требуемого качества измерений.

Такими процессами являются:

- установление рациональной номенклатуры измеряемых параметров и оптимальных норм точности измерений при контроле качества продукции и управлении процессами;
- технико-экономическое обоснование и выбор СИ, испытаний и контроля и установление их рациональной номенклатуры;
- стандартизация, унификация и агрегатирование используемой контрольно-измерительной техники;
- разработка, внедрение и аттестация современных методик выполнения измерения, испытаний и контроля (МВИ);
- поверка, метрологическая аттестация и калибровка контрольно-измерительного и испытательного оборудования (КИО), применяемого на предприятии;
- контроль за производством, состоянием, применением и ремонтом КИО, а также за соблюдением метрологических правил и норм на предприятии;
- участие в разработке и внедрении стандартов предприятия;
- внедрение международных, государственных и отраслевых стандартов, а также иных нормативных документов Госстандарта;
- проведение метрологической экспертизы проектов нормативной, конструкторской и технологической документации;
- проведение анализа состояния измерений, разработка на его основе и осуществление мероприятий по совершенствованию МО;
- подготовка работников соответствующих служб и подразделений предприятия к выполнению контрольно-измерительных операций.

Метрологическое обеспечение имеет четыре основы: научную, организационную, нормативную и техническую. Отдельные аспекты МО рассмотрены в рекомендации МИ 2500-98 по метрологическому обеспечению малых предприятий. Разработка и проведение мероприятий МО возложено на метрологические службы (МС). Метрологическая служба-служба, создаваемая в соответствии с законодательством для выполнения работ по обеспечению единства измерений и осуществления метрологического контроля и надзора.

### **Национальный орган РФ по метрологии.**

Национальный орган по метрологии – это Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (РОССТАНДАРТ), которое входит в систему федеральных

органов исполнительной власти Российской Федерации и находится в ведении Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации; образовано в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 20 мая 2004 г. №649 «Вопросы структуры федеральных органов исполнительной власти».

РОССТАНДАРТ является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг, управлению государственным имуществом в сфере технического регулирования и метрологии. Оно осуществляет лицензирование деятельности по изготовлению и ремонту средств измерений, а также функции по государственному метрологическому контролю и надзору, а также контроль и надзор за соблюдением обязательных требований государственных стандартов и технических регламентов.

РОССТАНДАРТ осуществляет свою деятельность непосредственно через свои территориальные органы и через подведомственные организации.

РОССТАНДАРТ осуществляет руководство Государственной метрологической службой(ГМС), которая несёт ответственность за метрологическое обеспечение измерений в стране на межотраслевом уровне, и государственный метрологический контроль и надзор.

В состав ГМС входят:

Государственные научные метрологические центры(ГНМЦ), метрологические научно-исследовательские институты, несущие в соответствии с законодательством ответственность за создание, хранение и применение государственных эталонов, а также за разработку нормативных документов по обеспечению единства измерений в закреплённом виде измерений.

Основная деятельность органов ГМС направлена на обеспечение единства измерений в стране. Она включает создание государственных и вторичных эталонов, разработку систем передачи размеров единиц ФВ рабочим СИ, государственный надзор за производством, состоянием, применением, ремонтом СИ, метрологическую экспертизу документации и важнейших видов продукции, методическое руководство МС юридических лиц;

Органы Государственной метрологической службы на территории республик в составе Российской Федерации, автономной области, автономных округов, краев, областей, городов Москвы и Санкт-Петербурга.

ГМС взаимодействует с другими государственными службами по обеспечению единства измерений, а именно:

Государственная служба времени и частоты и определения параметров вращения Земли(ГСВЧ)- сеть организаций, ответственных за воспроизведение и хранение единиц времени и частоты и передачу их размеров, а также за обеспечение потребителей в народном хозяйстве информацией о точном времени, за выполнение измерений времени и частоты в установленных единицах и шкалах;

Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов(ГССО)- сеть организаций, ответственных за создание и внедрение стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов с целью обеспечения единства измерений;

Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов(ГСССД)-сеть организаций, ответственных за получение и информационное обеспечение заинтересованных лиц данными о физических константах и свойствах веществ и материалов, основанных на исследованиях и высокочастотных измерениях.

### **3.14 Практическая работа №18 (ПЗ-18) 2 часа**

**Тема:** Изучение закона «Об обеспечении единства измерения»

#### **3.14.1 Задание:**

1. Изучить основные положения закона «Об обеспечении единства измерения».
2. Ответить на вопросы по данной тематики.

#### **Общие положения**

В 1993 г. принят Закон РФ «Об обеспечении единства измерений». До того, по существу, не было законодательных норм в области метрологии. Правовые нормы устанавливались постановлением Правительства (№ 273 от 04.04.83), и действовала централизованная система управления государственными и ведомственными метрологическими службами. По сравнению с положениями этих постановлений Закон установил немало нововведений – от терминологии до лицензирования метрологической деятельности в стране.

Рассмотрим основные положения Закона «Об обеспечении единства измерений».

#### **Цели Закона состоят в следующем:**

-защита прав и законных интересов граждан, установленного правопорядка и экономики Российской Федерации от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений;

-содействие научно-техническому и экономическому прогрессу на основе применения государственных эталонов единиц величин и использования результатов измерений гарантированной точности, выраженных в допускаемых к применению в стране единицах;

-создание благоприятных условий для развития международных и межфирменных связей;

-регулирование отношений государственных органов управления РФ с юридическими и физическими лицами по вопросам изготовления, выпуска, эксплуатации, ремонта, продажи и импорта средств измерений;

-адаптация российской системы измерений к мировой практике.

#### **Основные статьи Закона устанавливают:**

-организационную структуру государственного управления обеспечением единства измерений;

-нормативные документы по обеспечению единства измерений;

-единицы величин и государственные эталоны единиц величин;

-средства и методики измерений.

Закон «Об обеспечении единства измерений» укрепляет правовую базу для международного сотрудничества в области метрологии, принципами которого являются:

-поддержка приоритетов международных договорных обязательств;

-содействие процессам присоединения России к ВТО;

-сохранение авторитета российской метрологической школы в международных организациях;

-создание условия для взаимного признания результатов испытаний, поверок и калибровок в целях устранения технических барьеров в двухсторонних и многосторонних внешнеэкономических отношениях.