

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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.Б.12 Метрология, стандартизация и сертификация**

**Направление подготовки 35.03.06 «Агроинженерия**

**Профиль образовательной программы «Электрооборудование и электротехнологии»**

**Форма обучения заочная**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Лекция №1</b> Предмет, задачи и методика изучения курса "Метрология, стандартизация и сертификация. Основы метрологии. ....	3
<b>1.2 Лекция №2</b> Обеспечение единства измерений. Организационное обеспечение единства измерений .....	11
<b>1.3 Лекция №3</b> Основы взаимозаменяемости, ЕСДП .....	16
<b>1.4 Лекция №4</b> Основные положения в области подтверждения соответствия .....	22
<b>2. Методические материалы по выполнению лабораторных работ .....</b>	<b>30</b>
<b>2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 «Назначение, устройство плоскопараллельных концевых мер длины (ПКМД), предельных калибров» .....</b>	<b>30</b>
<b>2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 «Назначение, устройство и эксплуатация штангенинструментов» .....</b>	<b>44</b>
<b>2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 «Назначение, устройство и эксплуатация микрометрических инструментов» .....</b>	<b>54</b>
<b>2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 «Устройство и эксплуатация индикаторных нутрометров» .....</b>	<b>64</b>
<b>2.5 Лабораторная работа №5 «Измерение углов угломером с нониусом типа 1(мод. УМ) и типа 2 (мод. УН)» .....</b>	<b>71</b>

# 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

## 1. 1 Лекция №1 (2 часа).

Тема: «Предмет, задачи и методика изучения курса "Метрология, стандартизация и сертификация. Основы метрологии»

### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Введение. История развития метрологии. Международная система единиц SI.
2. Проверка и калибровка СИ.
3. Метрологические службы и организации РФ.

### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

#### 1. Введение. История развития метрологии. Международная система единиц SI.

**Метрология** – наука об измерениях физических величин, методах и средствах измерения их единства и способах достижения требуемой точности.

- **Задачи метрологии.**
- Установление единиц физических величин
- Установление государственных эталонов
- Разработка теорий, методов, средств измерения и контроля
- Разработка методов оценки погрешностей, состояния средств измерения и контроля
  - Создание автоматизированных измерительных систем, обладающих высокой точностью, быстродействием и надежностью.

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

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.

#### Эталоны основных электрических величин

Основной единицей электрических величин является сила- тока(A).

Производные от ампера единицы электрических величин:

1. единица электродвижущей силы (ЭДС) и электрическое напряжение-вольт (В)
2. единица частоты -герц (Гц)
3. единица электрического сопротивления –ом (Ом)
4. единица индуктивности и взаимной индуктивности двух катушек – генри (Гн)
5. единица электрической емкости -фарад (Ф)

Метрологическая суть измерения сводится к основному уравнению измерения( основному уравнению метрологии):

$$A=kA_0(1)$$

где A –значение измеряемой физической величины;  $A_0$  - значение величины, принятой за образец; k-отношение измеряемой величины к образцу.

## **Классификация измерений по общим приемам получения результатов измерений:**

- 1.прямые измерения
- 2.косвенные измерения
- 3.совместные измерения
- 4.совокупные измерения

**Прямыми-** измерение, когда искомое значение физической величины находится непосредственно из опытных данных.

**Косвенным-** измерение, при котором искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям(например, измерение мощности методом амперметра-вольтметра).

**Совокупными-** проводимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых их значения находят решением системы уравнений, получаемых при прямых и косвенных измерениях различных сочетаний этих величин.

**Совместными-** проводимые одновременно измерения двух или нескольких неодноименных величин для установления зависимости между ними.

### **Основные методы и принципы измерений.**

**Принцип измерений** – это совокупность физических явлений, на которые основаны измерения.

Принципом измерения, например, является использование:

силы тяжести при измерении массы взвешивания;

эффекта Доплера для измерения скорости;

термоэлектрического эффекта для измерений электрической мощности на сверхвысоких частотах (СВЧ).

спектральных характеристик оптического излучения для измерения высоких температур;

поворота катушки с током в магнитном поле для измерения силы тока в электрической цепи и др.

Всего в физике известно около 1500 различных эффектов, которые положены в основу принципа работы различных измерительных преобразователей, предназначенных для измерений тех или иных физических величин.

### **Различают 2 метода измерения:**

- 1.метод непосредственной оценки
- 2.метод сравнения с мерой.

**Метод непосредственной оценки** – значение величины определяется непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора.

**Для этого необходимо, чтобы диапазон показаний шкалы был больше значения измеряемой величины.**

ДП>L

(2)

При методе непосредственной оценки (НО) настройку прибора на нуль производят по базовой поверхности прибора. Под действием различных факторов (изменения температуры, влажности, вибраций и т.д.) может произойти смещение нуля. Поэтому периодически необходимо производить проверку и соответствующую регулировку.

### **Метод сравнения делится:**

- 1.нулевой метод
- 2.дифференциальный метод
- 3.метод замещения

**Метод сравнения** – измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. При измерении методом сравнения с мерой результатом наблюдения является отклонение измеряемой величины от значения меры.

Значение измеряемой величины получают алгебраическим суммированием значения меры и отклонения от этой меры, определенного по показанию прибора.

$$L=M+\Pi \quad (3)$$

## 2. Международная система единиц SI

**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).

**Таблица1 - Единицы Международной системы СИ**

Наименование величины	Наименование единицы
<b>Основные единицы</b>	
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

**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 на каждом участке проводника длиной 1 метр. **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-стерадиан)

## 2. Проверка и калибровка СИ

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

### **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.

Поверка 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 Госстандарта 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 исковую характеристику, а другие, связанные с ней определенной зависимостью. Исковую 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 организаций.

Рассмотрим в общем виде содержание государственной поверочной схемы (см. слайд 3). 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. Метрологические службы и организации РФ**

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, организаций)», 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 агрегирование 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 по метрологии (РОССТАНДАРТ) 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.

**Метрологические службы юридических лиц.** В соответствии с Законом «Об обеспечении единства измерений» на предприятии для обеспечения метрологического обеспечения (МО) может быть создана метрологическая служба (МС) во главе с представителем администрации, обладающим соответствующими знаниями и полномочиями. При выполнении работ в сферах государственного метрологического надзора и контроля создание МС обязательно.

МС создаётся для научно-технического и организационно-методического руководства работами по МО в соответствии с Положением о МС, которое разрабатывается по правилам, изложенным в ПР 50-732-93. Этот документ определяет структуру МС и её звеньев, их задачи, обязанности и права.

МС юридических лиц- самостоятельные структурные подразделения, в состав которых могут входить калибровочные и поверочные лаборатории, а также подразделения по ремонту СИ. МС должны быть аккредитованы в соответствии с ПР 50.2.013-97, где регламентирован порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право аттестации методик выполнения измерений и проведения метрологической экспертизы документов.

При аккредитации проверке подлежит наличие условий, обеспечивающих техническую компетентность МС в реализации возложенных на неё функций в области обеспечения единства измерений. Условия аккредитации предполагают наличие:

оборудования, необходимого для проведения работы в области аккредитации;

нормативных документов ГСИ и других нормативных документов в области аккредитации;

достаточного по численности и квалификации (в области аккредитации) персонала;

помещений для проведения метрологических работ. Аккредитацию проводят на срок, не превышающий 5 лет.

Регистрирует аккредитованные МС юридических лиц ВНИИМС.

## **1.2 Лекция №2 (2 часа).**

**Тема:** «Обеспечение единства измерений. Организационное обеспечение единства измерений.»

### **1.2.1 Вопросы лекции**

1. Правовые основы единства измерений. Основные положения закона РФ «Об обеспечении единства измерения».
2. Метрологическая аттестация и поверка средств измерения.

3. Калибровка средств измерения.
4. Государственный метрологический контроль и надзор.

### **1.2.2 Краткое содержание вопросов:**

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

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 точностьюю 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.

Система воспроизведения и передачи размеров единиц и шкал физических величин от эталонов ко всем СИ.

Различают децентрализованное и централизованное воспроизведение единиц.

При децентрализованном единицы воспроизводятся там, где выполняются измерения ( $m^2$  и др. производные физические величины).

При централизованном информация о единицах передаётся с места их централизованного хранения и воспроизведения с помощью специальных технических средств, называемых эталонами.

Основные единицы (секунда, метр, килограмм, кельвин, кандела, ампер и моль) воспроизводятся только централизованно.

Эталон единицы величины - средство измерений, предназначенное для воспроизведения и хранения единицы величины (кратных либо дольных значений единицы величины) с целью передачи ее размера другим средствам измерений данной величины.

От эталона единица величины передается разрядным эталонам, а от них – рабочим средствам измерений.

Эталоны классифицируют на первичные, вторичные и рабочие. Первичный эталон - это эталон, воспроизводящий единицу физической величины с наивысшей точностью, возможной в данной области измерений на современном уровне научно-технических достижений. Первичный эталон может быть национальным (государственным) и международным. Государственный эталон единицы величины - эталон единицы величины, признанный решением уполномоченного на то государственного органа в качестве исходного на территории Российской Федерации.

Международные эталоны хранит и поддерживает Международное бюро мер и весов (МБМВ). Важнейшая задача деятельности МБМВ состоит в систематических международных сличениях национальных эталонов крупнейших метрологических лабораторий разных стран с международными эталонами, а также и между собой, что необходимо для обеспечения достоверности, точности и единства измерений как одного из условий международных экономических связей.

Сличению подлежат как эталоны основных величин системы SI, так и производных. Установлены определенные периоды сличения. Например, эталоны метра и килограмма сличают каждые 25 лет, а электрические и световые эталоны - один раз в 3 года.

Вторичные эталоны могут утверждать Федеральное агентство по техническому регулированию (бывший Госстандарт РФ) или государственные научные метрологические центры, что связано с особенностями их использования. Среди вторичных эталонов различают: эталоны свидетели, предназначенные для проверки сохранности государственного эталона и замены его в случае порчи или утраты; эталоны сравнения, применяемые для сличения эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличен друг с другом; эталоны-копии, используемые для передачи информации о размере рабочим эталонам.

Рабочие эталоны воспринимают размер единицы от вторичных эталонов и, в свою очередь, служат для передачи размера или эталону более низкого разряда и рабочим средствам измерений. Каждый эталон состоит из воспроизводящей части и приспособлений или устройств, обеспечивающих съём и передачу информации о размере единицы.

- **Метрологическая аттестация и 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, - поверка 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. Поверка 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.
  - Поверку 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 выписываются 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 межпроверочные 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 межпроверочного интервала; в случае повреждения клейма или утери свидетельства о поверке; при вводе в эксплуатацию после длительной консервации (более одного межпроверочного интервала); при отправке средств измерений потребителю после истечения половины межпроверочного 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 средств измерения.**

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).

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.

Поверка 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 аккредитирующему органу".

Порядок аккредитации метрологической службы утвержден постановлением Госстандарта 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.

- **Государственный метрологический контроль и надзор.**

Государственный метрологический контроль и надзор осуществляется с целью проверки соблюдения метрологических правил и норм, распространяется на следующие сферы деятельности:

- здравоохранение, ветеринарную, охрану окружающей среды, обеспечение безопасности труда;
- торговые операции и взаимные расчеты между покупателем и продавцом, в том числе на операции с применением игровых автоматов и устройств;
- государственные учетные операции;
- обеспечение обороны государства;
- банковские, налоговые, таможенные и почтовые операции;
- производство продукции, поставляемый по контрактам для государственных нужд в соответствии с законодательством РФ;
- обязательная сертификация продукции и услуг;
- измерения, проводимые по поручению органов суда, прокуратуры, арбитражного суда, государственных органов управления РФ;
- выдача обязательных предписаний, направленных на предотвращение, прекращение или устранение нарушения метрологических правил и норм;

Государственный метрологический контроль включает:

- утверждение типа средств измерения
- проверку средств измерений, в том числе эталонов;
- лицензирование деятельности юридических и физических лиц по изготовлению, ремонту средств измерений.

Государственный метрологический надзор осуществляется в объединениях, на предприятиях, в организациях и учреждениях вне зависимости от их подчиненности и форм собственности в виде проверок выпуска, состояния и применения средств измерений, эталонов и соблюдения иных метрологических правил и норм. Это распространяется только на средства измерений, относящихся к сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора. Поэтому первоочередная задача каждого предприятия – составить перечень средств измерений, относящихся к этой классификационной группе т. е. подлежащих поверке.

Нормативными правовыми актами субъектов РФ метрологический надзор может быть распространен и на другие сферы деятельности.

### **1.3 Лекция №3 (2 часа).**

**Тема:** «Основы взаимозаменяемости, ЕСДП».

#### **1.3.1 Вопросы лекции:**

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

### 1.3.2 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.

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

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

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

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 стандартизировать 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:

$$\omega = c \sqrt{d}$$

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, являющейся 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 (International Tolerance — 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% (назематель 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 мама, равное нулю.

2. В пределах одного интервала размеров основные отклонения отвергши 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 Р до ZC валов от р 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 ниже, 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  $20j8$ ,  $\varnothing 40h10$ ,  $\varnothing 60V6$ , для отверстий  $\varnothing 20F8$ ,  $\varnothing 40H10$ ,  $\varnothing 60V6$ .

### **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 (cH) 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 ( $H$ ).

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

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

Например,  $\text{Ø}20H7/f6$  или  $\text{Ø}20H7/f6$  или, редко, через тире  $\text{Ø}20\text{H7-f6}$ .

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  $\text{Ø}80\text{G7/h6}$  в систему отверстия  $\text{Ø}80\text{H7/g6}$ .

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  $\pm t/2$ .

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,  $J_s$ 14, либо H14, h14,  $\pm t/2$ .

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-му квалитету». Допускаются условные обозначения дополнять текстом «Неуказанные предельные отклонения размеров: h14, H14,  $\pm t/2$

#### 1.4 Лекция №4 (2 часа).

**Тема:** «Основные положения в области подтверждения соответствия».

##### 1.4.1 Вопросы лекции:

1. Основные положения Закона РФ «О техническом регулировании».
- 2.Добровольное и обязательное подтверждения соответствия.
3. Цели, принципы, формы подтверждения соответствия.

##### 1.4.2 Краткое содержание вопросов:

###### 1. 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.

## **2. Добровольное и обязательное подтверждения соответствия.**

Законодательная база сертификации

Деятельность по сертификации в России законодательно регулируется и обеспечивается:

- законами РФ «О сертификации продукции и услуг», «О стандартизации», «Об обеспечении единства измерений», «О защите прав потребителей»;

- подзаконными актами, направленными на решение отдельных социально – экономических задач и предусматривающими использование для этой цели обязательной сертификации; указами Президента и нормативными актами Правительства РФ. Основополагающим документом РФ в области сертификации является закон «О сертификации продукции и услуг» № 5151 -1 от 10 июня 1993 года.

В дополнение к нему принят ФЗ № 154 «О внесении изменений и дополнений в закон РФ «О сертификации продукции и услуг» от 31 июля 1998 года.

Другими основополагающими законами регулирующими деятельность по сертификации в РФ является закон РФ № 5154-1 от 10 июня 1993 года «О стандартизации» и закон РФ № 4871-1 от 27 апреля 1993 года «Об обеспечении единства измерений»

### **Сущность обязательной и добровольной сертификации**

Сертификаци подразделяется на обязательную и добровольную.

**Обязательная сертификация** распространяется на продукцию и услуги, связанные с обеспечением безопасности окружающей среды, жизни, здоровья и имущества.

Работы по обязательной сертификации осуществляется органом по сертификации и испытательными лабораториями, аккредитованными в установленном порядке в рамках существующих систем обязательной сертификации.

Всего (по состоянию на 2002 год) зарегистрировано 18 самостоятельных систем обязательной сертификации продукции и услуг. Самая представительная и известная - Система обязательной сертификации ГОСТ Р, образованная и возглавляемая Госстандартом России. Головным органом этих систем являются государственные учреждения: Госстандарт, Гостехнадзор, Минсвязи, Минобороны и др.

### **Объекты обязательной сертификации**

#### **1.Продукция:**

Товары машиностроительного комплекса

Товары эл.технической, электронной и приборостроительной промышленности

Мед. техника

Товары легкой и пищевой промышленности

СИЗ

Изделия пиротехники

Ветеринарные и биологические препараты

Товары сырьевых отраслей

#### **2.Услуги:**

Бытовые

Пассажирского транспорта

Связи

Туристские и экскурсионные

Торговли

Общественного питания

Прочие

Добровольная сертификация проводится в тех случаях, когда строгое соблюдение требований существующих стандартов или другой нормативной документации на продукцию, услуги или процессы государством не предусмотрено, т.е. когда стандарты или нормы не касаются требований безопасности и носят добровольный характер для товаропроизводителя

### **Объекты добровольной сертификации**

#### **1.Продукция:**

производственно-технического направления

социально-бытового направления

**2.Персонал в области:**

оценки земли, недвижимости, автотранспорта  
сварки и др.

**3.Услуги:**

материальные  
нематериальные

**4.Системы качества предприятий:**

При проектировании, разработке

При производстве, монтаже, обслуживании

При контроле и испытании готовой продукции

В последние годы большое значение приобрела добровольная сертификация систем качества предприятий на соответствие требованиям международных стандартов серии ИСО 9000. В России они приняты как серия ГОСТ Р ИСО 9000. Для организационно-практической деятельности по сертификации систем качества Госстандарт РФ принял и ввел в действие ГОСТ Р 40.001-95 «Правила по проведению сертификации систем качества в РФ»

**При сертификации должны быть обеспечены:**

- добровольность;
- бездискриминационный доступ к участию в процессах сертификации;
- объективность оценок;
- воспроизводимость результатов оценок;
- конфиденциальность;
- информативность;
- специализация органов по сертификации систем качества (производств);
- проверка выполнений требований, предъявляемых к продукции в законодательно регулируемой сфере;
- достоверность доказательств со стороны заявителя соответствия системы качества нормативным требованиям;
- 

**Экологическая сертификация**

Цель экологической сертификации – стимулирование производителем к внедрению таких технологических процессов и разработке таких товаров, которые в минимальной степени загрязняют природную среду и дают потребителю гарантию безопасности продукции для его жизни, здоровья, имущества и среды обитания.

**Основные объекты экологической сертификации**

**Объекты окружающей природной среды (ОПС):**

- Природные объекты
- Природные ресурсы
- Природные компоненты

**Экологические информационные ресурсы, продукты и технологии**

- Информационные продукты в области экологии
- Базы и банки экологических данных
- Программные продукты в области экологии
- Экологические модели загрязнения по всем средам ОПС
- Экологические методики

**Техногенные источники загрязнения окружающей среды:**

- Производства, технологические процессы
- Отходы производства и потребления
- Коммуникационные комплексы, средства и объекты

**Продукция природоохранного назначения:**

- природоохранные технологии
  - природоохранные сооружения и продукция
- Экологические услуги:**

Другим важным вопросом экологической сертификации является состав участников, особенно если их роль определять в плане первой, второй и третьей сторон. Закон «О сертификации продукции и услуг» в данном случае может быть применен к тем объектам, которые относятся к продукции. Для других же необходим закон об экологической сертификации, которого пока в России нет.

Актуальная сфера экологической сертификации – отходы. Значительное продвижение отмечается в решении проблемы сертификации питьевой воды. В 1995 году принят Госстандарт «Качество воды. Вода питьевая. Контроль качества». Большое внимание уделяется оценке экологичности новых видов продукции и процессов. Также принят ГОСТ Р ИСО – 14004 «Системы управления качеством окружающей среды. Руководство по созданию и методам обеспечения».

В западноевропейских странах экологическая сертификация достаточно широко развита. Она дополняет обычную сертификацию и почти всегда носят обязательный характер. Во Франции, например, экосертификация сельскохозяйственной продукции учреждена в законодательном порядке в 1960 г. На основании ее введены экознаки как по видам продукции, так и у отдельных изготовителей или союзов производителей.



*Рис. 23.2. Экознак  
“Голубой ангел”*



*Рис. 23.3. Знак  
“Grüne Punkt” —  
“Зеленая точка”*



*Рис. 23.4. Экознак “Исследован на пригодность товара для пищевых продуктов”*



*Рис. 23.5. Знак, обозначающий выполнение изготавителем требований по сохранению озонового слоя Земли*



*Рис. 23.6. Знак “Ресайклинг”*



*Рис. 23.7. Экознак, проставляемый на бумаге, полученной из вторичного сырья (США)*



*Рис. 23.8. Знак опасности товара для окружающей среды*



*Рис. 23.9. Экознак Японской ассоциации по охране окружающей среды*

### **Знак обращения на рынке.**

Знак обращения на рынке- обозначение, служащее для информирования приобретателей о соответствии выпускаемой в обращение продукции требованиям технических регламентов.





Знак обращения на рынке.

### **3. Цели, принципы, формы подтверждения соответствия**

В условиях рыночной экономики, когда продукцию и услуги представляют предприятия различных форм собственности, наиболее эффективным способом гарантии, качества продукции и услуг, а точнее соответствия их установленным требованиям, является сертификация.

Это следует из сущности самого понятия сертификации и той организационной системы, которая создается для ее реализации. Понятие "сертификация соответствия" было сформулировано специальным Комитетом Совета Международной Организации по стандартизации (ИСО) по вопросам сертификации (СЕРТИКО) и включено в Руководство № 2 ИСО, выпущенное в ноябре 1982 г. Пересмотренное Руководство ИСО/МЭК 2, вышедшее как совместное издание ИСО и МЭК (Международная электротехническая комиссия) без существенных изменений воспроизводит определение этого понятия, Международная организация по стандартизации (ИСО) — InternationalOrganizationforStandartization - создана в 1947 году. Её целью является содействие стандартизации в мировом масштабе. В состав ИСО входят национальные органы по стандартизации. ИСО разрабатывает свои стандарты и другие документы на продукцию, терминологию, классификацию, организационную деятельность.

Документ "Руководство 2 ИСО/МЭК: 1996, Стандартизация и смежные виды деятельности — Общий словарь" (Русская версия —1999 г.) содержит следующие формулировки основных понятий, относящихся к сертификации.

**Оценка соответствия** — любая деятельность, связанная с прямым или косвенным определением того, что соответствующие требования выполняются.

**Третья сторона** — лицо или орган, признаваемые независимыми от участвующих сторон в рассматриваемом вопросе.

**Аkkредитация** — процедура, посредством которой признанный орган официально признает компетентность органа или лица выполнять конкретные работы,

**Испытание** - техническая операция, заключающаяся в определении одной или нескольких характеристик данной продукции, процесса или услуги в соответствии с установленной процедурой.

**Испытания типа** — испытания на соответствие продукции на основе одного или нескольких представительных образцов данной продукции.

**Сертификация** - процедура, посредством которой третья сторона документально удостоверяет, что продукция, процесс или услуга соответствуют заданным требованиям.

**Лицензия (по сертификации)** - документ, выданный в соответствии с правилами системы сертификации, посредством которого орган по сертификации наделяет лицо или орган правом использовать сертификаты или знаки соответствия для своей продукции, процессов или услуг согласно правилам соответствующей системе сертификации.

**Сертификат соответствия** — документ, выданный в соответствии с правилами системы сертификации и удостоверяющий то, что должностным образом идентифицированная

продукция, процесс или услуга соответствуют конкретному стандарту или другому нормативному документу.

**Знак соответствия** (по сертификации) — защищенный в установленном порядке знак, применяемый или выданный в соответствии с правилами системы сертификации и указывающий, что соответствующая продукция, процесс или услуга соответствует конкретному стандарту или другому нормативному документу.

Издание Руководства явилось обобщением опыта работы по сертификации, накопленного в разных странах, причем в некоторых странах длительность периода действия отдельных систем сертификации составляла не один десяток лет. Так в Германии в 1920 г. Немецким институтом стандартов (D1N) был учрежден знак соответствия стандартам D1N, который распространялся на все виды продукции, кроме той, для которой существовал специальный порядок проведения испытаний продукции и надзора за ее производством. Национальная система сертификации во Франции была создана в 1938 году. Организация и руководство системой было возложено на Французскую Ассоциацию по стандартизации (AFNOR). В основу системы были положены исключительно национальные стандарты, утвержденные AFNOR. Повсеместно национальные системы сертификации начали создаваться в шестидесятые годы. Во многих странах (Англия, Япония и др.) в настоящее время действует ряд национальных систем сертификации, в США действует множество систем, созданных при ассоциациях изготовителей, при частных компаниях.

Во многих странах национальные системы сертификации создавались с целью повышения качества экспортной продукции. На начальном этапе своего развития сертификация в нашей стране пошла по этому пути.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

### **2.1 Лабораторная работа № ЛР-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:

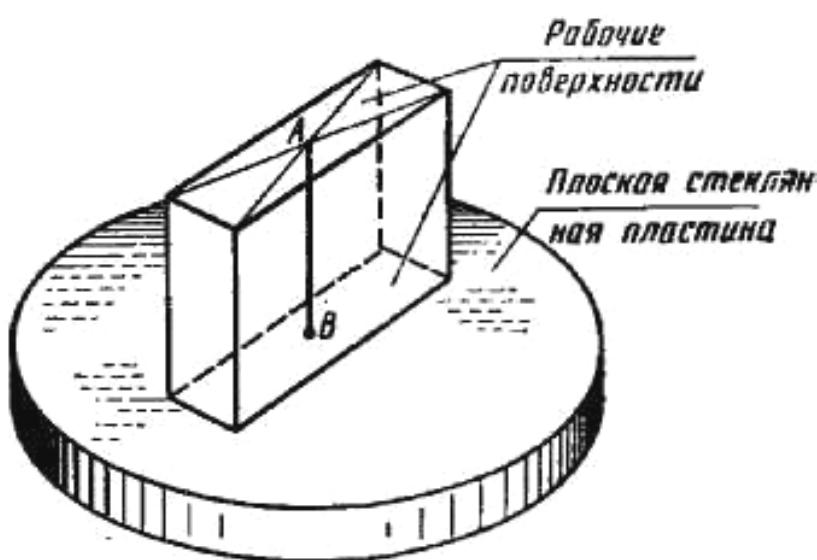
##### **Плоскопараллельные концевые меры длины (ПКМД)**

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.



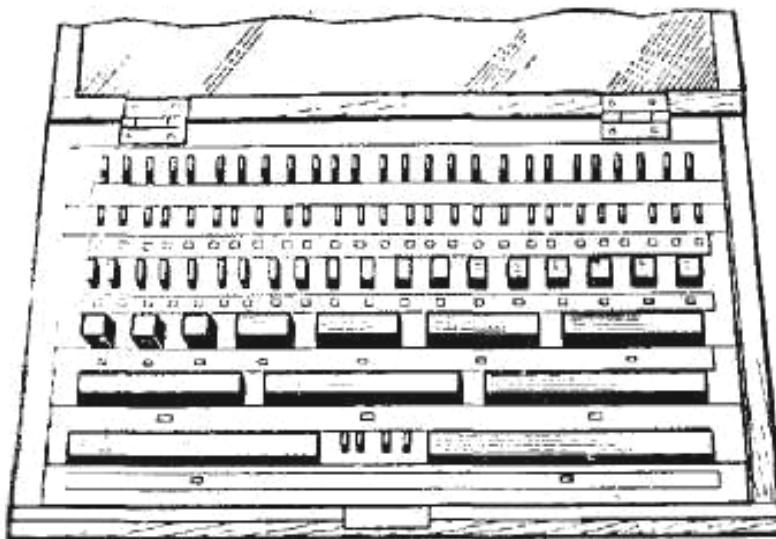
**Рис. 1.1. Рабочий размер концевой меры**

Особым свойством ПКМД является их притираемость – свойство измерительных поверхностей концевых мер обеспечивать прочное сцепление между собой, а также с металлической, стеклянной или кварцевой пластинами 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*

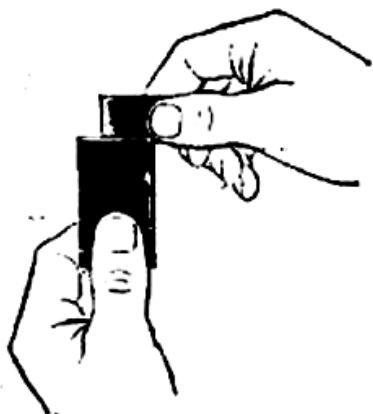
Определение номинальных размеров мер для составления блока ПКМД начинают с концевой меры, у которой размер совпадает несколькими (или одной) последними цифрами с размером блока. Затем из размера блока вычтывают размер первой меры и берут вторую меру, совпадающую несколькими (или одной) последними цифрами 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).



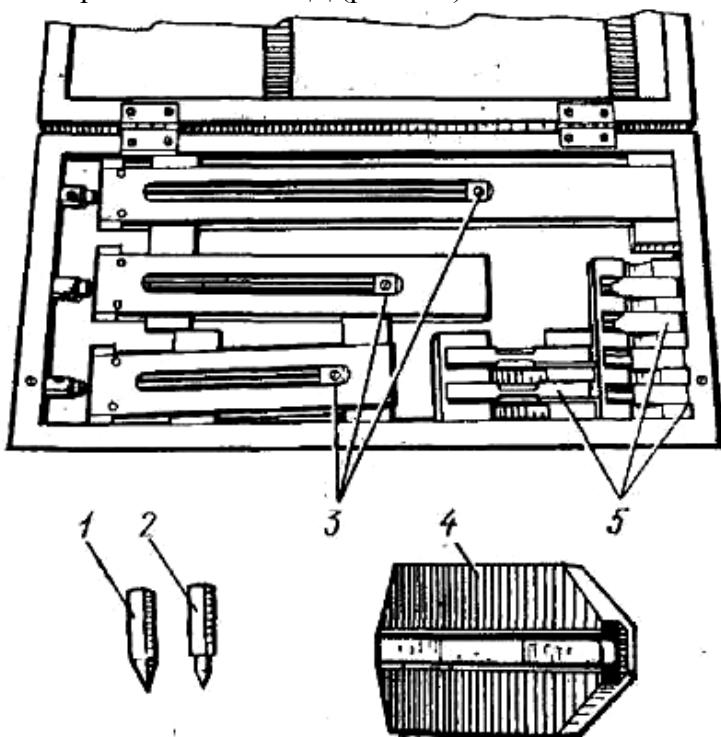
**Рис. 1.3. Составление блоков из ПКМД**

При составлении блока сначала притирают меры с номинальными размерами, выраженными 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).

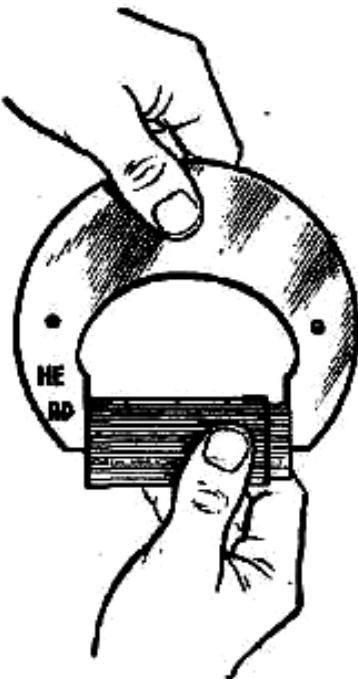


**Рис. 1.4. Принадлежности к концевым мерам:**

- 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.

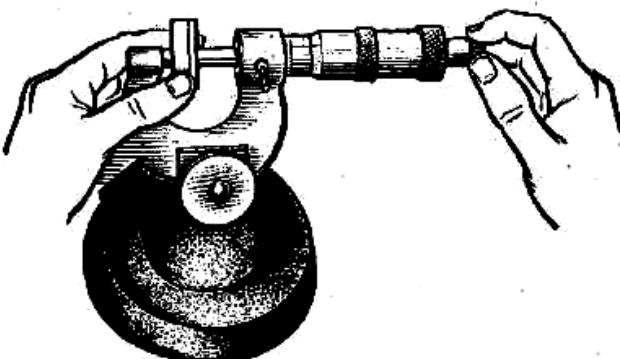
При проверке скобы (рис. 1.5) блоки концевых мер требуемых размеров (соответствующих наибольшему и наименьшему предельным размерам скобы) вводят между проверяемыми плоскостями и определяют плотность сопряжения.



**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.

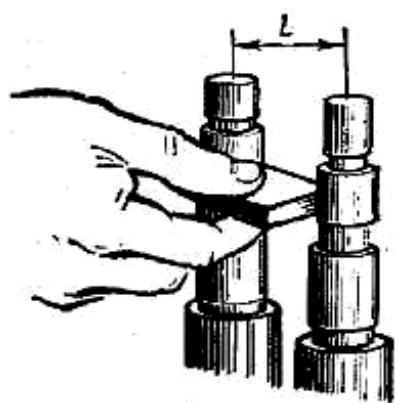


Рис. 1.7. Измерение расстояния между осями валиков

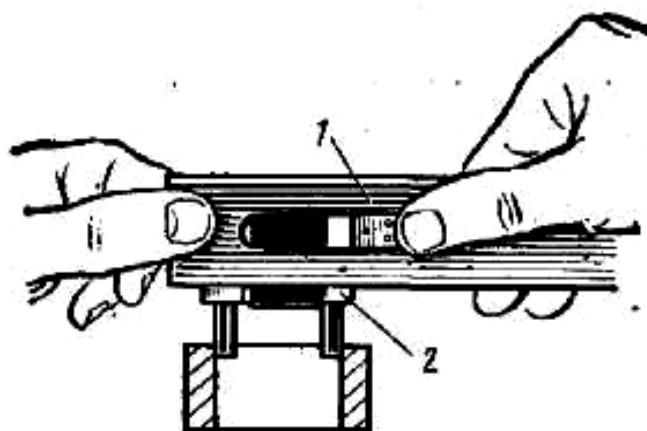


Рис. 1.8. Контроль размера отверстия с помощью державки и боковиков:  
1 – державка; 2 – радиусный боковик

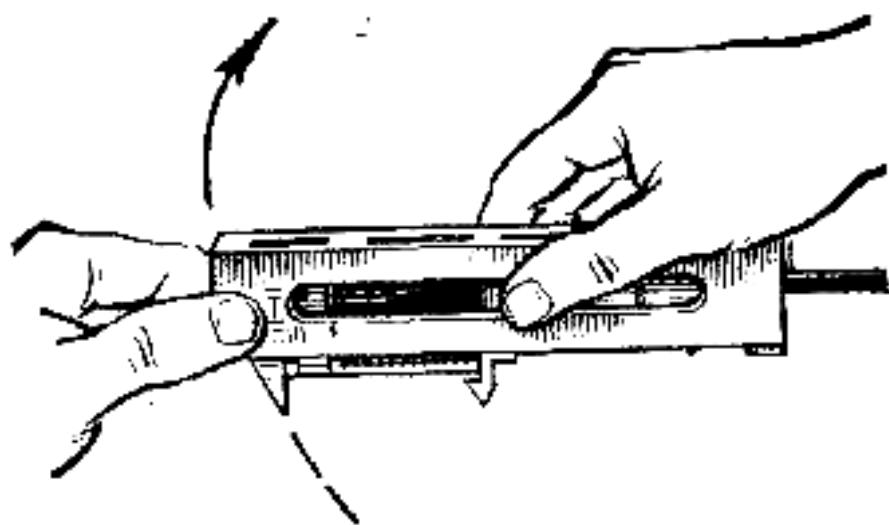


Рис. 1.9. Разметка на плоскости

## *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.

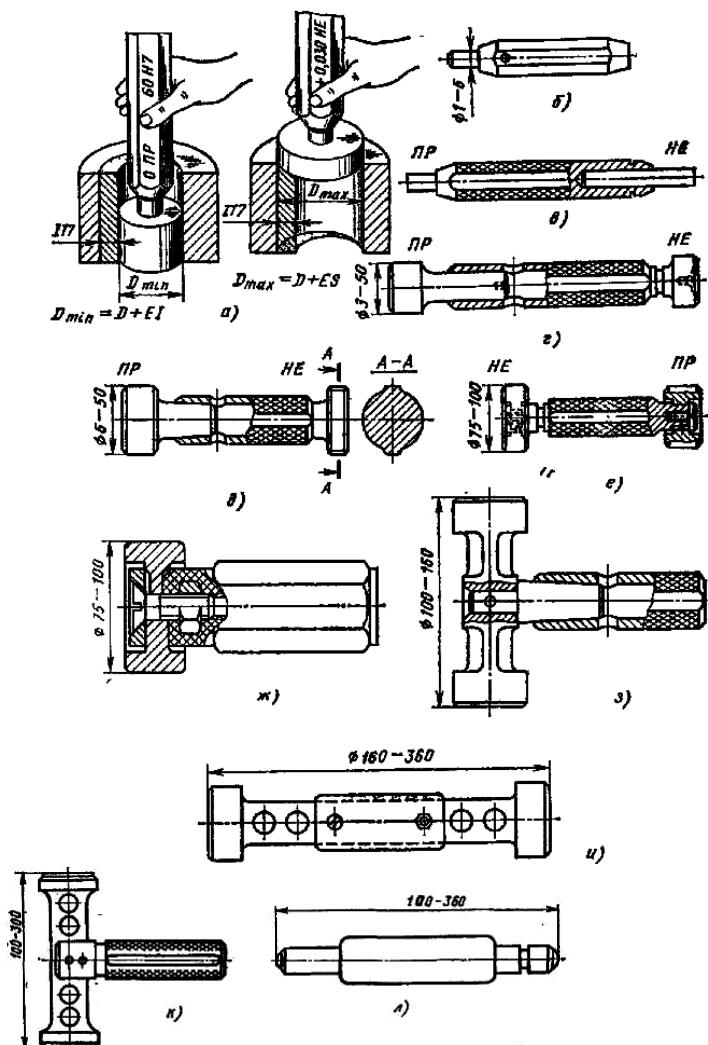
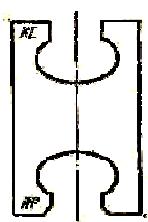


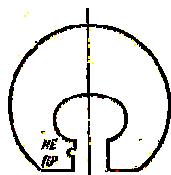
Рис. 1.10. Контроль отверстия (а) гладкими калибрами – пробками и их конструкции:

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.

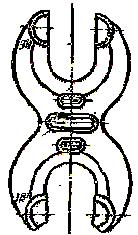


Скоба листовая двусторонняя

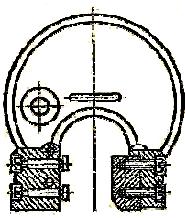


Скоба листовая односторонняя

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.

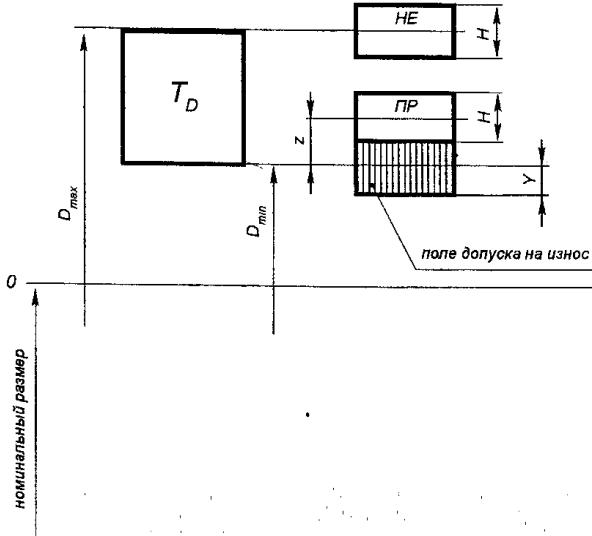


Рис. 1.12. Схема расположения полей допусков калибров для контроля отверстий изготовленных по квалитетам 6, 7 и 8 при номинальных размерах до 180 мм (для размеров отверстий изготовленных по квалитетам от 9 до 17,  $Y = 0$ )

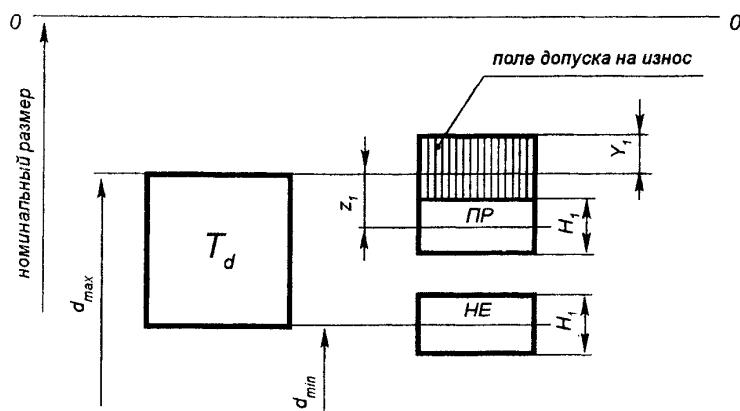


Рис. 1.13. Схема расположения полей допусков калибров для контроля валов изготовленных по квалитетам 6, 7 и 8 при номинальных размерах до 180 мм (для размеров валов изготовленных по квалитетам от 8 до 17,  $Y = 0$ )

Пределевые размеры калибров – пробок определяются по уравнениям:

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

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

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

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

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

Предельные размеры калибров – скоб определяются из уравнений:

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

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

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

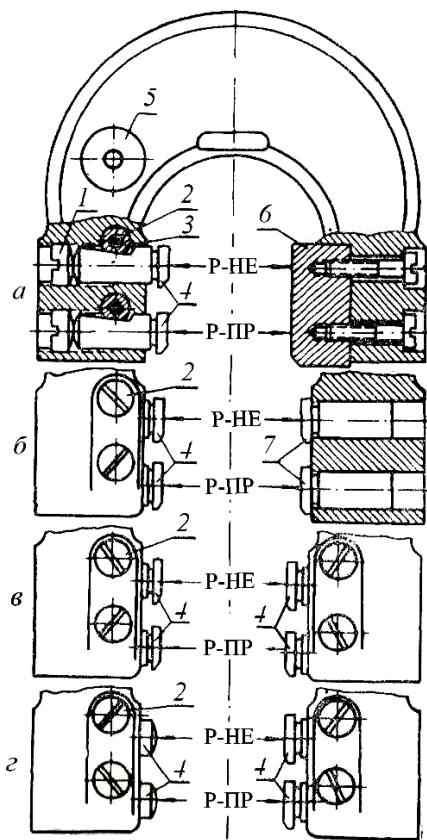
$$\text{НЕ: } L_{\max} = d_{\min} + \frac{H_1}{2}, \quad (1.9)$$

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

#### **4.2. 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.

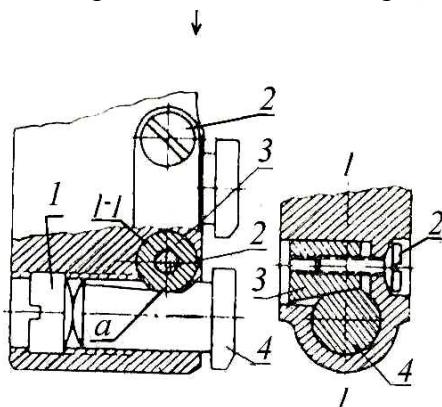


**Рис. 1.14. Типы регулируемых скоб:**

*a – 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  $L^{NP}$  по размеру блока концевых мер, равному

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

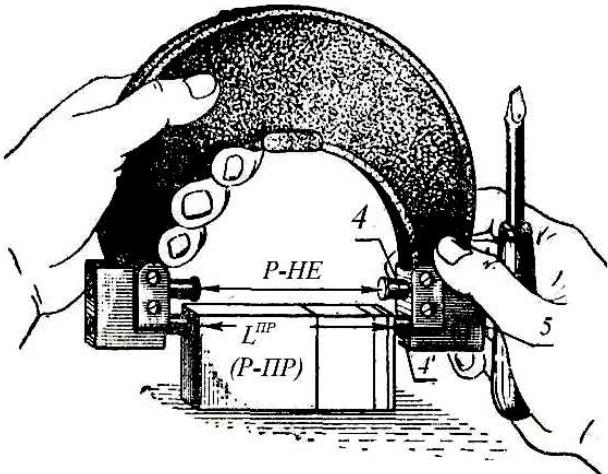
$L^{NP}_{\max}$  и  $L^{NP}_{\min}$  определяются по формулам 1.6 и 1.7.

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
-----------------------	---	-----------

**Задание:** 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		$\varnothing$
$P-PR_{min}$		$P-HE_{min}$
$P-PR_{max}$		$P-HE_{max}$
$P-PR_{изн}$		

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

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 № ЛР-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:**

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

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

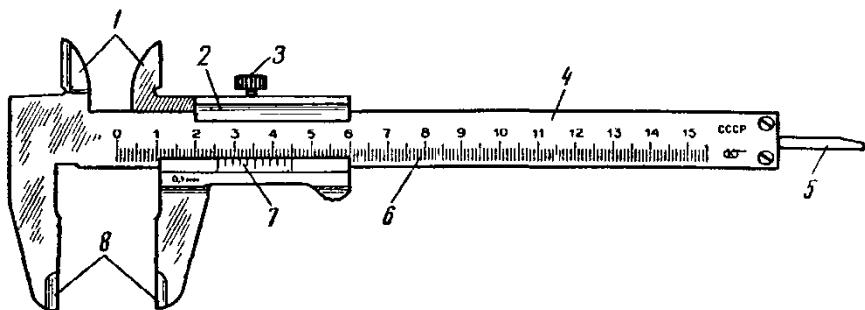
К ним относятся штангенциркули (ГОСТ 166 – 89), штангенглубиномеры (ГОСТ 162 – 90), штангенрейсмасы (ГОСТ 164 – 89) и штангензубомеры.

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



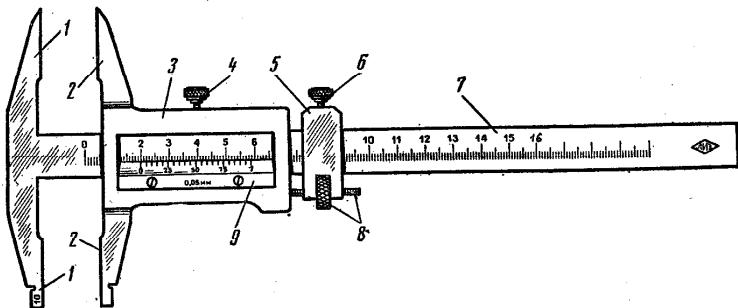
**Рис. 2.1. Штангенциркуль ШЦ-I с пределами измерений 0 – 125 мм и величиной отсчета по нониусу 0,1 мм:**

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

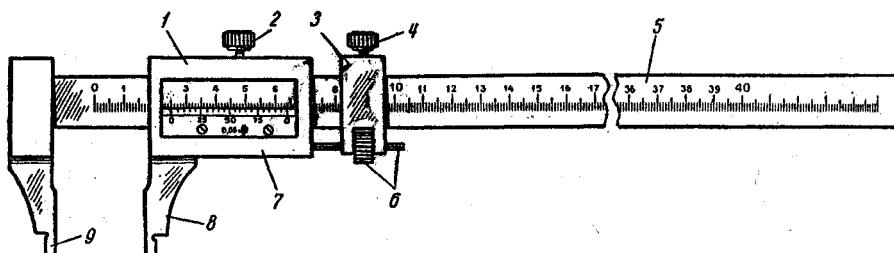
ШЦ-II – с двусторонним расположением губок для измерения наружных и внутренних размеров и для разметки с пределами измерения 0 – 160, 0 – 200, 0 – 250 мм (рис. 2.2);

ШЦ-III – 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-II 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 – зажим рамки микрометрической подачи; 7 – штанга; 8 – гайка и винт микрометрической подачи рамки; 9 – нониус



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

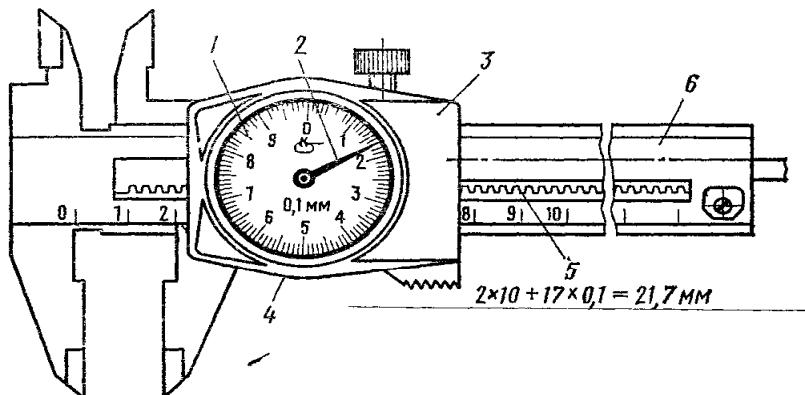
1 – рамка; 2 – зажим рамки; 3 – рамка микрометрической подачи; 4 – зажим рамки

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:**

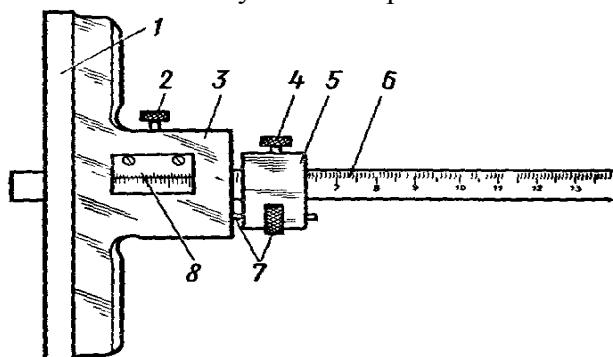
1 – шкала; 2 – стрелка; 3 – рамка; 4 – паз; 5 – зубчатая рейка; 6 – штанга

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 совпасть с нулевым штрихом шкалы штанги.



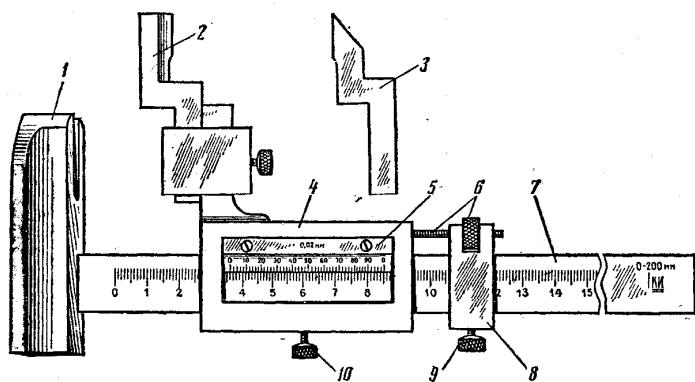
**Рис. 2.5. Штангенглубиномер с величиной отсчета по нониусу 0,05 мм и пределами измерений 0 – 250 мм:**

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.



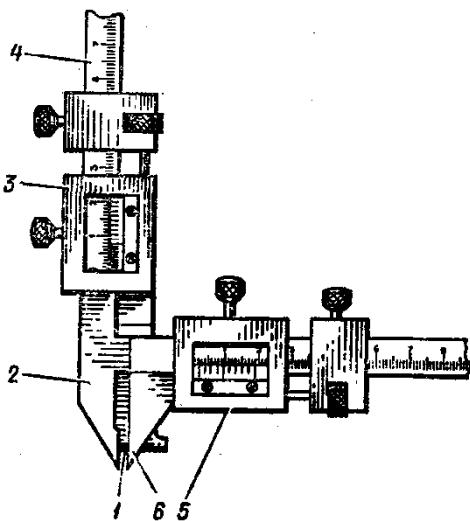
**Рис. 2.6. Штангенрейсмас с величиной отсчета по нониусу 0,05 и 0,01 мм:**

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:**

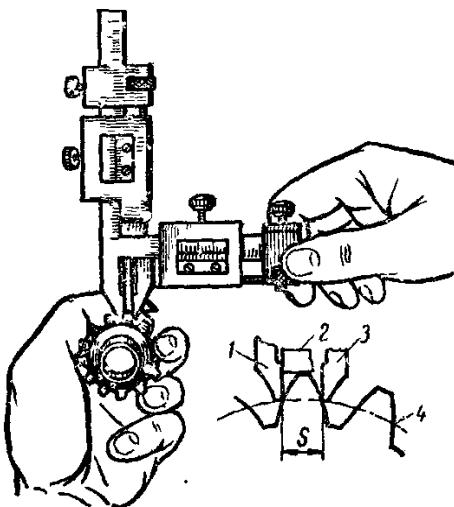
1 – высотная линейка; 2 – губка штанги; 3 – рамка; 4 – штанга; 5 – рамка; 6 – губка рамки

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

## 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.

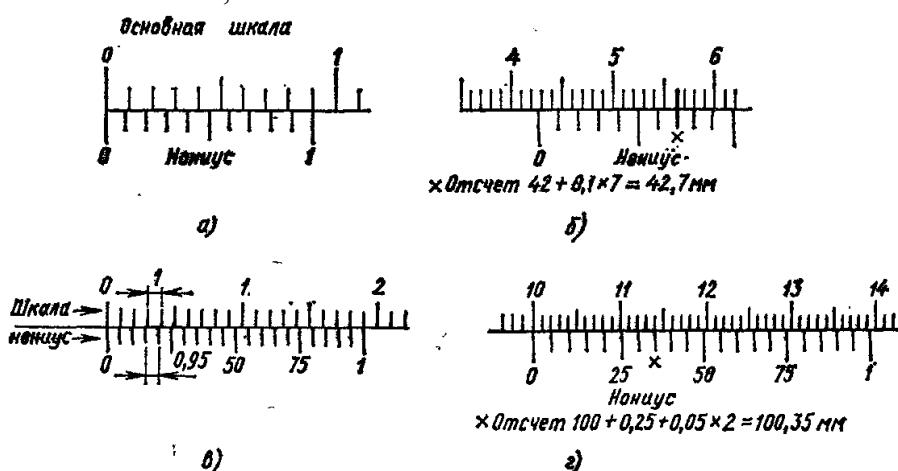


Рис. 2.9. Шкалы штангенинструментов:

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.

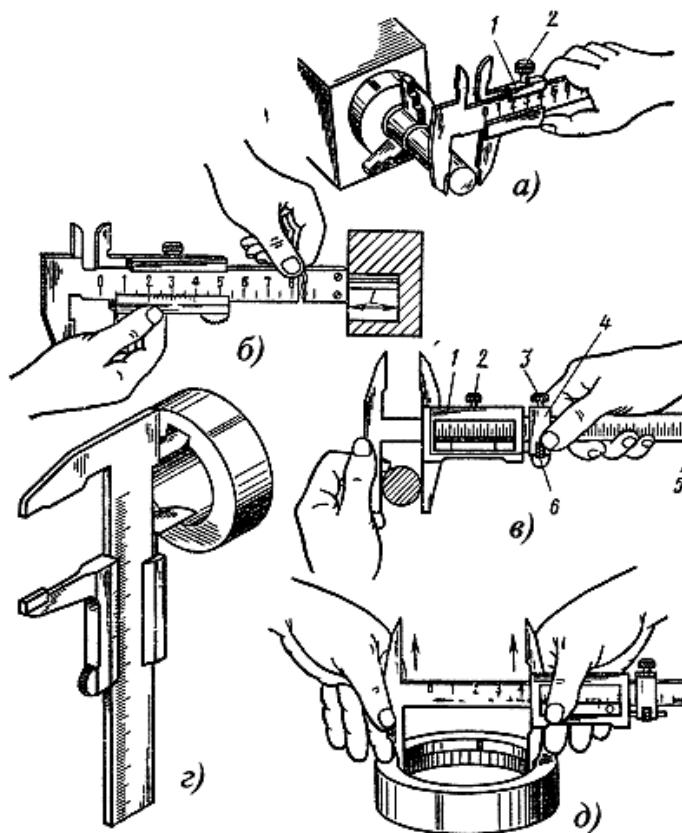
Например, для штангенциркулей при соприкосновении губок штанги и рамки нулевые штрихи шкал штанги и нониуса должны совпадать. Если они не совпадают, то смещают шкалу нониуса при отпущеных винтах ее крепления к рамке.

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 «б», маркованную 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-Пределные погрешности методов измерения штангенинструментом**

Наименование штангенинструмента	Интервалы размеров в мм				
	1	50	80	80	12
	120	250	Предельные погрешности измерения в мкм.		
<b>Штангенциркуль с отсчетом 0,1 мм</b>					
наружные	150	150	150	150	
внутренние	200	200	200	200	
<b>Штангенциркуль с отсчетом 0,05 мм</b>					
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				
		18...	50...	120..	180...250	
		квалитеты				
Штангенциркуль		измерение наружных линейных размеров				
	0,1	15	15	14	14	
	0,05	14	13	13	12	
		измерение внутренних линейных размеров				
	0,1	15	15	15	15	
	0,05	6	14	14	14	

### 3. 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.

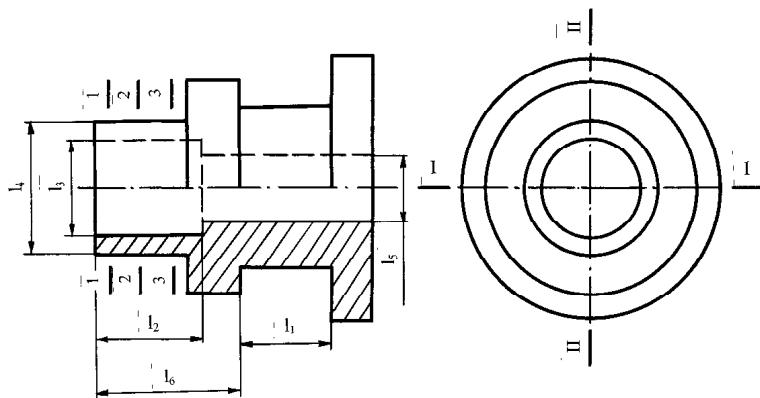
2. Для выявления рассеивания действительных размеров и отклонений от правильной геометрической формы измерения наружных диаметров проводить в трех сечениях, перпендикулярных к оси и в двух взаимно перпендикулярных направлениях в каждом сечении. Остальные размеры измерить только в двух направлениях.

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*

$l_1=30H16$ ,  $l_2=34H15$ ,  $l_3=32H14$ ,  $l_4=50h15$ ,  $l_5=14H12$ ,  $l_6=46h14$

*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	Толщина на зуба, мм	Длина головки зуба по верхней кромке, мм	Ширина кольцевого паза, мм
77.37.198	2,99	по чертежу 5,55 <sub>-0,281</sub>	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, мм	Длина деления шкалы нониуса, мм	Предельная погрешность измерения, мкм.
Штангенциркуль Штангенглубиномер Штангенрейсмас					

Таблица 2.5

### Результаты измерения наружного диаметра $L_4$

Номинальное значение	Направление измерения	Сечение			Действительные		Предельные		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 Допустима а	Измеренная по зубьям			По чертежу Допустима а	Измеренная по направлению			По чертежу Допустима а	I – I		II - II	
№1	№2	№3		№1	№2	№3		№1	№2	№3		I – I	II - II		

Заключение о годности по отдельным параметрам:

### 2.3 Лабораторная работа № ЛР-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:

1. *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 настольные 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.

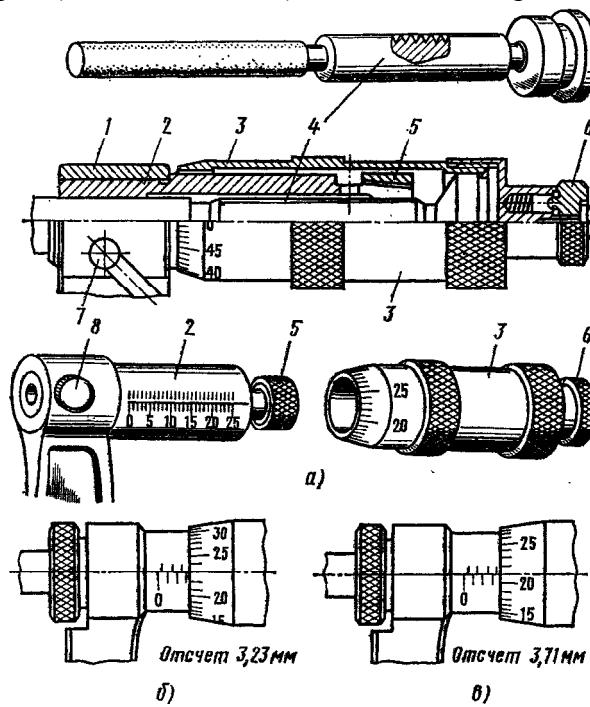
Метод измерения микрометрическими инструментами – прямой, контактный, абсолютный.

### *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 смешена 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 п-ю часть шага. Таким образом точность отсчета в микрометрических инструментах (цена деления на барабане) может быть определена по формуле:

$$l = \frac{t}{n} , \quad (3.1)$$

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.

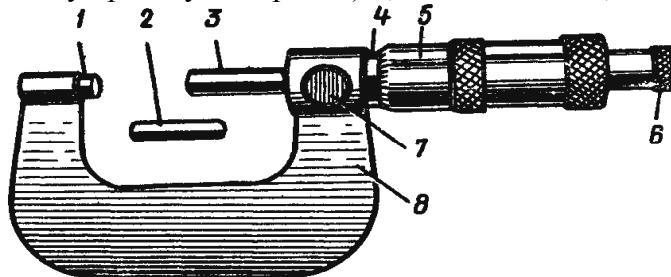
**При появлении штриха из – под скоса барабана, по которому отчитывают целые миллиметры или 0,5 миллиметра, его начинают учитывать только после того, как нулевой штрих на скосе барабана опустится ниже продольного штриха на стебле (для микрометров и микрометрических нутромеров).**

### *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).

#### *Настойка микрометра*

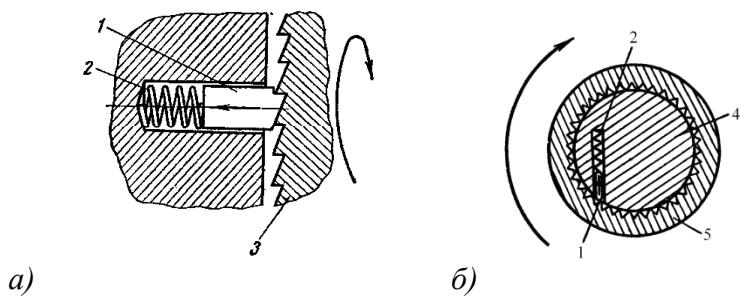
При подготовке микрометра к измерениям следует проверить нулевую установку (по нижнему пределу измерения) и, если она сбита, то ее следует восстановить.



**Рис. 3.2. Гладкий микрометр МК:**

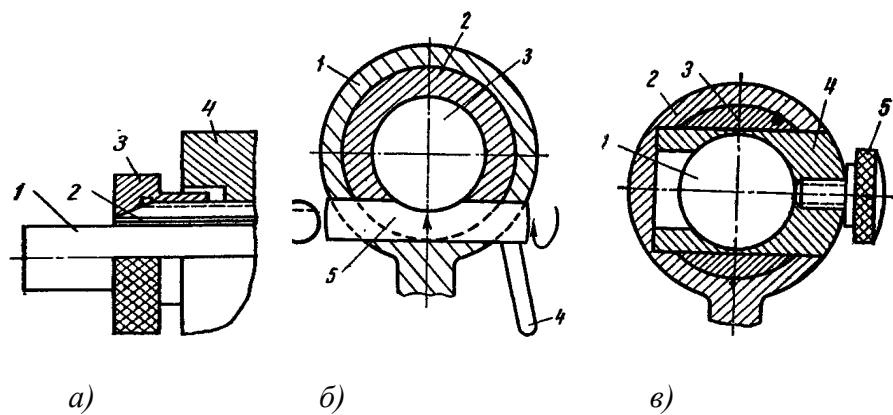
1 – пятка; 2 – установочная мера; 3 – микрометрический винт; 4 – стебель; 5 – барабан; 6 – трещотка; 7 – стопор; 8 – скоба

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.



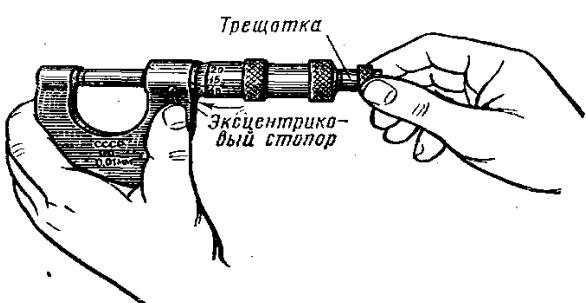
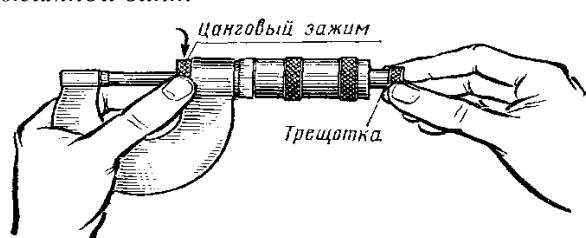
**Рис. 3.3. Конструкции трещоток микрометров с торцевыми зубьями (а) и с зубьями на кольце (б):**

1 – штифт; 2 – пружина; 3 – храповик; 4 – корпус; 5 – шлицевая втулка

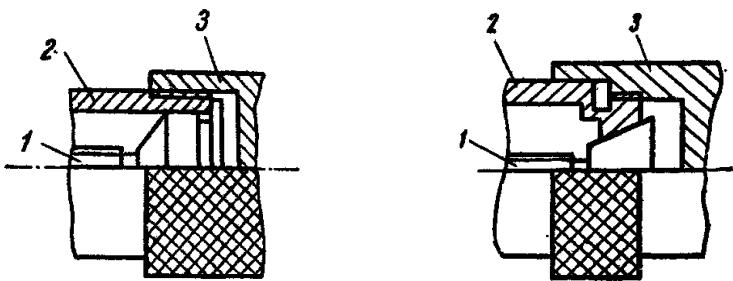


**Рис. 3.4. Виды стопоров микрометров:**

- 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.*

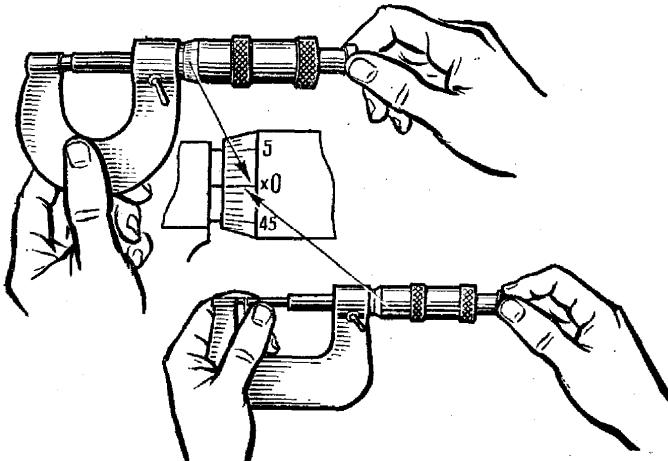
**Рис. 3.6. Соединение барабана с микровинтом**

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).



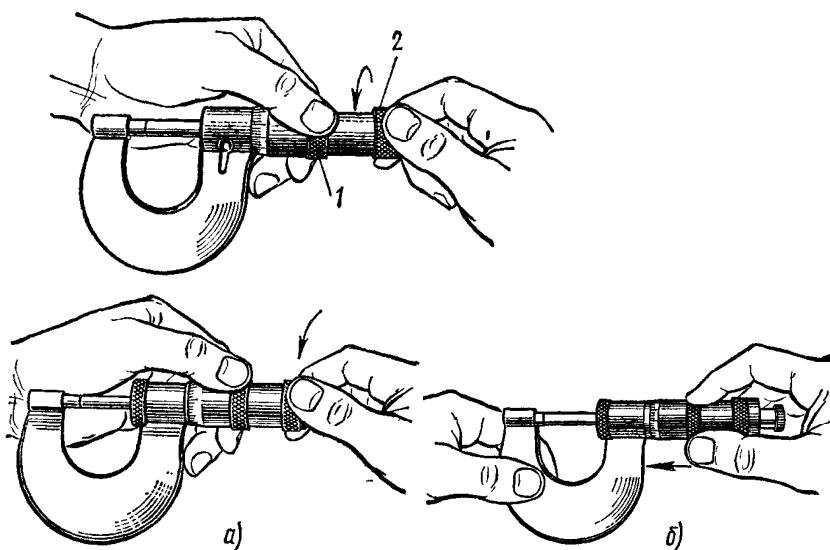
**Рис. 3.7. Проверка нулевого положения микрометра**

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 повторную проверку нулевого положения.

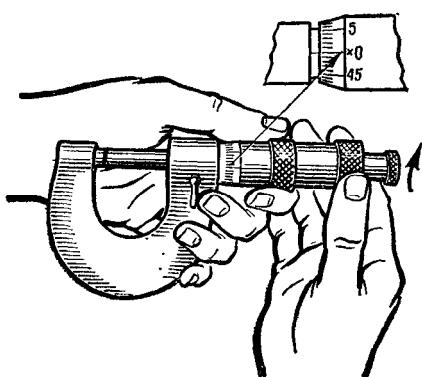
Перед началом измерений между измерительными поверхностями устанавливают расстояние больше измеряемого. Для приведения в соприкосновение измерительных поверхностей микрометра с измеряемым изделием пользуются только механизмом

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.



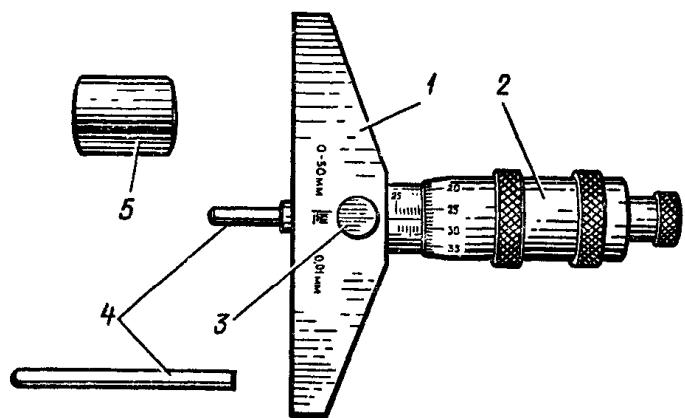
**Рис. 3.8. Отсоединение барабана от микровинта микрометра заводов «Калибр» и «Красный инструментальщик»:**

*а)* отвинчивание корпуса трещотки; *б)* отсоединение барабана от микровинта; 1 – барабан; 2 – корпус трещотки



**Рис. 3.9. Установка барабана и закрепление его**

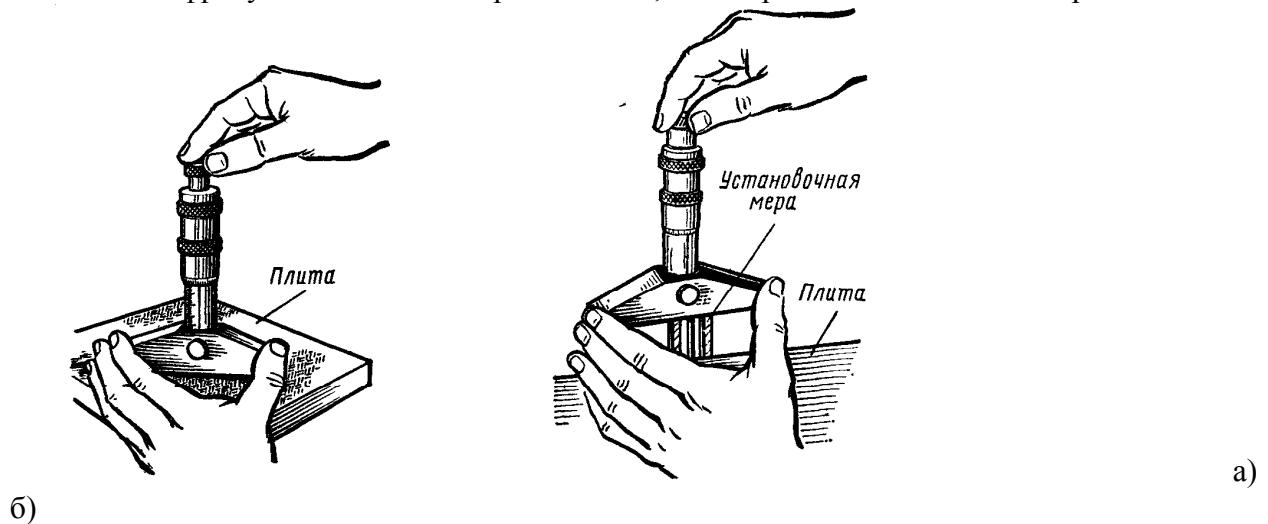
Микрометрический глубиномер (рис. 3.10) предназначен для измерения глубины пазов, глухих отверстий и высоты уступов. Он представляет собой микрометрическую головку 2, запрессованную в основание 1 перпендикулярно измерительной поверхности основания.



**Рис. 3.10. Микрометрический глубиномер (ГОСТ 7470 – 92):**

1 – основание; 2 – микрометрическая головка; 3 – стопор; 4 – сменные измерительные стержни; 5 – установочная мера

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:**

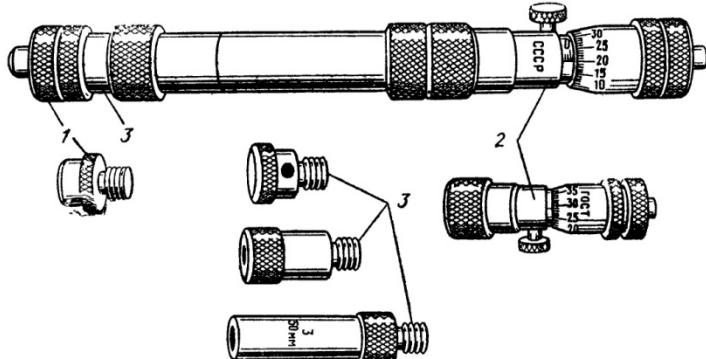
а) – при пределах измерения 0 – 25 мм; б) – при верхнем пределе измерения свыше 25 мм (50, 75 и 100 мм)

Микрометрический нутромер (штихмасс) служит для измерения внутренних размеров свыше 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.

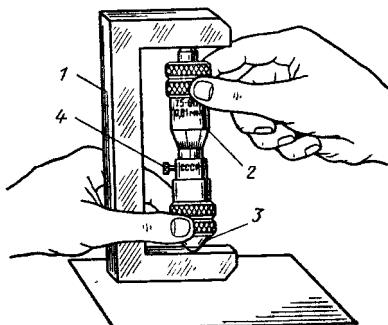
Настройка нутромера осуществляется по установочной мере 1 (рис. 3.13), представляющей собой скобу с двумя взаимно параллельными поверхностями. Микрометрическую головку 2 с наконечником 3 устанавливают между измерительными поверхностями установочной меры 1; придерживая меру и головку левой рукой, а правой 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:**

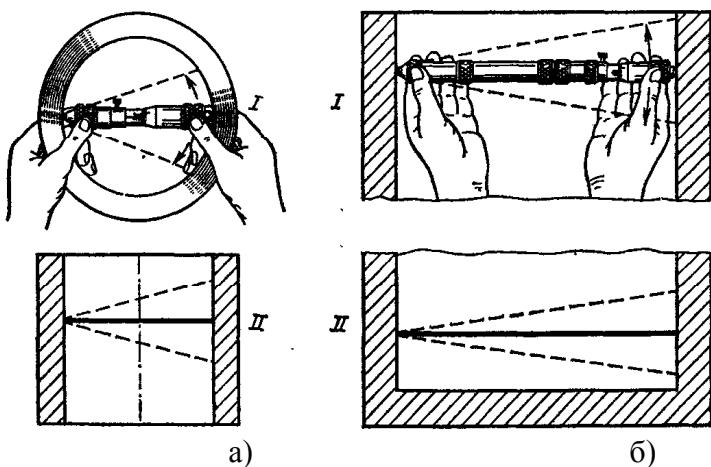
1 – установочная мера; 2 – микрометрическая головка; 3 – наконечник; 4 – стопорный винт

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*

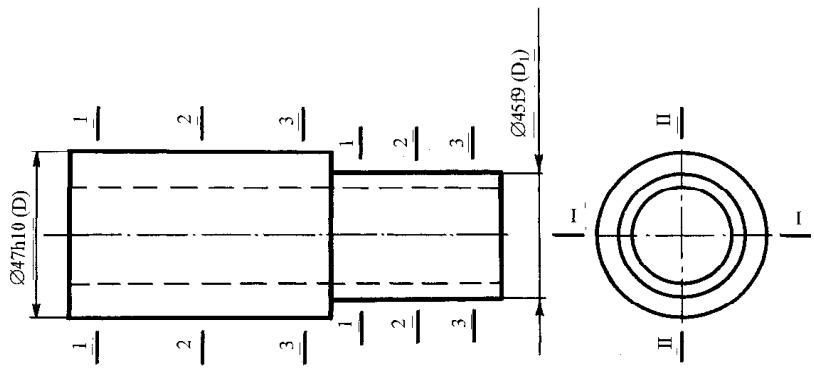
**Предельные погрешности метода измерения  $\pm \Delta_{lim}$  микрометрическими инструментами, мкм**

Наименование средства измерения	Цена деления отсчетного устройства, мм	Интервалы размеров измеряемых деталей, 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 д о 150	св. 150 до 200	10 15 20

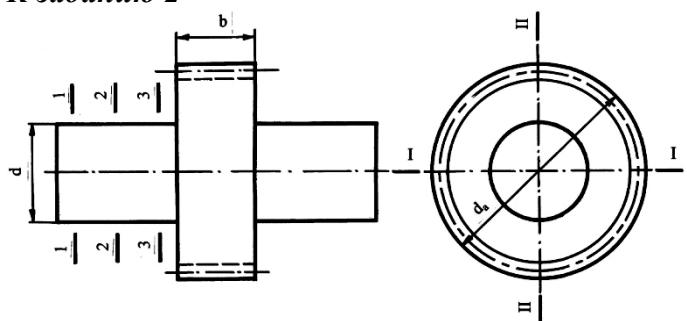
## **2. Измерить размеры деталей микрометром и микрометрическим нутромером**

Эскизы деталей и схемы измерений.

**К заданию 1**



*К заданию 2*



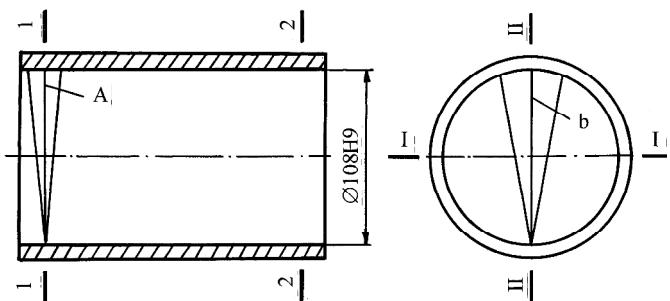
Для восстановления шестерен насосов шлифуют изношенные поверхности цапф, торцы и поверхности головок зубьев шестерен до ремонтных размеров – Р1, Р2, Р3.

*Таблица 3.2.*

**Размеры шестерен гидравлического насоса после шлифования**

Марка насоса	Маркировка	Наружный диаметр головки зуба, мм	Диаметр цапфы, мм	Длина зуба шестерни, мм
HIII – 10	Новый	39 <sup>-0,015</sup> <sub>-0,075</sub>	18 <sup>-0,080</sup> <sub>-0,095</sub>	16 <sub>-0,035</sub>
	P1	38,8 <sub>-0,02</sub>	17,9 <sup>-0,080</sup> <sub>-0,095</sub>	15,8 <sub>-0,035</sub>
	P2	38,7 <sub>-0,02</sub>	17,8 <sup>-0,080</sup> <sub>-0,095</sub>	15,7 <sub>-0,035</sub>
	P3	38,6 <sub>-0,02</sub>	17,7 <sup>-0,080</sup> <sub>-0,095</sub>	15,5 <sub>-0,035</sub>

*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  $D_1$ , результаты измерений занести в таблицу.

2. Построить схему полей допусков для размеров  $D$  и  $D_1$ , определить их предельные размеры и дать заключение о годности.

3. Определить отклонения от правильной геометрической формы.

Таблица 3.4.

Результаты измерения наружных диаметров									
Обоз- начение 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								
$D_1$	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 ( $d_a$ ), 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. разме- ров	Направл. измерения	Сечения			Обознач. разме- ров	Действ. значения размеров	Рекоменд. размеры после шлифования	
		1 – 1	2 – 2	3 – 3				
$d$ (1-я цапфа)	I – I				$d_a$	1. 2. 3.	$d =$ $d_a =$ $b =$	
	II – II							
$d$ (2-я цапфа)	I – I				$b$	1. 2. 3.		
	II – II							

Примечание. Размеры  $d_a$  и  $b$  измерить по трем равномерно расположенным (примерно) по окружности зубьям.

**Задание 3:** Измерить микрометрическим нутрометром с пределами измерения и ценой деления размер  $D$  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		Заключение о годности
			1 – 1	2 – 2	наиб.	наим.	
D	108	I – I					
		II – II					

**Схема полей допусков****2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 (2 часа).****Тема: «Устройство и эксплуатация индикаторных нутрометров»****2.4.1 Цель работы:**

1. Изучить назначение, устройство индикаторов часового типа (области их применения), индикаторных нутрометров.
2. Приобрести навыки в измерении индикаторными нутрометрами.

**2.4.2 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  $\varnothing 130$  мм построить график изменения размеров ее по высоте, т.е. установить характер износа гильз в процессе эксплуатации.

**2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Индикаторный нутрометр 6 – 10 ГОСТ 9244 – 75.

**2.4.4 Описание (ход) работы:*****Назначение и устройство индикаторных нутрометров***

Индикаторные нутрометры предназначены для измерения внутренних размеров, например, диаметров отверстий, методом сравнения с мерой (относительным методом).

Индикаторные нутрометры 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 нутрометры с ценой деления 0,001 мм с измерительной головкой 1ИГ для размеров от 3 до 10 мм и нутрометры с ценой деления 0,002 мм с измерительной головкой 2ИГ для размеров от 10 до 260 мм.

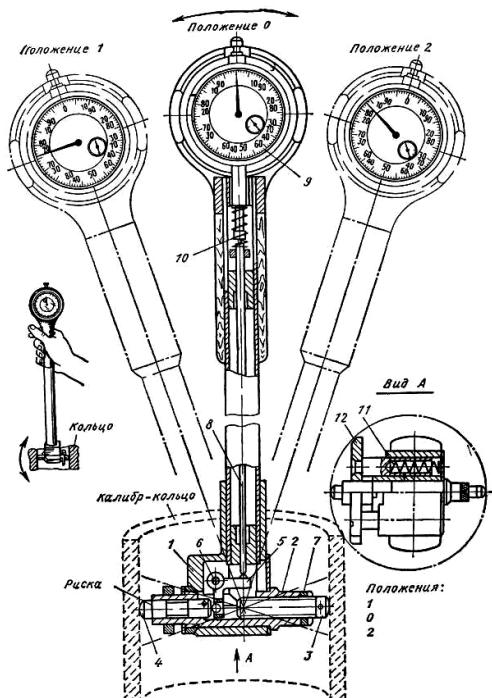
Индикаторный нутрометр типа НИ-100 представлен на рис. 5.1.

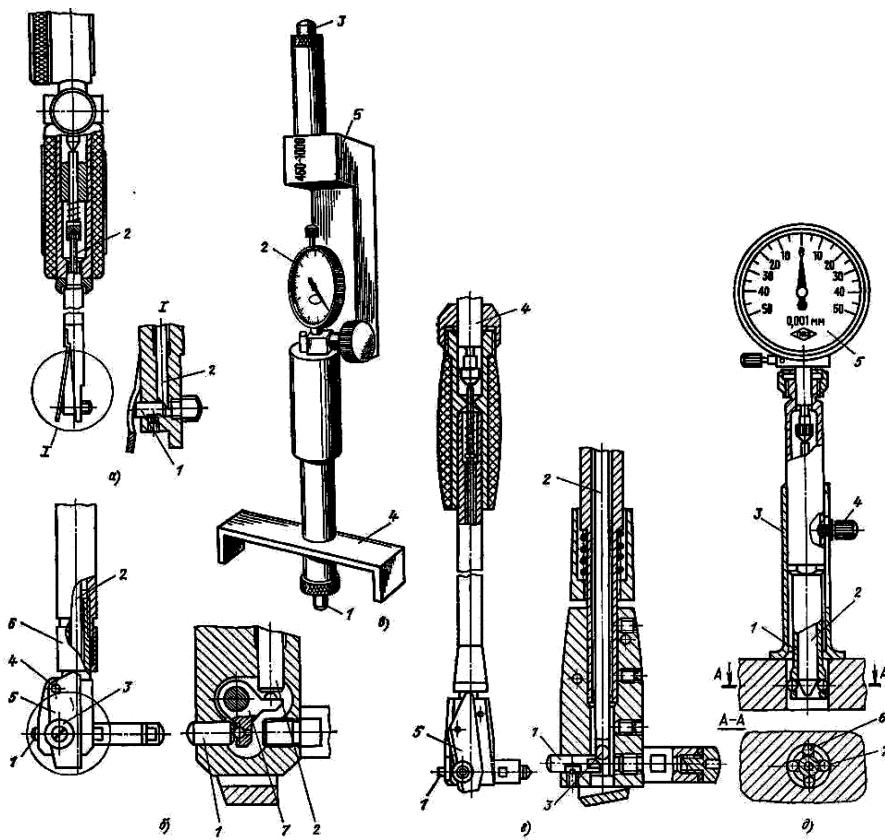
В корпус 1 нутрометра вставлена втулка-вставка 2, в которую с одной стороны ввернут сменный неподвижный измерительный стержень 3, а с другой стороны установлен подвижный измерительный стержень 4, воздействующий на рычаг 5, закрепленный на оси 6. Положение неподвижного стержня фиксируется гайкой 7. В

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. 5.2. Индикаторные нутромеры типа:**

- a)* – 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 часового типа; 3 – неподвижный измерительный стержень;
- г)* – центрирующий мостик; 5 – корпус;
- д)* – мод. 109: 1 – подвижный стержень; 2 – шток; 3 – шарик; 4 – измерительная головка с ценой деления 0,001 или 0,002 мм;
- е)* – центрирующий мостик; 6 – винт; 7 – 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.

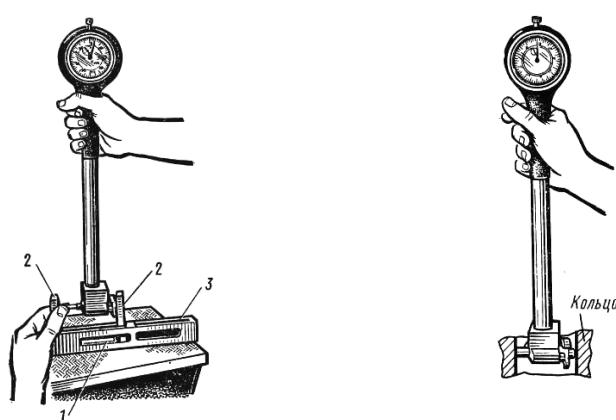
Вывертывают переставной стержень далее, создавая предварительный натяг (обычно малую стрелку индикатора устанавливают на «1», так как индикаторы часового типа имеют наименьшую погрешность в начале второго оборота). Затем стопорят переставной стержень.

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 плоскости). 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

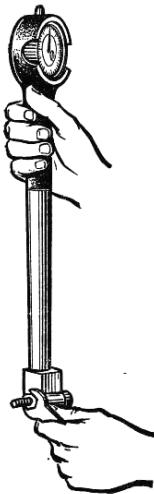
стрелке и изменяет направление своего движения в обратную сторону). В этом положении нутромера устанавливают большую стрелку на ноль поворотом шкалы (поворотом ободка индикатора).

6. Поднимая за головку индикатора и опуская несколько раз измерительный стержень, проверяют постоянство показаний. Предварительно повторным покачиванием прибора проверяют правильность нулевой установки.



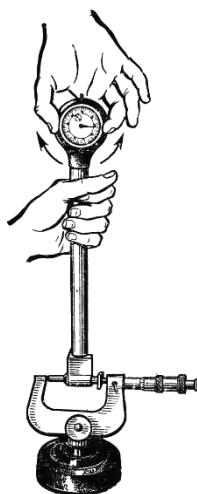
а)

Установка по концевым мерам 1, закрепленным в державке 3 с боковиками 2.



б)

Установка по аттестованному установочному кольцу. Исключается погрешность центрирующего мостика.



Закрепление измерительного гаечным ключом

неподвижного стержня

в)  
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.).

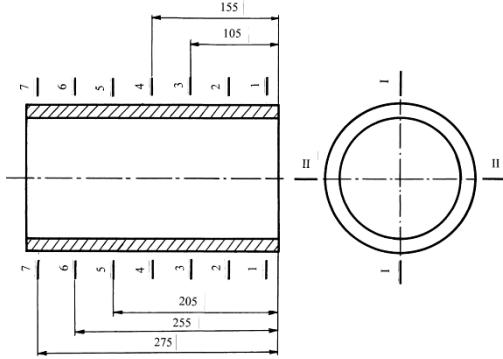
8. После окончания измерений нутромер снова наклоняют в сторону центрирующего мостика и в таком положении извлекают из отверстия. Результаты измерений занести в таблицу и составить отчет по прилагаемой форме.

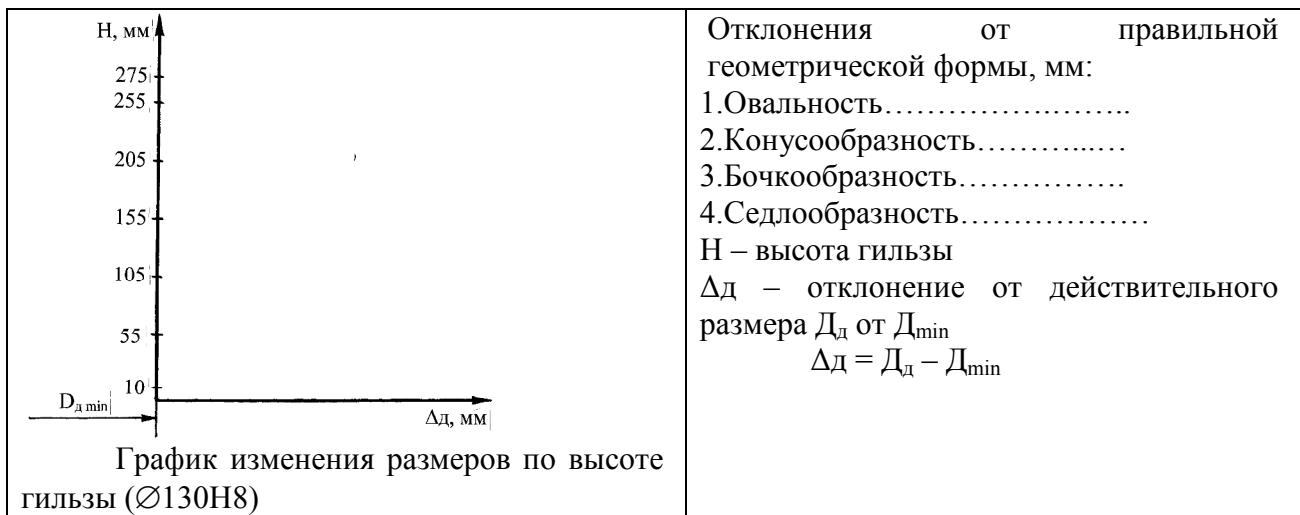
Примечания:

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: нутrometer 6 – 10 ГОСТ 9244 – 75; то же, с ценой деления 0,01 мм класса точности 1: нутrometer 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			
Направ- ление измерен	Результаты измерений Сечения, перпендикулярные оси.	Предельные диаметры $D_{max}$ $D_{min}$	Заключение о годности
I – I	1      1		
II – II			
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			



Подпись студента

Подпись преподавателя

## 2.5 Лабораторная работа №5 (2 часа).

**Тема: «Измерение углов угломером с нониусом типа 1»**

### 2.5.1 Цель работы:

1. Изучить назначение, устройство угломера с нониусом типа 1 (мод.УМ);
2. Приобрести навыки измерения углов угломером мод.УН.

### 2.5.2 Задачи работы:

1. Ознакомиться, изучить назначение, устройство угломера типа 1.

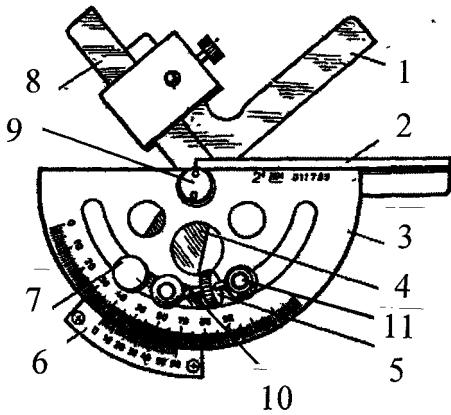
### 2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Угломеры типа 1 (модель УМ).
2. Многоугольники для измерения углов.

### 2.5.4 Описание (ход) работы:

#### 1. 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

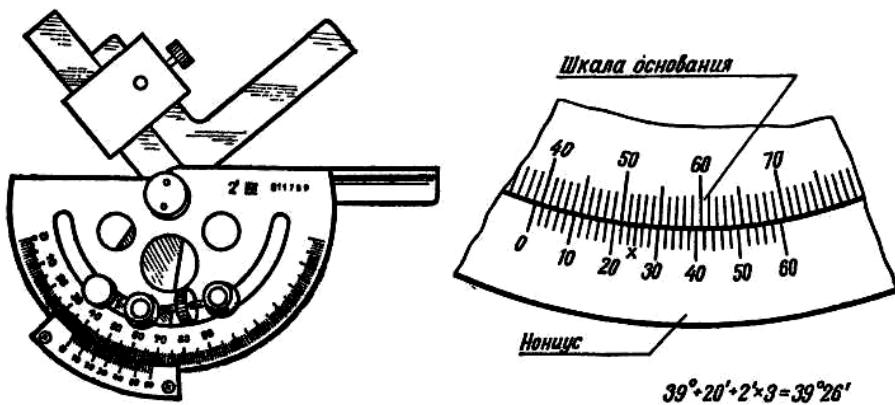
К сектору 4 винтами прикреплена шкала углового нониуса 6. Перемещение сектора с линейкой 8 осуществляется при освобождении от стопора 7. Точная установка угломера на размер проводится с помощью микрометрической подачи, состоящей из микрометрического винта 10 с гайкой 5 и стопорного приспособления с гайкой 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 (стопорятся 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<sup>й</sup> - штрих, значит, получаем  $2 \times 13 = 26'$ .

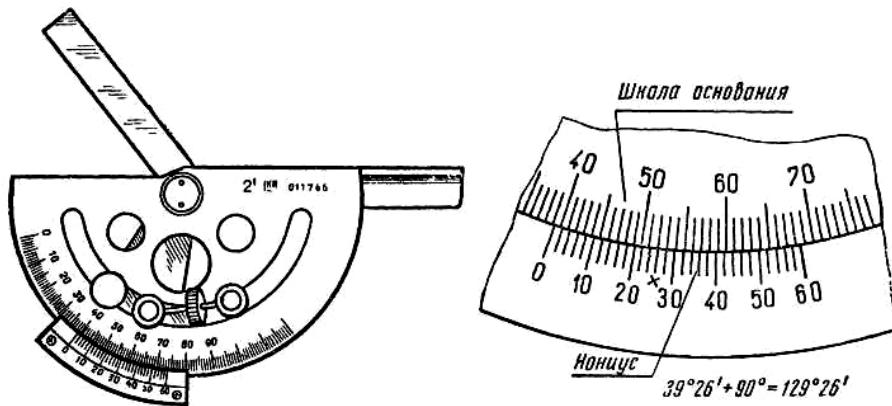


Рис. 6.3. Угломер при измерении тупых углов

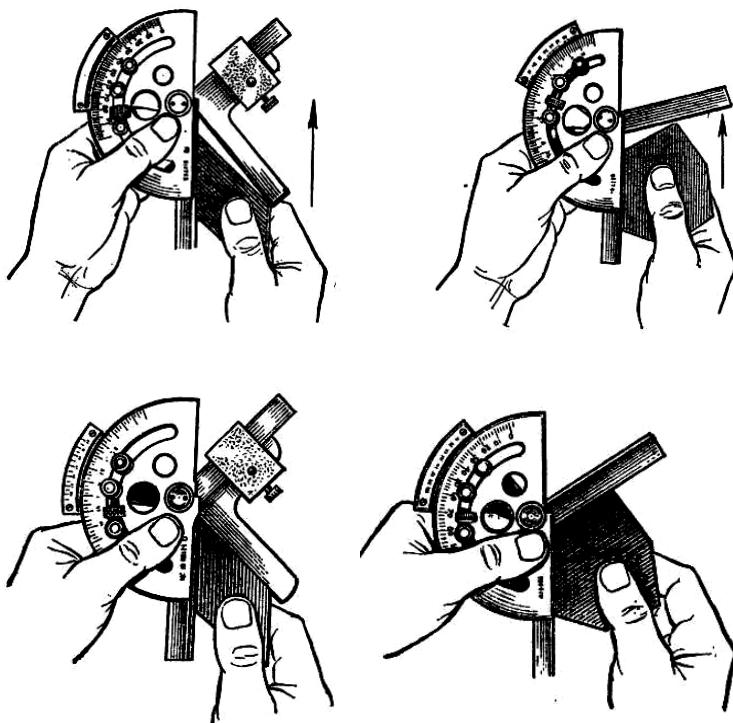


Рис. 6.4. Измерение углов угломером мод. УМ

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

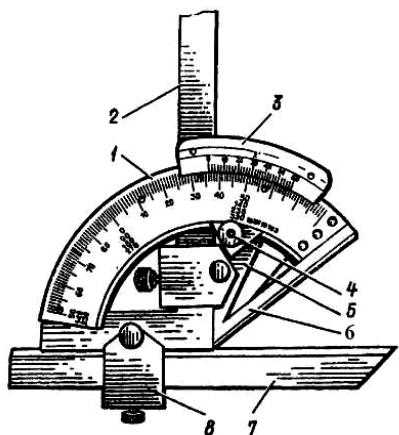
Эскиз детали	Углы	Результаты измерений / в град. и мин./			
		1	2	3	Среднее значение угла
	1				
	2				
	3				
	4				

Суммарное значение углов .....

Заключение о погрешности измерения :

### 2. 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°.

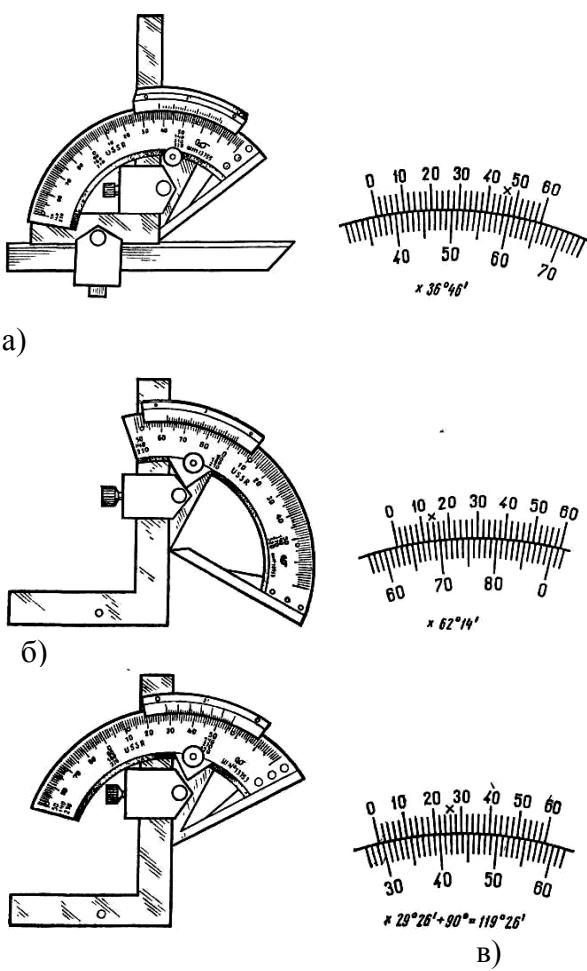


**Рис. 7.1. Угломер мод. УН:**

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.



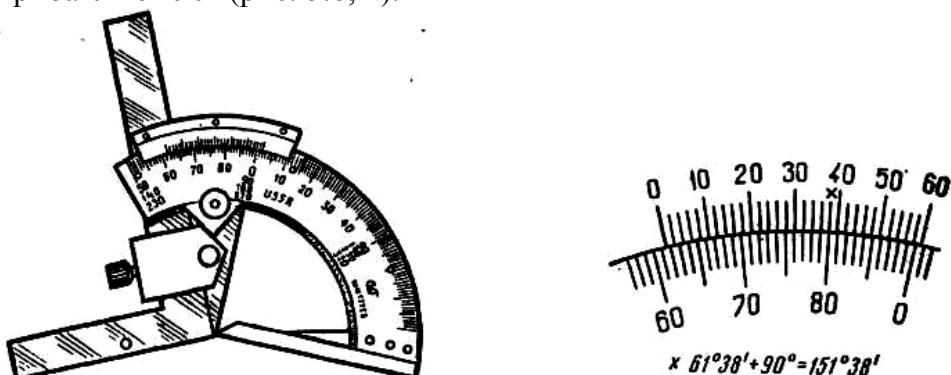
**Рис. 7.2. Комбинации измерительных звеньев и чтение размеров при измерении угломером различных наружных углов:**

*a)* – 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  $180^\circ$**

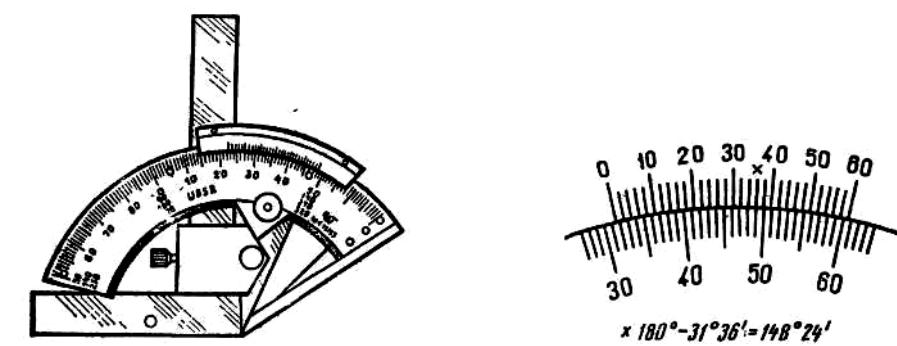
При измерении наружных углов от  $140$  до  $180^\circ$  к показаниям левой части шкалы прибавляют  $90^\circ$ .

При измерении внутренних углов от  $180$  до  $130^\circ$  показание правой части шкалы отнимают от  $180^\circ$  (рис. 7.4, а).

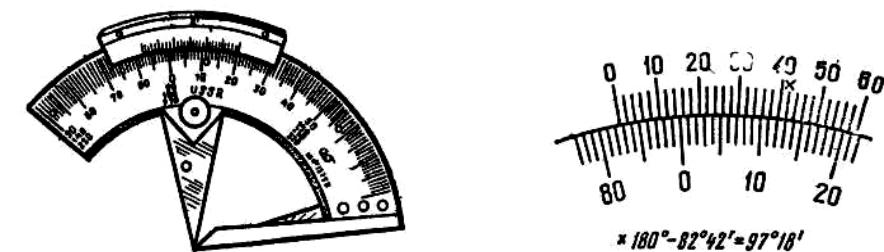
При измерении внутренних углов от  $130$  до  $90^\circ$  показания левой части шкалы отнимают от  $180^\circ$  (рис. 7.4, б).

При измерении внутренних углов от  $90$  до  $40^\circ$  показания правой части шкалы отнимают от  $90^\circ$  (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).



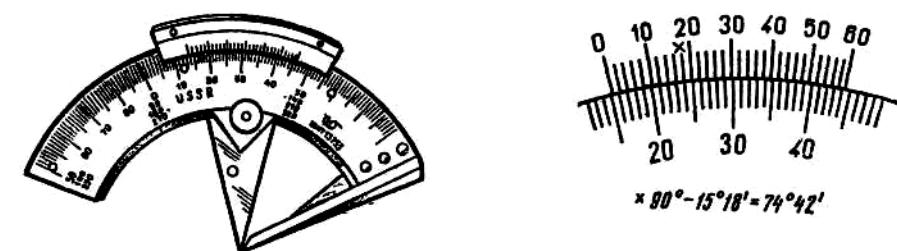
а)



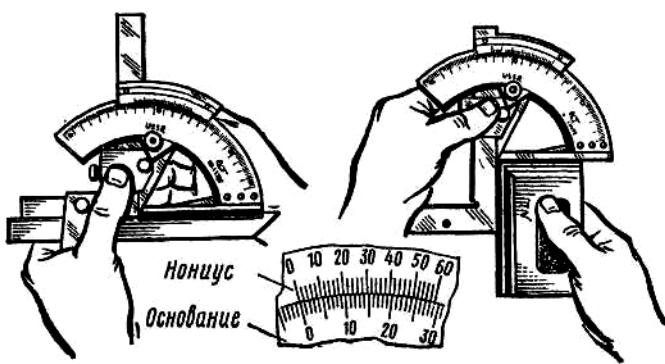
б)

**Рис. 7.4. Комбинации измерительных звеньев и чтение размеров при измерении угломером различных внутренних углов:**

*а) – от  $180$  до  $130^\circ$ ; б) – от  $130$  до  $90^\circ$*



**Рис. 7.5. Комбинации измерительных звеньев и чтение размеров при измерении внутренних углов от  $90$  до  $40^\circ$**



**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 <sup>0</sup>	40 – 180 <sup>0</sup>	±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 :