

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Киселева Л.С.**

## **МЕТРОЛОГИЯ**

**Методические указания  
для практических работ  
обучающихся по специальностям  
среднего профессионального образования**

Брянская область 2017

УДК 389(07)

ББК 30.10

К44

Киселева, Л.С. **Метрология:** методическое пособие к практическим работам / Л.С. Киселева. - Брянск: Издательство Брянский ГАУ, 2017. – 74 с.

В методических указаниях изложен материал по практическому курсу раздела «Метрология» дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация».

Пособие предназначено для студентов средних профессиональных учебных заведений, обучающихся по специальностям 20.02.04 Пожарная безопасность, 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта, 35.02.06 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции, 35.02.08 Электрификация и автоматизация сельского хозяйства.

Рецензент: к.т.н., доцент Козарез И.В.

Методические указания рекомендованы ЦМК общепрофессиональных дисциплин факультета среднего профессионального образования Брянского государственного аграрного университета, протокол №2 от 27.10. 2017 года

© ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2017

© Киселева Л.С., 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Практическая работа №1. Производные единицы физических величин	6
Практическая работа №2. Правовая основа метрологии	17
Практическая работа №3. Плоскопараллельные концевые меры длины	20
Практическая работа №4. Штангенинструменты	29
Практическая работа №5. Микрометрические приборы	40
Практическая работа №6. Индикаторные приборы	49
Практическая работа №7. Выбор средств измерений	61

## ВВЕДЕНИЕ

*Метрология* – наука об измерениях, а измерения – один из важнейших путей познания. Наука, промышленность, экономика и коммуникации не могут существовать без измерений. Каждую секунду в мире производится миллиарды измерительных операций. Результаты этих операций используются для обеспечения качества и технического уровня выпускаемой продукции, безопасной и безаварийной работы транспорта, обоснования медицинских и экологических диагнозов, анализа информационных потоков. Примерно 15% затрат общественного труда расходуется на проведение измерений.

Методическое пособие для проведения практических занятий по метрологии разработаны в соответствии с программой дисциплины "Метрология, стандартизация и сертификация" для специальностей факультета специального профессионального образования.

Для качественного выполнения практических работ их содержание приводится в логической последовательности и включает следующие части: цель работы; перечень необходимых инструментов, измеряемых деталей; нормативных документов; краткие теоретические сведения по теме; описание конструкции и методики настройки приборов; порядок выполнения работы; индивидуальные задания; форму отчета; контрольные вопросы и рекомендуемую литературу.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь:

- выполнять метрологическую поверку средств измерений;
- проводить испытания и контроль продукции;
- определять износ соединений;
- приводить несистемные величины измерений в соответствие с

действующими стандартами и международной системой единиц СИ.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать:

- основные понятия метрологии;

- средства метрологии;

- терминологию и единицы измерения величин в соответствии с действующими стандартами и международной системой единиц СИ.

## ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

*Цель работы:* Изучить классификацию производных единиц измерения физических величин и научиться определять их.

### 1 Теоретические сведения

**Величина** - это состояние, характеристика, сущность какого-либо объекта (материала, тела, продукции и т. д.)

**Физическая величина** - состояние, характеристика, сущность физических свойств объекта.

**Физическая величина (ФВ)** - это свойство, общее в качественном отношении многим физическим объектам, но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта.

*Например, свойство «прочность» в качественном отношении характеризует такие материалы, как сталь, дерево, ткань, стекло и т.д., в то время как степень (количественное значение) прочности - величина для каждого из них разная.*

**Система единиц физических величин** – совокупность выбранных основных и производных единиц физических величин, образованная в соответствии с принятыми принципами.

Первая система единиц физических величин, хотя она и не являлась еще системой единиц в современном понимании, была принята Национальным собранием Франции в 1791 г. Она включала в себя единицы длины, площади, объема, вместимости и массы, основными из которых были две единицы: метр и килограмм.

Систему единиц как совокупности основных и производных

единиц впервые в 1832 г. предложил немецкий ученый К. Гаусс. Он построил систему единиц, где за основу принял единицы длины (миллиметр), массы (миллиграмм) и времени (секунда), и назвал ее абсолютной системой.

С развитием физики и техники появились другие системы единиц физических величин, базирующиеся на метрической основе. Все они были построены по принципу, разработанному Гауссом. Эти системы нашли применение в разных отраслях науки и техники. Разработанные в то время измерительные средства градуированы в соответствующих единицах и находят применение и в настоящее время.

Многообразие единиц измерения физических величин и систем единиц осложняло их применение. Одни и те же уравнения между величинами имели различные коэффициенты пропорциональности. Свойства материалов, процессов выражались различными числовыми значениями. Международный комитет по мерам и весам выделил из своего состава комиссию по разработке единой Международной системы единиц. Комиссия разработала проект Международной системы единиц, который был утвержден XI Генеральной конференцией по мерам и весам в 1960 г. Принятая система была названа Международной системой единиц, сокращенно *си*.

Учитывая необходимость охвата Международной системой единиц всех областей науки и техники, в ней в качестве основных выбраны семь единиц.

В механике такими являются единицы длины, массы и времени; в электричестве добавляется единица силы электрического тока; в теплоте - единица термодинамической температуры; в оптике единица силы света; в молекулярной физике, термодинамике и химии - единица количества вещества. Эти семь единиц, соответственно: *метр, кило-*

*грамм, секунда, ампер, Кельвин, кандела и моль* - и выбраны в качестве основных единиц СИ (таблица 1), и две дополнительные: *радиан и стерадиан*.

*Рад* (*рад*) - единица плоского угла, равная углу между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу. В градусном исчислении  $1 \text{ рад} = 57^{\circ} 17' 44,8''$ .

*Стер* (*ср*) - единица, равная телесному углу с вершиной в центре сферы, вырезающему на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы. Телесный угол  $\omega$  измеряют косвенно - путем измерения плоского угла, а при вершине конуса с последующим вычислением по формуле

$$\omega = 2\pi[1 - \cos \alpha/2]. \quad (1)$$

Телесному углу в 1 ср соответствует плоский угол, равный  $65^{\circ} 32'$ , углу  $\pi$  ср - плоский угол  $120^{\circ}$ , углу  $2\pi$  ср - плоский угол  $180^{\circ}$ .

На XX Генеральной конференции мер и весов (1995 г.) единицы плоского и телесного углов – радиан и стерадиан исключены из класса дополнительных единиц СИ и переведены в класс производных, имеющих специальные названия.

***Производная единица*** – это единица производной ФВ системы единиц, образованная в соответствии с уравнениями, связывающими ее с основными единицами или с основными и уже определенными производными (таблица 2).

Для установления производных единиц *следует*:

- выбрать ФВ, единицы, которых принимаются в качестве основных;
- установить размер этих единиц;



- выбрать определяющее уравнение, связывающее величины, измеряемые основными единицами, с величиной, для которой устанавливается производная единица. При этом символы всех величин, входящих в определяющее уравнение, должны рассматриваться не как сами величины, а как их именованные числовые значения;

- приравнять единице (или другому постоянному числу) коэффициент пропорциональности  $K_e$ , входящий в определяющее уравнение. Это уравнение следует записывать в виде явной функциональной зависимости производной величины от основных.

Установленные таким образом производные единицы могут быть использованы для введения новых производных величин. Поэтому в определяющие уравнения наряду с основными единицами могут входить и производные, единицы которых определены ранее.

**Пример.** Электрическое напряжение, электродвижущая сила (ЭДС), электрический потенциал.

Определяющее уравнение для электрического напряжения

$$U = P/I, \quad (2)$$

где  $P$  - мощность электрического тока, Вт.

Единицей электрического напряжения является вольт ( $B$ ,  $V$ ) - электрическое напряжение, вызывающее в электрической цепи постоянный ток силой  $1A$  при мощности  $1Bm$ . Размерность электрического напряжения

$$\dim U = [P]/[I] = L^2 MT^3 I^{-1}. \quad (3)$$

Работа по перемещению электрического заряда  $Q$  из точки с нулевым потенциалом в данную точку поля образует электрический по-

тенциал  $\dim \varphi = A/Q$ . Размерность электрического потенциала

$$\dim \varphi = [A] / [Q] = L^2 MT^2 / TI = L^2 MT^3 I^{-1}. \quad (4)$$

Таким образом, электрический потенциал имеет одинаковую размерность с электрическим напряжением и измеряется в вольтах.

В том случае, когда в уравнении связи имеется численный коэффициент, при образовании производной единицы основные единицы этого уравнения входят с учетом этого коэффициента.

**Например**, в уравнении для кинетической энергии

$$E = mv^2/2, \quad (5)$$

где  $E$ - кинетическая энергия,

$m$  - масса тела, кг

$v$  - скорость движения этого тела, м/с.

Энергия в  $1 \text{ кг м}^2/\text{с}^2 = 1 \text{ Дж}$  развивается телом массой 2 кг, движущимся со скоростью 1 м/с.

Производные единицы электрических и магнитных величин определяются из формул, записанных в рационализованной форме. Это важно, так как позволяет исключить безразмерные коэффициенты  $4\pi$  и  $(4\pi)^{-1}$  из всех физических соотношений, в которых наличие этих коэффициентов неоправданно.

**Например**, в формуле для емкости плоского конденсатора:

$$C = \varepsilon\varepsilon_0 S/d., \quad (6)$$

где  $\epsilon$  и  $\epsilon_0$  - электрические постоянные среды и вакуума соответственно;

$S$  - площадь конденсатора;

$d$  - расстояние между обкладками конденсатора.

Между тем, неоправданно отсутствие этих коэффициентов в формулах, имеющих осевую и сферическую симметрии, например, в законах Кулона ( $F = q_1q_2 / 4\pi\epsilon\epsilon_0r^2$ ) и Ампера ( $F = 2\mu\mu_0I_1I_2/4\pi r$ ), в формулах для вычисления емкостей цилиндрического и сферического конденсаторов.

Согласно Международной системе единиц производные единицы бывают когерентными (согласованными) и неkohерентными.

Так, выбор основных единиц системы обеспечил полную согласованность механических и электрических единиц. Например, ватт - единица механической мощности (равный джоулю в секунду) равняется мощности, выделяемой электрическим током силой 1 ампер при напряжении 1 вольт.

В СИ подобно другим когерентным системам единиц коэффициенты пропорциональности в физических уравнениях, определяющих производные единицы, равны безразмерной единице.

**Когерентной** называется производная единица ФВ, связанная с другими единицами системы уравнением, в котором числовой множитель принят равным единице.

Тогда когерентная единица кинетической энергии СИ образуется следующим образом:

$$E = \left[ \frac{2[m][v]^2}{2} \right] = \frac{2k\mathcal{Z} \left[ 1 \frac{M}{c} \right]^2}{2} = 1 \frac{k\mathcal{Z} \cdot M^{12}}{c^2} = 1H \cdot m = 1Дж. \quad (7)$$

Т.е. единицей энергии является джоуль, равный ньютону, умноженному на метр. Он равен кинетической энергии тела массой 2 кг, движущегося со скоростью 1 м/с, или тела массой 1 кг, движущегося со скоростью  $\sqrt{2}$  м/с.

**Пример:** единицу скорости образуют с помощью уравнения, определяющего скорость прямолинейного и равномерного движения точки:

$$v = \frac{L}{t}, \quad (8)$$

где  $L$ - длина пройденного пути;

$t$  – время движения.

Следовательно, единицей скорости СИ является метр в секунду. Он равен скорости прямолинейно и равномерно движущейся точки, при которой эта точка за время 1 с перемещается на расстояние 1 м.

В системе СИ специальные наименования имеют 17 производных единиц: *герц, ньютон, паскаль, джоуль, ватт, кулон, вольт, фарада, ом, беккерель, грей, вебер, сименс, тесла, генри, люмен, люкс*. Правила написания производных единиц устанавливаются ГОСТ 8.417-81, в частности единицы, образованные от собственных имен, обозначаются начальной заглавной буквой. Из перечисленных названий производных единиц только люмен и люкс необразованы от имен собственных.

**Задание 1.** Дайте ответы на следующие вопросы:

- 1) Какие единицы являются основными.
- 2) Какие единицы являются производными.
- 3) Что необходимо выполнить для установления производных единиц.

**Задание 2.** По заданию преподавателя определите производную величину, используя известные физические уравнения.

#### **4 Контрольные вопросы по теме**

- 1) Что называется физической величиной?
- 2) Что понимают под системой единиц физических величин?
- 3) Что необходимо выполнить для установления производных единиц?
- 4) Что называется производной единицей СИ.
- 5) Дайте определение когерентности.
- 6) Что является единицей длины. Определение.
- 7) Назовите дополнительные величины единиц СИ.
- 8) Где и когда дополнительные величины единиц СИ были переведены в класс производных, имеющих специальные названия.

#### **Литература**

1. Радкевич Я. М. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров / Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе. -5 изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. – 813с.

2. Сергеев А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров / А.Г. Сергеев, В.В. Тегеря.- М.: Юрайт; ИД Юрайт, 2013. – 838 с.

3. ЭБС Лань Кайнова В.Н., Гребнева Т.Н., Тесленко Е.В., Куликова Е.А. Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум. Электронный учебник. Издательство Лань, 2015.

4. Сергеев А.Г., Латышев М.В., Тегеря В.В. Метрология, стандартизация, сертификация: Учебное пособие. – М.: Логос, 2005. – 536с.

## Приложение А

Таблица 1 – Основные единицы физических величин

Величина			Единица		
наименование	размерность	рекомендуемое обозначение	наименование	русское	обозначение международное
Длина	Основные				
	L	l	метр	м	kg
Масса	M	m	килограмм	кг	
Время	T	t	секунда	с	
Сила электрического тока	I	I	ампер	А	A
Термодинамическая температура	Q	T	кельвин	К	K
Количество вещества	N	n,v	моль	моль	mol
Сила света	J	j	кандела	кд	cd
Плоский угол	Дополнительные				
	-	-	радиан	рад	rad
Телесный угол	-	-	стерадиан	ср	sr

## Приложение Б

Таблица 2 – Некоторые производные единицы различных величин

Величина		Наименование	Обозначение	
наименование	размер- мер- ность		русское	
<b>1. Производные единицы пространства и времени</b>				
Площадь	$L^2$	Квадратный метр	$m^2$	$m^2$
Объем, вместимость	$L^3$	Кубический метр	$m^3$	$m^3$
Скорость	$LT^{-1}$	Метр в секунду	$m/c^{-1}$	$m/s^{-1}$
Ускорение	$LT^{-2}$	Метр на секунду в квадрате	$m/c^{-2}$	$m/s^{-2}$
Частота	$T^{-1}$	Герц	Гц	Hz
Частота вращения	$T^{-1}$	Секунда в минус первой степени	$c^{-1}$	$s^{-1}$
Угловая скорость	$T^{-1}$	РадIAN в секунду	рад/с	rad/s
Угловое ускорение	$T^{-2}$	РадIAN на секунду в квадрате	рад/с <sup>2</sup>	rad/s <sup>2</sup>
<b>2. Производные единицы механических величин</b>				
Плотность	$L^{-3}M$	Килограмм на куб. метр	$кг/m^3$	$kq/m^3$
Момент инерции	$L^2M$	Килограмм-метр в квадрате	$кг·m^2$	$kq·m^2$
Импульс	$LMT^{-1}$	Килограмм-метр на секунду	$кг·m/c$	$kq·m/s$
Момент импульса	$L^2MT^{-1}$	Килограмм-метр в квадрате на секунду	$кг·m^2/c$	$kq·m^2/s$
Сила, вес	$LMT^{-2}$	ньютон 1Н = 1 кг·м/с <sup>2</sup>	Н	N
Момент силы	$L^2MT^{-2}$	ньютон-метр	Н·м	N·m
Импульс силы, количество движения	$LMT^{-1}$	ньютон-секунда	Н·с	N·c
Давление, напряжение, модуль упругости	$L^{-1}MT^{-2}$	паскаль	Па	Pa
Поверхностное натяжение	$MT^{-2}$	1Па = 1 Н/м <sup>2</sup> Ньютон на метр	Н/м	N/m
Работа, энергия	$L^2MT^{-2}$	Джоуль 1Дж = 1Н·м	Дж	J
Мощность	$L^2MT^{-3}$	Ватт 1Вт = 1Дж/с	Вт	W
Динамическая вязкость	$L^{-1}MT^{-4}$	Паскаль-секунда	Па·с	Pa·s
Кинетическая вязкость	$L^2T^{-1}$	Квадратный метр на секунду	$m^2/c$	$m^2/s$
Ударная вязкость	$MT^{-2}$	Джоуль на квадратный метр	Дж/м <sup>2</sup>	J/m <sup>2</sup>

Продолжение таблицы 2

Величина		Наименование	Обозначение	
наименование	размерность		русское	
3. Производные единицы тепловых величин				
Количество теплоты, внутренняя энергия	$L^2MT^{-2}$	Джоуль	Дж	J
Удельное количество теплоты	$L^2MT^{-2}$	Джоуль на килограмм	Дж/кг	J/kg
Теплоемкость удельная	$L^2T^{-2}\theta^{-1}$	Джоуль на килограмм-кельвин	Дж/(кг·К)	J/(kg·K)
Теплопроводность	$LMT^{-3}\theta^{-1}$	ватт на метр-кельвин	Вт/(м·К)	W/(m·K)
4. Производные единицы электрических магнитных величин				
Электрический заряд	П	Кулон 1Кл = 1 А·с	Кл	С
Электрический потенциал, напряжение, ЭДС	$L^2MT^{-3}I^{-1}$	Вольт 1В = 1Дж/Кл	В	V
Электрическая емкость	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$	Фарада 1Ф = 1Кл/1В	Ф	F
Электрическое сопротивление	$L^2MT^{-3}I^{-2}$	Ом 1Ом = 1В/1А	Ом	$\Omega$
Удельное сопротивление	$L^3MT^{-3}I^{-2}$	Ом-метр	Ом·м	$\Omega\cdot m$
Электрическая проводимость	$L^{-2}M^{-1}T^3I^2$	Сименс 1См = 1А/1В	См	S
Магнитный поток	$L^2MT^{-2}I^{-1}$	Вебер 1Вб = 1В·с	Вб	W
Магнитная индукция	$MT^{-2}I^{-1}$	Тесла 1Тл = 1Н/(А·м)	Тл	T
Индуктивность	$L^2MT^{-2}I^{-2}$	Генри 1Гн = 1Вб/1А	Гн	H
5. Произвольные величины основных световых величин и величин энергетической фотометрии.				
Световой поток	J	Люмен	лм	lm
Освещенность	$L^{-2}J$	Люкс 1лк = 1лм/м <sup>2</sup>	лк	lx
Светимость	$L^{-2}J$	люмен на квадратный метр	лм/м <sup>2</sup>	lm/m <sup>2</sup>



Продолжение таблицы 2

Величина		Наименование	Обозначение	
наименование	размерность		русское	
Яркость	$L^{-2}J$	Кандела на квадратный метр	Кд/м <sup>2</sup>	cd/m <sup>2</sup>
Поток излучения	$L^2MT^{-3}$	Ватт	Вт	W
Энергетическая освещенность	$MT^{-3}$	Ватт на квадратный метр	Вт/м <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>
Энергетическая яркость	$MT^{-3}$	Ватт на стерадиан квадратный метр	Вт/(срм <sup>2</sup> )	W/sr·m <sup>2</sup>

### Практическая работа №2

## ПРАВОВАЯ ОСНОВА МЕТРОЛОГИИ

*Цель работы.* Изучение основных положений закона РФ «Об обеспечении единства измерений».

*Продолжительность работы:* 4 часа (зад. 1-6); 2 часа (зад. 1-4).

### 1 Теоретические сведения

Закон РФ «Об обеспечении единства измерений» (выдается на занятии).

Этот закон был принят ФЗ№102 от 26.06.2008 года. Он устанавливает правовые основы обеспечения единства измерений в Российской Федерации, регулирует отношения государственных органов управлен с юридическими и физическими лицами по вопросам изготовления, выпуска, эксплуатации, ремонта, продажи и импорта средств измерений и направлен на защиту прав и законных интересов граждан, установленного правопорядка и экономики Российской Федерации от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений.

**Задание 1.** Обоснуйте цель Закона «Об обеспечении единства измерений».

**Задание 2.** Используя текст Закона «Об обеспечении единства измерения», охарактеризуйте следующие понятия:

- 1) Единство измерений;
- 2) Средство измерений;
- 3) Эталон единицы величины;
- 4) Государственный эталон единицы величины;
- 5) Нормативные документы по обеспечению единства измерений;
- 6) Метрологическая служба;
- 7) Метрологический контроль и надзор;
- 8) Поверка и калибровка средств измерений;
- 9) Сертификат об утверждении типа средств измерений.
- 10) Аккредитация на право поверки средств измерений;
- 11) Сертификат о калибровке.

**Задание 3.** Перечислите статьи Закона «Об обеспечении единства измерений», определяющие состав и компетенцию Государственной метрологической службы.

**Задание 4.** Руководствуясь статьями Закона «Об обеспечении единства измерений» охарактеризуйте функции Государственного метрологического контроля и надзора.

**Задание 5.** Укажите права государственных инспекторов по обеспечению единства измерений.

**Задание 6.** Перечислите обязанности государственных инспекторов при выявлении нарушений метрологических правил и норм.

## **Контрольные вопросы**

1. Какие виды проверок вы знаете? Охарактеризуйте их.
2. Что такое поверительное клеймо и свидетельство о поверке?
3. Что такое лицензия? Что вы знаете о лицензировании деятельности юридических и физических лиц по изготовлению, ремонту, продаже и прокату средств измерений?
4. Что вы знаете об ответственности государственных инспекторов при осуществлении ГМК и Н?
5. Каковы обязанности юридических и физических лиц по отношению к государственному инспектору при проведении им ГМКиН?
6. Какие объекты ГМК вы знаете?
7. Что является сферой деятельности ГМН?
8. Что означает понятие «фасованные товары»?
9. Какие установлены требования к индивидуальной упаковке?
10. В чем состоит основное требование, предъявляемое к партии фасованных товаров в упаковках?

## **Список литературы**

1. Лифиц И.М. Стандартизация, метрология и сертификация / И.М.Лифиц.-9-е изд., перераб. и доп.-М.: Издательство Юрайт; Высшее образование, 2009.
2. Метрология. Стандартизация. Сертификация: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям стандартизации, сертификации и метрологии, направлениям экономики и управления /

[А.В. Архипов и др.; под ред. В.М. Мишина. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2009.

3. Сергеев А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров / А.Г. Сергеев, В.В. Тегеря.- М.: Юрайт; ИД Юрайт, 2013. – 838 с.

4. Радченко Л.А. Основы метрологии, стандартизации и сертификации в общественном питании: учебное пособие / Л.А. Радченко. - Изд. 2-е., доп. И испр. – Ростов н/Д; Феникс, 2009

5. Дорофеев В.С., Вахтанов С.И. Метрология стандартизация и сертификация: практикум дисциплины. – М.: МГУТУ, 2013.-с. 95

### Практическая №3

## **ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ КОНЦЕВЫЕ МЕРЫ ДЛИНЫ**

*Цель работы:* Изучить назначение и приобрести навыки применения плоскопараллельных концевых мер длины.

*Применяемые измерительные инструменты, детали, материалы, стандарты:* наборы плоскопараллельных концевых мер длины (ПКМД) и принадлежности к ним; бензин; спирт; вазелин; фланелевые салфетки; стандарт ГОСТ 9038-90.

### **1 Теоретические сведения**

#### *1.1 Общие сведения о плоскопараллельных концевых мерах длины*

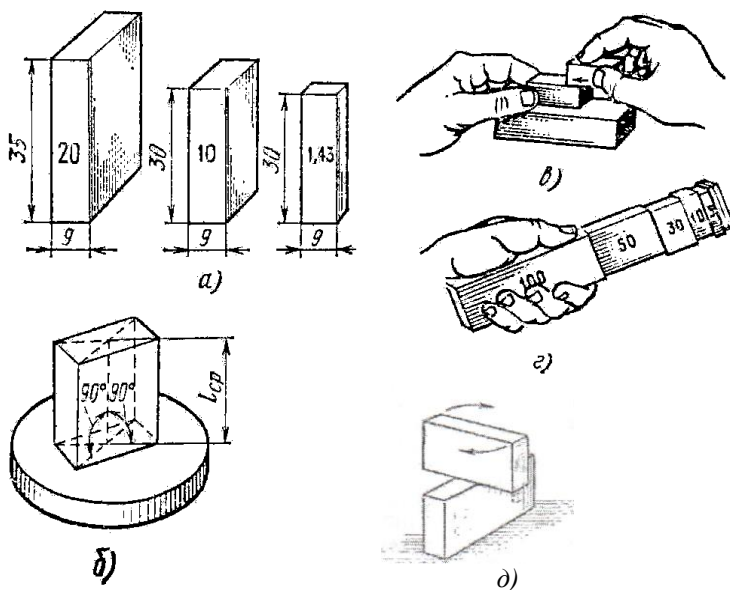
Плоскопараллельные концевые меры длины (ПКМД) (ГОСТ 9038-83) являются основным средством обеспечения линейных измерений, и сохранения единства мер в машиностроении и приборостроении. Они служат для передачи линейного размера от эталона до изделий в производстве.

С их помощью проверяют, градуируют и настраивают измерительные приборы и инструменты. В тоже время их используют при снятии размеров деталей, их контроле, проведении точных разметочных работ. Для проверки и градуировки измерительных средств, применяют *образцовые меры*, а для измерения деталей, их контроля и разметки - *рабочие*.

Плоскопараллельные концевые меры длины представляют собой бруски из закалённой стали марок 20ХГ, Х, ШХ-15, ХГ (ГОСТ 9038-73) с температурным коэффициентом расширения  $(11,5 \pm 0,1)10^{-6}$  мм на  $1^{\circ}\text{C}$  при измерении температуры от  $+10$  до  $+30^{\circ}\text{C}$  (твёрдость измерительной поверхности должна быть не менее ; твёрдого сплава ВК6М с температурным коэффициентом расширения  $3,6 \cdot 10^{-6}$  мм на  $1^{\circ}\text{C}$ . Это позволяет повысить их износостойкость в 10...40 раз по сравнению с износостойкостью стальных (ГОСТ 13581-81), а также из кварца, имеющие форму прямоугольных параллелепипедов, как показано на рисунке 1а. Две противоположные измерительные поверхности каждой концевой меры обрабатываются с высокой точностью путём шлифования и доводки. Шероховатость измерительных поверхностей стальных мер на базовой длине 0,08 мм не должна быть  $R_z \leq 0.063$  мкм.

За размер концевой меры принимают её срединный размер, т.е. расстояние от середины одной рабочей поверхности меры (места пересечения диагоналей) до плоскости, к которой притёрта мера другой рабочей поверхностью, в соответствии с рисунком 1б.

Концевые меры обладают способностью притираться при их надвигании одну на другую. Благодаря этой способности их можно собирать в блоки разных размеров, как показано на рисунке 1 в.



а) концевые меры длины; б) срединная длина меры;  
в), г) притирание концевых мер; г) блок мер

Рисунок 1 – Плоскопараллельные концевые меры длины

Наибольшая по абсолютному значению разность между длиной меры в любой точке и ее номинальной длиной составляет отклонение длины меры:

$$e_L = L_{cp} - L.$$

Разность между наибольшей и наименьшей длинами определяет отклонение от плоскопараллельности. Номинальная длина концевой меры гравировается на боковой поверхности меры (для мер свыше 5,5 мм) или рабочей поверхности (для мер до 5,5 мм), рисунок 1а.

### *1.2 Точность изготовления и аттестация концевых мер*

Меры изготавливаются с размерами поперечного сечения 15x5, 20x9, 30x9 и 35x9. В соответствии с требованиями стандарта (ГОСТ 9038-90). концевые меры по точности изготовления делят на шесть классов: 00;0;01;1;2;3-из стали, 00;0;1;2;3 – из твердого сплава. Для концевых мер, находящихся в эксплуатации, установлены дополнительно два класса – 4 и 5. Концевые меры класса 00 изготавливают по заказу потребителя.

Концевые меры аттестуются в соответствии с их назначением в качестве образцовых мер 1, 2, 3, 4-го или 5-го разряда. К концевым мерам, характеризуемым разрядами, дается аттестат, в котором указывается отклонение действительного размера плитки от номинального (таблица 1). Разряд концевой меры характеризуется предельной погрешностью прибора, с помощью которого определяли срединную длину меры, и ее предельным отклонением от плоскопараллельности.

### *1.3 Наборы концевых мер*

Концевые меры длины для удобства пользования выпускают наборами (ГОСТ 9038-90, приложение, таблица 2) и россыпью по заказам. Набор представляет собой деревянный или пластмассовый ящик с помещёнными в нем плитками в ячейках. Наборы, отличаются, друг от друга различным количеством мер, их размерами и классом точности. Предусмотрен 21 стандартный набор стальных и 8 наборов твердосплавных мер. Наборы стальных мер также могут содержать защитные твердосплавные плитки.

Класс точности набора определяется низшим классом отдельной меры, входящей в набор, при проверке мер после их изготовления или через определенное время их эксплуатации. К каждому набору прила-

гается паспорт, в котором указываются номинальная длина каждой меры и ее отклонение.

#### *1.4 Указания по составлению блока плиток*

Притираемость и высокая точность – главные свойства концевых мер, определяющие их ценность как измерительных средств. Притираемость мер объясняется их молекулярным притяжением (сцеплением), когда они покрыты тончайшей плёнкой смазывающей жидкости (толщина плёнки не превышает 0,002 мм, что незначительно влияет на точность размера блока концевых мер).

При составлении блока требуемого размера из концевых мер следует руководствоваться следующими правилами:

– блок необходимо составлять из возможно меньшего числа концевых мер;

– вначале следует выбрать меры, позволяющие получить тысячные доли миллиметра, затем сотые, десятые и, наконец, целые миллиметры. Например, для получения блока размером 68,135 мм нужно взять концевые меры в следующей последовательности: 1,005+1,13+6+60 мм.

Вышеуказанное правило о составлении блока плиток из возможно наименьшего числа плиток объясняется наличием погрешности размера каждой плитки и, поэтому, очевидно, что чем больше будет мер в блоке, тем больше будет погрешность блока.

Численное значение предельной погрешности каждой плитки  $\Delta \lim$  принимается по таблицам стандарта (ГОСТ 9038-90, таблица 3), а предельная погрешность блока  $\Delta \lim_{\text{бл}}$ , определяется из уравнения

$$\pm \Delta \lim_{\text{бл}} = \sqrt{\Delta^2 \lim_1 + \Delta^2 \lim_2 + \Delta^2 \lim_3}, \quad (1)$$



где  $\Delta \text{lim}_1$  ,  $\Delta \text{lim}_2$  - предельные погрешности первой, второй  
и т.д. плиток.

Таблица 1 – Техническая характеристика концевых  
плоскопараллельных мер длины (ГОСТ 9038-90, ГОСТ 8.166-75)

Допускаемые отклонения для класса точности, мкм		Номинальная длина концевой меры, мм				
		До 10	свыше 10 до 25	свыше 25 до 50	свыше 50 до 75	свыше 75 до 100
00	от номинального значения	$\pm 0,05$	$\pm 0,07$	$\pm 0,10$	$\pm 0,120$	$\pm 0,14$
	от плоскопараллельности	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07
0	от номинального значения	$\pm 0,10$	$\pm 0,14$	$\pm 0,20$	$\pm 0,25$	$\pm 0,30$
	от плоскопараллельности	0,09	0,10	0,10	0,12	0,12
1	от номинального значения	$\pm 0,18$	$\pm 0,27$	$\pm 0,35$	$\pm 0,45$	$\pm 0,55$
	от плоскопараллельности	0,14	0,14	0,16	0,16	0,18
2	от номинального значения	$\pm 0,35$	$\pm 0,55$	$\pm 0,70$	$\pm 0,90$	$\pm 1,10$
	от плоскопараллельности	0,27	0,27	0,27	0,32	0,32
3	от номинального значения	$\pm 0,80$	$\pm 1,20$	$\pm 1,60$	$\pm 2,00$	$\pm 2,50$
	от плоскопараллельности	0,30	0,30	0,30	0,35	0,35
4	от номинального значения	$\pm 2,00$	$\pm 2,50$	$\pm 3,00$	$\pm 4,00$	$\pm 5,00$
	от плоскопараллельности	0,60	0,60	0,60	0,80	0,80
5	от номинального значения	$\pm 4,00$	$\pm 5,00$	$\pm 6,00$	$\pm 8,00$	$\pm 10,0$
	от плоскопараллельности	0,60	0,60	0,60	0,80	0,80

*Примечание.* Нормы точности для классов 00, 0, 1, 2 и 3 установлены  
ГОСТ 9038-90, для классов 4 и 5 – ГОСТ 8.166-75

Подобранные для составления блока меры очищаются от смазки, промываются в чистом бензине и протираются мягкой фланелевой салфеткой. Промытые и вытертые меры необходимо брать руками за нерабочие поверхности. Сборка плиток в блок производится последовательной их притиркой друг к другу. Притирку осуществляют следующим способом. Взяв концевую меру за боковые плоскости, накладывают её на притираемую меру или блок так, чтобы рабочие плоскости совмещались примерно на половину их длины. Затем, слегка нажимая на верхнюю плитку, надвигают её на нижнюю до полного контакта рабочих поверхностей, как показано на рисунке 1в. Концевые меры или блок концевых мер размером более 5,5 мм можно притирать и так как показано на рисунке 1д. Притираемые меры накладывают друг на друга крестообразно и с небольшим нажатием поворачивают одну относительно другой до тех пор, пока измерительные плоскости плиток не совпадут.

#### *1.5 Наборы принадлежностей к концевым мерам длины*

Для производства с помощью концевых мер длины настройки приборов, проведения различных измерений и точной разметки выпускаются наборы принадлежностей к ним, в которые входят:

- державки (струбцины) для верхних пределов измерения 60, 110, 210 и 330 мм-4шт;
- плоскопараллельные боковинки размером 10 мм – 2шт;
- радиусные боковинки размером 2; 5; 10; 15 и 20мм – 10шт;
- центровой боковик – 1шт;
- чертильный боковик – 1шт и лекальная линейка.

На рисунке 2 показан пример применения принадлежностей для настройки индикаторного нутромера перед измерениями.

В струбцину 1 закладывают концевые меры 2 и боковички 3 и зажимают их винтом 4. Затем между измерительными поверхностями боковичков помещают настраиваемый нутромер 5

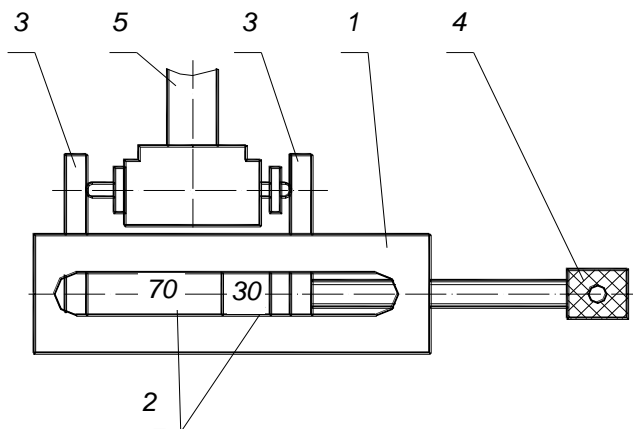


Рисунок 2 – Настройка индикаторного нутромера

## 2 Порядок выполнения работы

**Задание 1.** Составить блок плиток на заданный размер;

– определить по таблицам стандарта ГОСТ 9038-90 предельные погрешности каждой плитки, входящей в блок;

- рассчитать предельную погрешность блока по уравнению (1), результаты занести в таблицу 1.

Таблица 1– Предельные погрешности плиток и блока

Размер плитки, мм	Предельная погрешность плитки, мм	Предельная погрешность блока, мм

**Задание 2.** Дать характеристику используемого набора. Оформить в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Характеристика набора плиток, использованного для составления блока

Класс точности плиток	Размеры плиток, мм		Количество плиток в наборе, шт.	Состояние рабочих поверхностей
	градация	интервал размеров		

#### 4 Контрольные вопросы по теме

1. Назначение плоскопараллельных концевых мер длины?
2. Из каких материалов изготавливают ПКМД?
3. Градация концевых мер длины.
4. Что собой представляет мера?
5. Какой точности изготавливаются плоскопараллельные концевые меры длины?
6. Что представляют собой наборы плоскопараллельных концевых мер длины и чем они различаются между собой?
7. Условное обозначение наборов концевых мер.
8. Как составляется блок плиток, и какие правила рекомендуется при этом выполнять?
9. Что такое притираемость ПКМД?
10. Чем обусловлено свойство притираемости ПКМД?

11. Как определяются погрешности плиток и блока?
12. Какое максимальное количество штук должно быть в блоке?
13. Что необходимо сделать с концевыми мерами, прежде чем составить блок?

## **Литература**

1. Сергеев А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров / А.Г. Сергеев, В.В. Тегеря.- М.: Юрайт; ИД Юрайт, 2013. – 838с.
2. Радкевич Я. М. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров / Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе. -5 изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. – 813 с.
3. Леонов О.А., Карпузов В.В., Шкаруба Н.Ж. и др. Метрология, стандартизация и сертификация / Под ред. О.А. Леонова. – М.: КолосС, 2009. – 568 с.
4. Чижикова Т.В. Стандартизация, сертификация и метрология. Основы взаимозаменяемости. – М.: КолосС, 2008. – 224 с.
5. Михальченков А.М., Меметов Р.А., Киселева Л.С. Практикум по метрологии, стандартизации и сертификации. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – Брянск Брянский ГСХА, 2005. – 158 с.

### Практическая работа №4

## **ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТЫ**

*Цель работы:* Изучить устройство штангенциркулей, штангенрейсмусов и штангенглубиномеров, освоить приемы измерения размеров деталей этими инструментами.

*Применяемые инструменты, детали для измерения, приспособления, нормативные документы:* штангенциркули, штангенглубиномеры, штангенрейсмусы, коленчатые валы ДВС, а также различные детали машин, указания по выбору средств измерения и плакаты по теме.

## **1 Краткие теоретические сведения**

### *1.1 Общие сведения*

Штангенинструменты применяют для линейных измерений, не требующих высокой точности. В группу этих инструментов входят штангенциркули, предназначенные для измерения внутренних и внешних размеров; штангенглубиномеры, служащие для контроля глубины отверстий и пазов; штангенрейсмусы, которыми измеряют высоты деталей и используют для разметочных работ.

Отсчетным устройством у штангенинструментов является линейный нониус. Нониусом называется дополнительная шкала, нанесенная на линейке специального устройства. Это устройство выполняют обыкновенно в виде охватывающей рамки, скользящей вдоль штанги. Дополнительная шкала позволяет отсчитывать трудно отсчитываемые на глаз доли целых делений основной шкалы, нанесенной на штанге инструмента.

Нониусы изготавливают с ценой деления 0,10 и 0,05 мм.

Расчет нониуса производится следующим образом

Задаются параметрами проектируемого инструмента:

– интервалом деления основной шкалы –  $C$

– точностью отсчета (ценой деления нониуса) –  $i$

– модулем нониуса –  $Y$  (модуль показывает, сколько делений основной шкалы приблизительно соответствует одному делению шкалы нониуса)

По этим данным определяются параметры шкалы нониуса:

- число делений шкалы нониуса,  $n = \frac{c}{i}$
- интервал деления шкалы нониуса,  $b = c \cdot Y - i$
- длина шкалы нониуса  $l = b \cdot n$

**Например**, при  $i=0.05$  мм,  $c=1$  мм и  $Y=2$ , число делений  $n=20$ , интервал деления  $b=1,95$  мм и длина шкалы  $l=39$  мм.

### 1.2 Методика отсчета по нониусу

При сдвинутых вплотную губках штангенциркуля нулевой штрих нониуса совпадает с нулевым штрихом основной шкалы, а последний двадцатый штрих с размером 39 мм, рисунок 1. Первый после нулевого штрих шкалы нониуса не доходит до второго штриха (2 мм) основной шкалы на размер 0,05, второй штрих нониуса не доходит до четвертого (4 мм) на 0,10 мм, третий до шестого (6 мм) на 0,15 мм четвертый до восьмого на 0,20 мм и т.д.

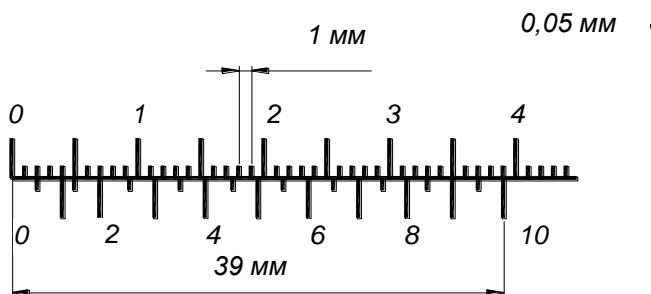


Рисунок 1 –Шкала нониуса штангенинструментов

Таким образом, совпадают только два штриха – нулевой и последний. Если рамку сдвинуть вправо на 0,05 мм то со вторым штри-

хом основной шкалы совпадает первый штрих нониуса, на 0,10 – второй штрих нониуса, на 0,15 мм – третий и т.д.

На рисунке 2 в первом примере совпадает седьмой штрих нониуса (размер 105,7 мм), во втором примере – двенадцатый (20,60 мм).

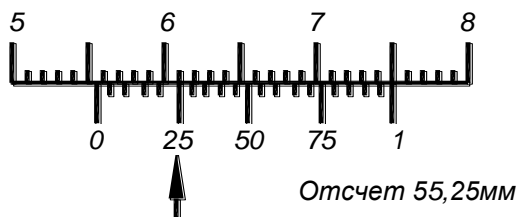
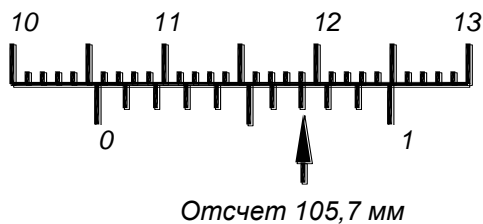


Рисунок 2 – Примеры отсчета по нониусу штангенинструмента

1.3. Штангенциркули выпускаются следующих трех типов:

– с двусторонним расположением губок для наружных и внутренних измерений и для разметки, а также устройством для малой подачи рамки, рисунок 3а;

– с двусторонним расположением губок для наружных и внутренних измерений и с линейкой для определения глубин, рисунок 3б и 4;

– с односторонними губками для наружных и внутренних измерений.



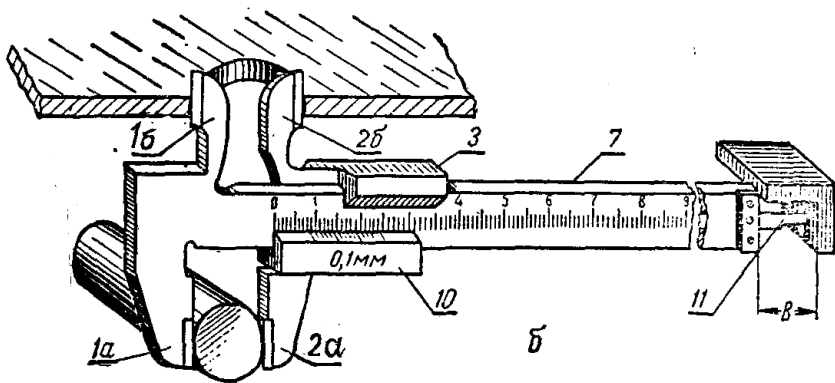
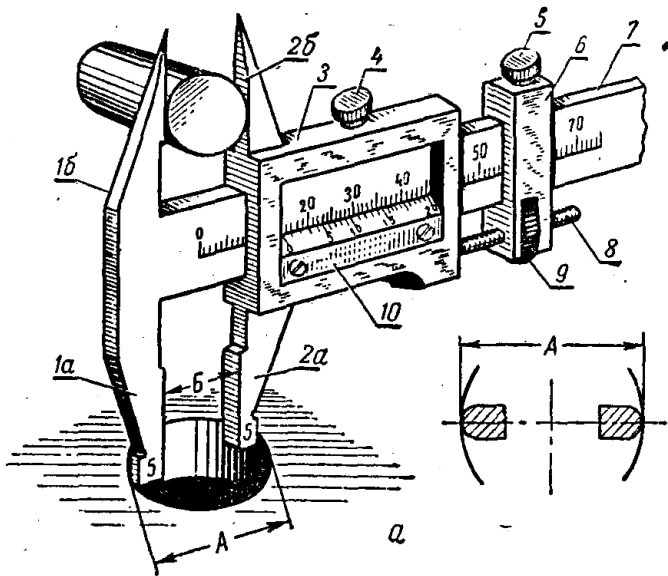


Рисунок 3 – Штангенциркули

Штангенциркуль состоит из штанги 7, неподвижных губок 1а и 1б, изготовленных заодно со штангой, рамки 3 с подвижными губками 2а и 2б, нониусной пластинки 10 и хомута 6. Рамка 3 и хомут 6 соеди-

нены между собой микрометрическим винтом 8 с гайкой 9. При помощи этого устройства осуществляется малая подача рамки 3. Положение рамки и хомута фиксируется винтами 4 и 5. В рамке установлена плоская изогнутая пружина, которая обеспечивает постоянное прилегание рамки к ребру штанги.

У штангенциркуля, изображенного на рисунке 3а нижние губки предназначены для измерения как внутренних, так и наружных размеров. Верхние губки служат для измерения наружных размеров, а их заостренные концы используют также для нанесения рисок при выполнении разметочных работ.

У штангенциркуля, изображенного на рисунке 3б с точностью отсчета по нониусу 0,1 мм, отсутствует устройство для обеспечения микроподачи, а шкала нониуса нанесена прямо на скос рамки 3. Эти штангенциркули снабжены приспособлением для измерения глубины или уступов. Приспособление представляет собой линейку 11, соединенную с рамкой и скользящую вместе с ней по направляющему пазу штанги.



Рисунок 4 – Электронный штангенциркуль  
(ELEKTRONIK DIGITAL CALIPER)

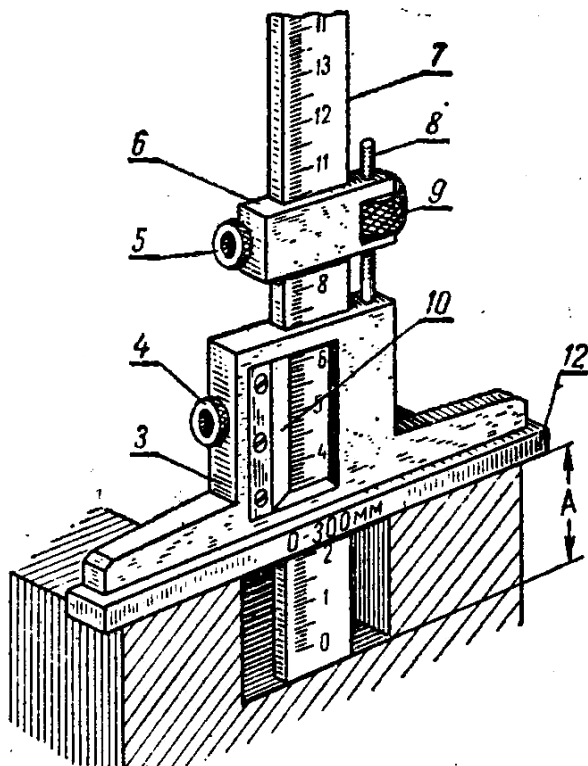
У штангенциркуля, изображенного на рисунке 4 с точностью отсчета 0,01 мм шкала нониуса заменена электронным устройством, которое позволяет измерять размеры, как в миллиметрах, так и в дюймах. Настройка таких штангенциркулей осуществляется следующим способом: сводят губки вместе и нажатием кнопки желтого цвета (кнопка с правой стороны) устанавливают инструмент на ноль.

При выполнении измерений нельзя проводить штангенциркулем вдоль изделия: необходимо в каждом измеряемом сечении устанавливать его заново. Нельзя также надвигать губки штангенциркуля на изделие с усилием при застопоренной рамке. Для уменьшения погрешностей, возникающих вследствие деформации губок, в процессе измерения не следует пользоваться микроподачей. Микроподачу используют только при установке необходимого размера. Стопорные винты не рекомендуется затягивать слишком сильно.

Перед тем как приступить к измерениям, необходимо проверить штангенциркуль. В первую очередь следует обратить внимание на поверхности губок. Они должны быть ровными без искривлений и забоин. Чтобы убедиться в этом губки сдвигают до полного соприкосновения. Между измерительными поверхностями не должно быть просвета, а нулевые штрихи обеих шкал должны совпадать. Затем проверяют рамку. Рамка должна ходить плавно, без заеданий и перекоса. Если же при затяжке винта возникает перекосяк и размер изменяется или же появляется клиновидный зазор между губками, то такой штангенциркуль непригоден для работы. Штангенциркули выпускают с пределами измерения: 0... 125, 0... 160, 0... 400, 250... 630 мм.

*1.4. Штангенглубиномером, показанном на рисунке 5, измеряют глубины, выточки, канавки и т.д. Он отличается от штангенциркуля*

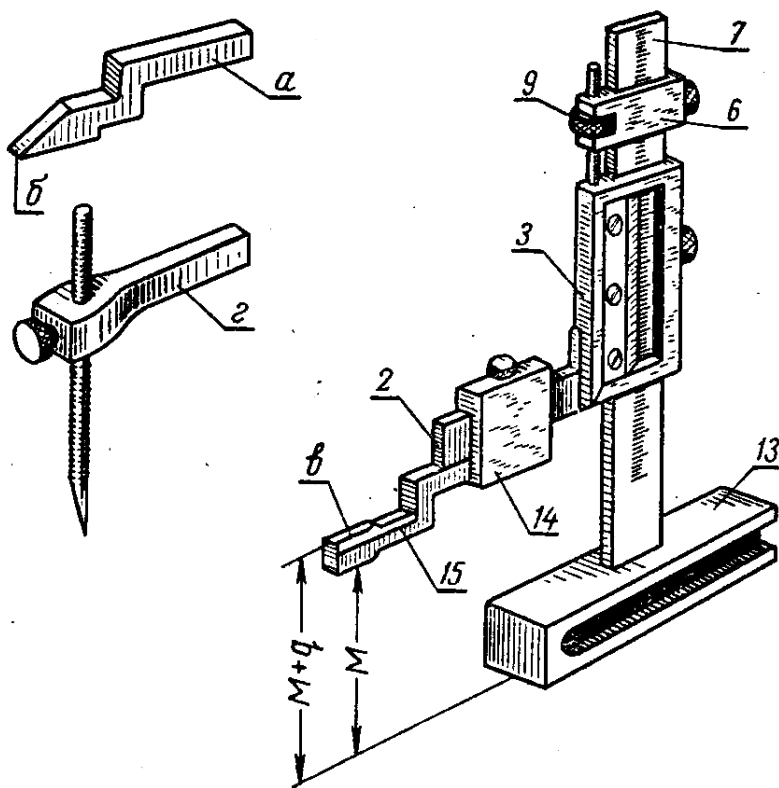
тем, что не имеет на штанге 7 неподвижных губок, а подвижные губки на рамке конструктивно оформлены в виде опорного основания – траверсы 12 с плоскостью, расположенной перпендикулярно к направлению штанги. Этой плоскостью штангенглубиномер устанавливают на измеряемый объект. Штангенглубиномеры изготавливают с пределами измерения: 0... 160; 0... 250; 0... 400 мм и с точностью отсчета 0,1; 0,05 мм.



3 – рамка; 4 и 5 – стопорные винты; 6 – хомут; 7 – штанга;  
8 – винт микроподачи; 9 – гайка микровинта; 10 – нониусная  
пластинка, 12 – основание - траверса

Рисунок 5 – Штангенглубиномер

1.5 Штангенрейсмус, показанный на рисунке 6, служит для измерения высот и выполнения разметочных работ при размещении измеряемых изделий и прибора на поверочной плите. Он имеет массивное основание 13 и рамку с одной подвижной губкой 2, на которую при помощи хомутика 14 монтируется ножки специальной конструкции для различных измерений.



2 – подвижная губка; 3 – рамка; 6 – хомут; 7 – штанга; 9 – гайка микровинта; 13 – основание; 14 – дополнительный хомут; 15 - ножка

Рисунок 6 – Штангенрейсмус

При измерении высоты штангенрейсмусом сначала устанавливают рамку грубо, а потом при помощи микрометрической подачи осторожно перемещают поверхность ножки до соприкосновения с измеряемой деталью. После этого отсчитывают показания.

Штангенрейсмусы выпускают с пределами измерения: 0... 250; 40... 400; 60... 630; 100... 1000 мм с точностью отсчета 0,1; 0,05 мм.

## 2 Порядок выполнения работы

**Задание 1.** Измерить размеры детали штангенинструментами и нанести их на эскиз (деталь выдает преподаватель):

- проверить техническое состояние измерительных инструментов;
- измерить размеры заданной детали, начертить эскиз детали и нанести на него размеры.

**Задание 2.** Измерить штангенглубиномером размеры глубин, уступов, высот деталей, выданных преподавателем.

Результаты измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты измерения штангенглубиномером

Глубина впадин и уступов, мм			
$L_1 =$	$L_2 =$	$L_3 =$	$L_4 =$

**Задание 3.** Записать метрологические характеристики инструментов в таблицу 2.

Таблица 2– Метрологические характеристики приборов

Наименование прибора	Пределы измерения, мм	Цена деления, мм		Предельная погрешность, мм
		Основной шкалы	Шкалы нониуса	

**Задание 4.** Рассчитать параметры шкалы нониуса штангенциркуля.

#### **4 Контрольные вопросы**

1. Перечислите основные метрологические показатели штангенинструментов.
2. Назовите и покажите основные части штангенциркуля, штангенглубиномера и штангенрейсмуса.
3. С какой точностью измеряют штангенинструменты?
4. Дайте определение понятию "модуль нониуса".
5. Приведите расчет параметров шкалы нониуса.
6. Какие измерения производятся штангенрейсмусом?
7. Приведите методику отсчета по нониусу при измерениях.

#### **Литература**

1. Сергеев А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров / А.Г. Сергеев, В.В. Тегеря.- М.: Юрайт; ИД Юрайт, 2013. – 838 с.
2. Радкевич Я. М.. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров / Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе. -5 изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. – 813 с.
3. Леонов О.А., Карпузов В.В., Шкаруба Н.Ж. и др. Метрология, стандартизация и сертификация / Под ред. О.А. Леонова. – М.: КолосС, 2009. – 568 с.
4. ЭБС Лань Кайнова В.Н., Гребнева Т.Н., Тесленко Е.В., Куликова Е.А. Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум. Электронный учебник. Издательство Лань, 2015.
5. Шкаруба Н.Ж. Метрология: Учебное пособие. – М.: МГАУ, 2007. – 162 с.

6. Михальченков А.М., Меметов Р.А., Киселева Л.С. Практикум по метрологии, стандартизации и сертификации. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – Брянск Брянский ГСХА, 2005. – 158 с.

## Практическая работа №5

### **МИКРОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ**

*Цель работы:* Изучить устройство и настройку микрометрических инструментов. Приобрести навыки измерения размеров деталей этими инструментами

*Применяемые измерительные инструменты и приспособления, нормативные документы и детали для измерения:* микрометры гладкие; нутромеры и глубиномеры микрометрические; наборы плоскопараллельных концевых мер длины и приспособления к ним; коленчатые валы.

#### **1 Краткие сведения по теме**

##### *1.1 Общие сведения*

К микрометрическим инструментам относятся микрометры гладкие для измерения наружных размеров; нутромеры (штихмассы) для определения внутренних размеров; глубиномеры и ряд микрометров специального назначения – листовые, трубные, призматические для измерения диаметров сверл, разверток, зенкеров и других инструментов, для измерения диаметров проволоки, зубомерные для измерения длины общей нормали зубчатых колес.

*1.1.1.* Самым распространенным из выше перечисленных является *микрометр гладкий типа МК*, показанный на рисунке 1 и типа МК Ц, на рисунке 2.



Микрометр состоит из следующих основных частей: скобы 8, неподвижной пятки 1, микровинта 3, стопора 7, стебля 4, барабана 5 и трещотки 6. Внутри стебля запрессована гайка, в которой вращается винт.

Микрометрические измерительные инструменты основаны на использовании винтовой пары (винт – гайка), которая преобразовывает вращательное движение микровинта в поступательное.

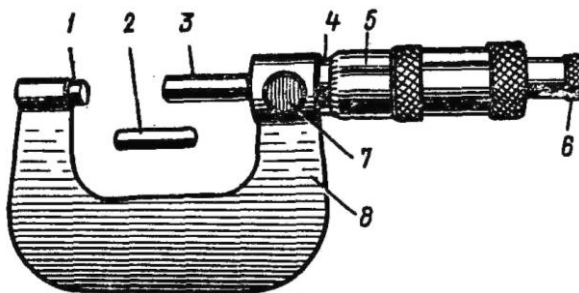


Рисунок 1 – Микрометр гладкий типа МК

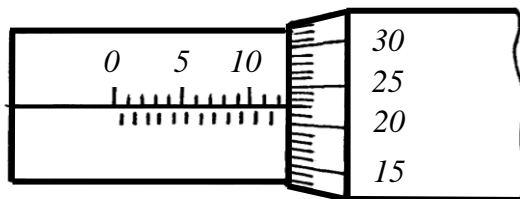


Рисунок 2 – Микрометр гладкий типа МК Ц

Отличие микрометров на рисунке 1 и 2 заключается в том, что у микрометра типа МК Ц отсутствует основная шкала на стебле и бара-

бан со вспомогательной шкалой. Они заменены электронным отсчетным устройством, которое позволяет измерять размеры, как в миллиметрах, так и в дюймах.

Отсчетное устройство микрометрических инструментов, рисунок 3, состоит из двух шкал: продольной 1 на стебле и круговой 2 на скосе барабана. Продольная шкала имеет два ряда штрихов, расположенных по обе стороны горизонтальной линии и сдвинутых относительно друг друга на 0,5 мм. Оба ряда штрихов образуют, таким образом, одну продольную шкалу с ценой деления, равной шагу микровинта 0,5 мм.



*Отсчет 12,22*

Рисунок 3 – Отсчетное устройство микрометрических механизмов

Круговая шкала обычно имеет 50 делений. Поворот барабана на одно деление вызывает осевое смещение микровинта на  $1/50$  часть шага, т.е. на 0,01, поэтому цена деления шкалы барабана составляет 0,01 мм.

Перед измерениями микрометр необходимо настроить на совпадение нулевого штриха барабана с горизонтальной линией на стебле и нулевого штриха на стебле с кромкой торца барабана. Если они не совпадают, то микрометр настраивают.

Настройку проводят в следующем порядке:

– вращая барабан за головку трещоточного устройства, приводят измерительные пятки в соприкосновение;

– в этом положении стопорят микровинт и отсоединяют барабан от установочного колпака, для этого придерживая барабан за левый рифленый поясok левой рукой, правой ослабляют установочный колпачок. В таком положении барабан свободно вращается вокруг стебля и его можно установить на ноль. Если же барабан крепится винтиком, нужно полностью отвинтить его, тем самым освободить барабан от стебля и установить на ноль.

Настройку микрометра типа МК Ц производят следующим образом: приводят измерительные пятки в соприкосновение (если микрометр измеряет в пределах от 0 до 25 мм), либо приводят измерительные пятки в соприкосновение с установочной мерой; фиксируют положение пяток стопорным винтом и нажатием кнопки желтого цвета (кнопка с правой стороны) устанавливают инструмент на ноль.

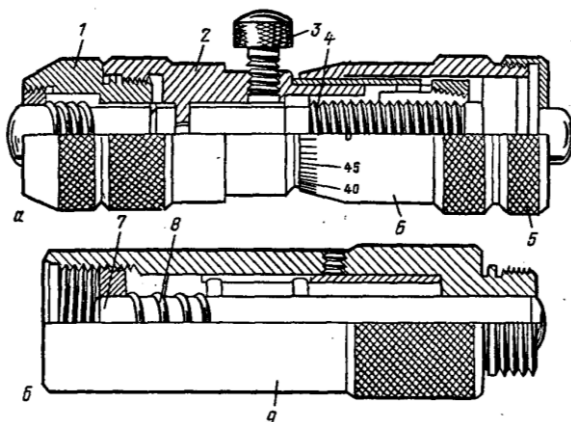
Гладкие микрометры типа МК в соответствии со стандартом ГОСТ 6507-90 могут иметь различные пределы измерения: для интервала размеров от 0 до 300 мм пределы измерения изменяются через 25 мм (0...25; 25...50; 50...75; 75...100 и т.д. до 300), а для интервала 300...600 мм через 100 мм (300...400; 400...500; 500...600).

*1.1.2 Нутромер микрометрический* состоит из микрометрической головки, рисунок 4а и набора удлинителей, рисунок 4б. Отсчетное устройство микрометрической головки такое же, как и у микрометра. Конец микрометрического винта 4 и конец стержня защитного удлинителя 1, ввертываемого в корпус 2 прибора – измерительные поверхности нутромера.

В нутромере нет устройства ограничивающего измерительное усилие. В измерительном отверстии его устанавливают на ощуп, поэтому погрешность при измерении нутромером значительно больше, чем при измерении микрометром.

Нутромер проверяют и настраивают по установочной мере, изготовленной в виде скобы.

Микрометрические нутромеры выпускают с пределами измерения 50...75; 75...175; 175...600 мм и точностью отсчета 0,01 мм.



- 1 – защитный удлинитель; 2 – корпус; 3 – стопорный винт;  
 4 – микрометрический винт; 5 – колпачок; 6 – барабан;  
 7 – стержень; 8 – пружина; 9 – трубка удлинителя

Рисунок 4 – Нутромер микрометрический

*1.1.3 Микрометрический глубиномер*, рисунок 5, состоит из основания 5, микрометрической головки 2, запрессованного в основание стебля 4. Нижняя плоскость основания и конец измерительного стержня – измерительные поверхности прибора.

Для увеличения диапазона измерений глубиномер снабжен сменными стержнями 6. Пределы измерения глубиномеров: 0...100 и 0...150 мм. На нуль глубиномер с измерительным стержнем 0...25 мм устанавливают на поверочной плите. Для этого основание прижимают к плите, а затем, вращая микрометрический винт 3, доводят вторую измерительную плоскость до соприкосновения с плитой. Закрепив, измерительный стержень стопорным винтом 1, прибор устанавливают на нуль. При измерении размеров более 25 мм используют остальные стержни и установочные меры 7.

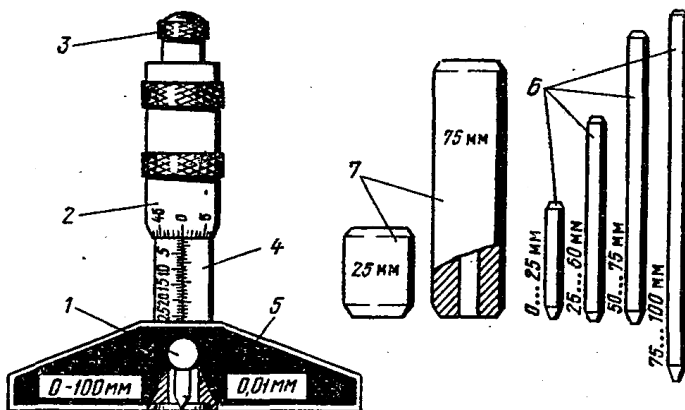


Рисунок 5 – Глубиномер микрометрический

## 2 Порядок выполнения работы

**Задание 1.** Измерить микрометром шатунные шейки коленчатого вала ДВС.

Микрометраж проводится в следующей последовательности:

а) измерить шейки вала в соответствии со схемой, представленной на рисунке 6, римскими цифрами обозначены сечения в продольных плоскостях, арабскими – в поперечных.

б) результаты измерения занести в таблицу 1 отчета;

в) провести анализ и обработку результатов измерения и определить: погрешности формы в поперечных сечениях (овальность); погрешности формы в поперечном сечении (овальность) определяется как половина разности размеров, полученных измерением в рассматриваемом сечении в плоскостях I-I, II-II по формуле:

$$\Delta = \frac{d_I - d_{II}}{2}.$$

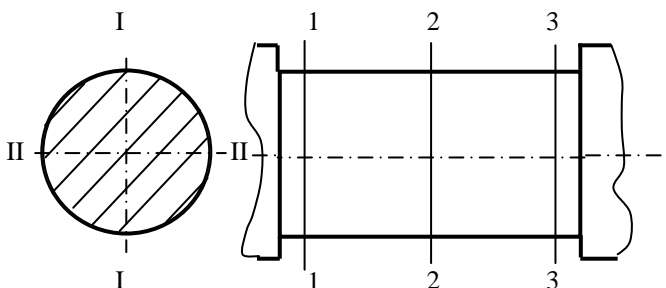


Рисунок 6 – Положение плоскостей и сечений при измерениях шеек коленчатого вала

Таблица 1 – Результаты микрометража шатунных шеек вала

Плоскости в сечениях при измерениях	Размеры шеек, мм			
	1 шейка	2 шейка	3 шейка	4 шейка
1	2	3	4	5
<b>Плоскость I-I</b>				
Сечение 1-1				
Сечение 2-2				
Сечение 3-3				
<b>Плоскость II-II</b>				
Сечение 1-1				
Сечение 2-2				
Сечение 3-3				
<b>Погрешность в сечениях</b>				

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Овальность 1-1				
Овальность 2-2				
Овальность 3-3				

**Задание 2.** Измерить микрометрическим глубиномером размеры глубин, уступов, высот деталей, выданных преподавателем.

Результаты измерений занести в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты измерения микрометрическим глубиномером

Глубина впадин и уступов, мм			
$L_1 =$	$L_2 =$	$L_3 =$	$L_4 =$

**Задание 3.** Записать метрологические характеристики инструментов в таблицу 3.

Таблица 3 – Метрологическая характеристика приборов

Наименование прибора	Пределы измерения, мм	Точность отсчета, мм	Цена деления шкалы, мм		Предельная погрешность инструмента, мм
			на стебле	на барабане	

### 3 Контрольные вопросы

1. Перечислите типы микрометрических инструментов с краткой характеристикой?
2. Перечислите основные метрологические показатели микрометра?

3. Объясните устройство гладкого микрометра и его отсчетного устройства?
4. Как производится настройка гладкого микрометра перед измерениями?
5. Изложите методику настройки микрометрического нутромера?
6. Почему измерения нутромером не достаточно точны?
7. По какой формуле рассчитывают овальность ?
8. Изложите методику настройки глубиномера?

### **Литература**

1. Сергеев А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров / А.Г. Сергеев, В.В. Тегеря.- М.: Юрайт; ИД Юрайт, 2013. – 838 с.
2. Радкевич Я. М.. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров / Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе. -5 изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. – 813 с.
3. Леонов О.А., Карпузов В.В., Шкаруба Н.Ж. и др. Метрология, стандартизация и сертификация / Под ред. О.А. Леонова. – М.: КолосС, 2009. – 568 с.
4. ЭБС Лань Кайнова В.Н., Гребнева Т.Н., Тесленко Е.В., Куликова Е.А. Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум. Электронный учебник. Издательство Лань, 2015.
5. Шкаруба Н.Ж. Метрология: Учебное пособие. – М.: МГАУ, 2007. – 162с.
6. Михальченков А.М., Меметов Р.А., Киселева Л.С, Практикум по метрологии, стандартизации и сертификации: Учебное пособие – Брянск.: Издательство Брянской ГСХА. 2005 – 158 с.



## ИНДИКАТОРНЫЕ ПРИБОРЫ

*Цель работы:* Изучить типы и конструкцию индикаторных приборов и головок. Освоить настройку приборов и приемы измерения деталей этими приборами

*Необходимые для проведения работы приборы, приспособления и детали:* индикаторные нутромеры, скобы, глубиномеры и головки; наборы концевых мер и принадлежности к ним; микрометр; стойки для приборов.

### 1 Краткие теоретические сведения

Индикаторные приборы предназначены для измерения деталей относительным методом измерения, при котором измерительный прибор перед измерениями настраивают на установочный размер (обычно за установочный принимается номинальный размер детали) с помощью концевых мер длины и приспособлений, а затем производят измерения, при этом прибор показывает не величину размера, а только отклонение от установочного размера

1.1 Основной частью индикаторных приборов является головка.

Наибольшее распространение получили *индикаторные головки, называемые индикаторами часового типа*. Инструментальная промышленность выпускает индикаторы часового типа марок ИЧ-2, ИЧ-5 и ИЧ-10, с точностью отсчета 0,01 мм и пределами измерения соответственно 0...2, 0...5 и 0...10 мм.

На рисунке 1 показано устройство индикатора часового типа ИЧ, а на рисунке 2 индикатор часового типа ИЧЦ.

Измерительный стержень 1, имеющий в средней части нарезанную рейку, перемещается вверх и вниз внутри гильзы 6. При своем перемещении он вращает двойное зубчатое колесо 3, которое, в свою очередь приводит во вращение трубки 2 вместе со стрелкой, закрепленной на одной с ней оси. Дополнительное зубчатое колесо 8 с пружинным волоском 7 устраняет погрешность от бокового зазора в зубчатых зацеплениях и зазоров в опорах. Колесо 8 постоянно удерживает в зацеплении зубчатые колеса, причем во время хода измерительного стержня вверх или вниз зацепление происходит по одной стороне зуба.

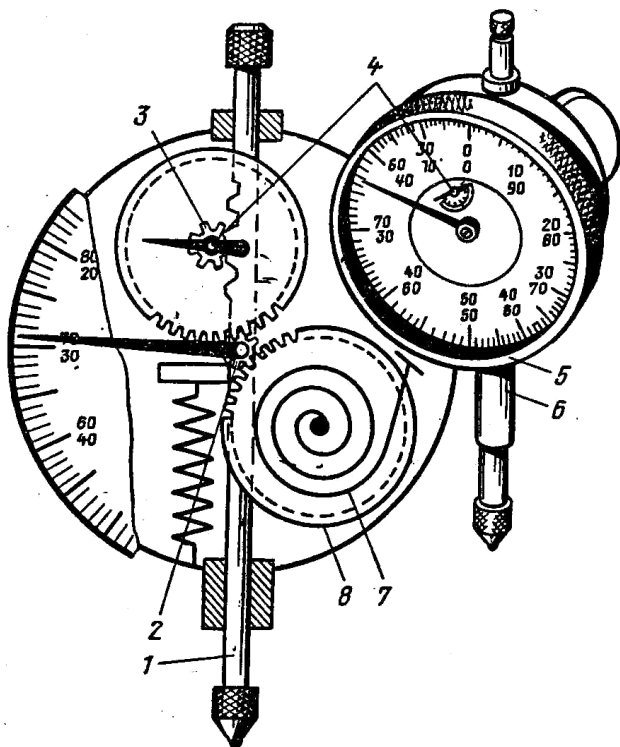


Рисунок 1 – Индикатор часового типа

Передаточные отношения в индикаторе подобраны так, что движению стержня на 1 мм соответствует один оборот стрелки. Так как шкала имеет 100 делений, цена деления шкалы индикатора равна 0,01 мм. Для установки на нуль шкалу индикатора поворачивают за накатанный ободок 5. Число оборотов большой стрелки индикатора или число целых миллиметров хода измерительного стержня определяют по перемещению малой стрелки 4. Цена деления шкалы малой стрелки равна 1 мм.

У индикаторной головки лишь одна измерительная поверхность 6 – конец измерительного стержня, поэтому измерять индикатором можно только в сочетании с приспособлениями.



Рисунок 2 – Индикаторная головка типа ИЧЦ

1.2 Наибольшее распространение получили следующие индикаторные приборы: нутромеры, скобы, глубиномеры, разные стойки, в том числе магнитные.

*Индикаторные нутромеры* по точности измерения и удобству их использования стоят значительно выше, чем микрометрические нутромеры. Наибольшее распространение получили индикаторные нутромеры с рычажной передачей, клиновой передачей и цанговые.

Индикаторные нутромеры с рычажной передачей изготавливают с пределами измерений: 6...10; 18...50; 50...100; 100...160; 160...250; 250...450; 450...700 мм.

Устройство нутромера показано на рисунке 3.

С корпусом 15 скреплена втулка 12, в которую с одной стороны ввернут регулируемый сменный стержень 14, а с другой – свободно перемещающийся вдоль оси стержень 2. Измерительные стержни – подвижный и регулируемый располагаются на одной оси. Стержень 14 после установки на размер  $B_{\Delta}$  закрепляют гайкой 13.

При установке индикаторного нутромера на размер необходимо следить за тем, чтобы риска измерительного стержня 2 находилась в плоскости торца втулки 12.

В этом положении оба плеча рычага 11 располагаются перпендикулярно к осям стержней 2 и 10, что обеспечивает предельное снижение погрешностей, возникающих в передаче. Перемещение стержня 2 вдоль своей оси передается стержню 10 через двуплечий рычаг 11, который вращается на оси 3. Стержень 10 давит на стержень индикаторной головки 8, помещенной в кожух 7, передавая показания стрелки индикатора. Положение индикаторной головки фиксируется винтом 9. Для уменьшения погрешности при измерениях в концы двуплечего рычага 11 впрессованы шарики 1, которыми они соприкасаются с

плоскими торцами стержней 2 и 10. Стержень 10 перемещается в направляющих втулках трубки 4, соединенной с корпусом. На верхний конец этой трубки насажена теплоизоляционная накладка 5.

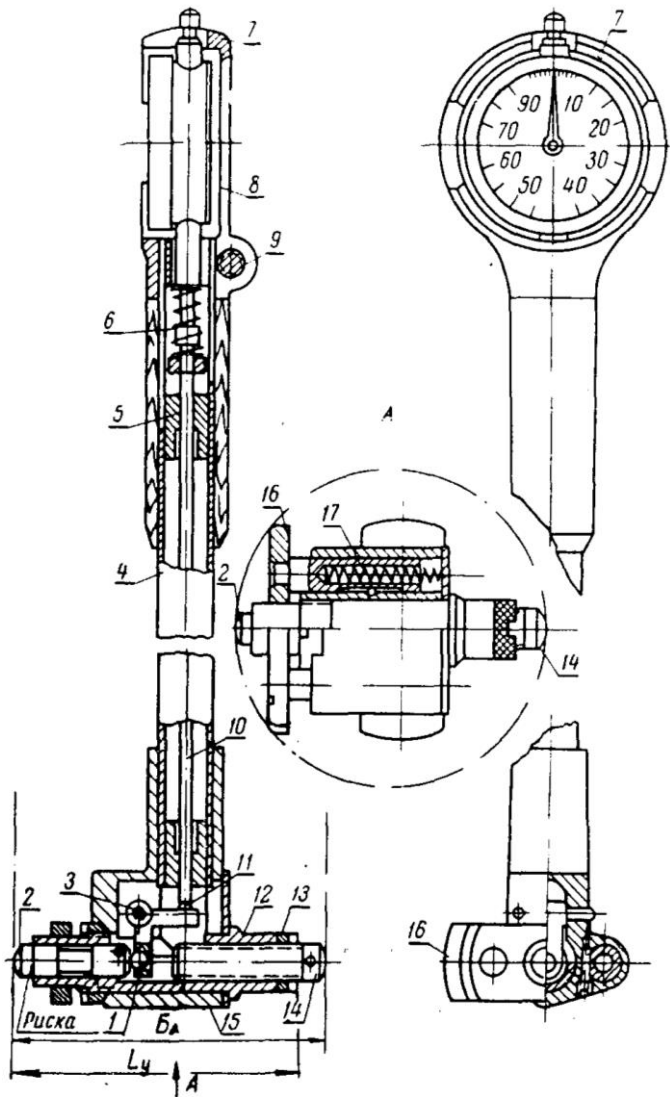


Рисунок 3 – Индикаторный нутромер с рычажной передачей

Измерительное усилие нутромера создается совместным действием пружины 6 и пружины индикатора.

Чтобы при измерениях оси измерительных стержней совпадали с диаметральной направлением, а не располагались по хорде, в конструкции нутромера предусмотрен центрирующий мостик 16, который под действием пружин 17 все время прижимается к образующим измеряемого объекта.

1.3 Настройка индикаторного нутромера перед измерениями в производственных условиях выполняется с помощью специальных установочных колец, внутренний размер которых является установочным и выполнен с очень высокой точностью.

Настройка же нутромеров в условиях лаборатории кафедры вуза производится с применением концевых мер длины и принадлежностей к ним в следующем порядке:

а) устанавливают необходимую индикаторную головку в прибор так, чтобы было удобно читать показания;

б) подбирают и устанавливают переставной стержень в соответствии с размером, который подлежит измерению;

в) составляют блок концевых мер с размером, равным номинальному диаметру измеряемого отверстия и устанавливают его в струбцину с боковичками. В случае отсутствия струбцины для этой цели используют микрометр.

г) собранный нутромер помещают между боковичками и устанавливают необходимый «натяг» («натяг» устанавливают для того чтобы индикатор мог показывать как отрицательные, так и положительные отклонения от установочного размера блока концевых мер, на которых настраивается прибор). Натяг можно установить путем выво-

рачивания переставного стержня. Величина натяга обычно зависит от величины изменения размера детали вследствие износа;

д) обеспечив необходимый натяг, поворотом циферблата устанавливают большую стрелку на нуль и фиксируют положение малой стрелки, после чего нутромер готов к измерениям.

1.4 *Индикаторная скоба*, рисунок 4, предназначена для измерения наружных размеров. Особенно эффективно применение индикаторной скобы при измерении размеров большого числа однотипных деталей. Индикаторная скоба имеет жесткий корпус 4 с теплоизоляционной накладкой 3. Подвижная пятка 7 находится в постоянном контакте с измерительным стержнем индикатора. Измерительное усилие скобы составляет  $7 \pm 2$  Н и создается совместным действием пружины 8 и пружины индикатора. Положение индикаторной головки фиксируется винтом 9. Переставную пятку 6, закрытую колпачком 5, можно передвигать в пределах от 50 до 100 мм. Ее рабочее положение фиксируется гайкой 10. При массовых измерениях одной и той же детали процесс измерения значительно облегчается, а производительность резко возрастает, если упорная пятка 12 будет заранее настроена на измеряемую величину. Упорную пятку устанавливают так, чтобы линия измерения проходила через центр измеряемого объекта, и в этом положении фиксируют стопором 11.

В целях предохранения измерительных поверхностей пяток от быстрого износа и поломки скоба имеет отводной рычаг 2, при помощи которого подвижную пятку 7, отводят влево, что облегчает ввод измеряемых деталей между измерительными поверхностями пяток.

Индикаторные скобы перед измерениями настраиваются с помощью концевых мер длины. Для этого составляют блок концевых

мер, размер которого равен номинальному размеру измеряемой поверхности и помещают его между пятками 6 и 7. Передвигая переставную пятку 6, устанавливают положение малой стрелки на цифру 1 или 2. Тем самым создают запас хода стержня индикатора на случай, если размер детали будет меньше номинального. После этого шкалу индикатора поворачивают за ободок, чтобы нулевой штрих совпал с концом большой стрелки. Отклонения стрелки при измерении будут равны отклонениям размера детали от номинального размера.

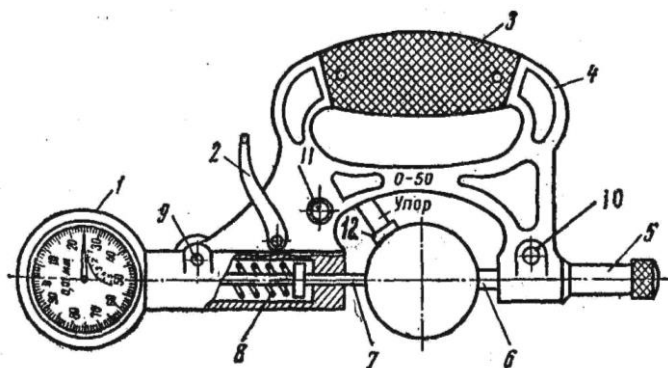


Рисунок 4 – Индикаторная скоба

1.5 *Индикаторный глубиномер*, рисунок 5, состоит из основания 2 с нижней измерительной поверхностью, индикатора 3 и измерительного стержня 1. Благодаря набору таких стержней (10 шт.) прибором можно измерять глубину в пределах от 0...100 мм.

При измерении глубины от 0 до 10 мм глубиномер настраивают на поверочной плите. Для этого прибор помещают основанием на плиту, а индикатор передвигают во втулке до тех пор, пока маленькая стрелка не станет против цифры 10. В этом положении индикатор закрепляют стопорным винтом 4, а нуль шкалы совмещают с большой стрелкой. Отклонение от базового размера 10 мм будет в этом случае абсолютным размером измеряемой глубины.



Если измеряют глубину больше 10 мм, то для установки на нуль используют две концевые меры или два блока концевых мер одинакового размера. Размер их должен равняться нижнему пределу измерения глубиномера с данным измерительным стержнем.

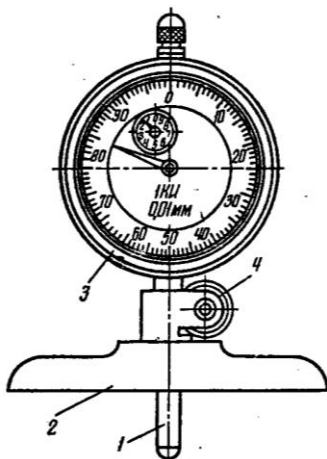


Рисунок 5 – Индикаторный глубиномер

## 2 Порядок выполнения работы

**Задание 1.** Измерить внутренний диаметр гильзы ДВС индикаторным нутромером

Измерения проводятся в следующей последовательности:

а) определяют размерную группу гильзы (обозначение группы на торце ободка);

б) по техническим условиям на дефектовку определяется размер гильзы для этой группы;

в) рассчитывается средний диаметр новой гильзы с учетом предельных отклонений;

г) измерения проводятся в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (I-I и II-II) и восьми сечениях, обозначенных арабскими цифрами, в соответствии с рисунком 6;

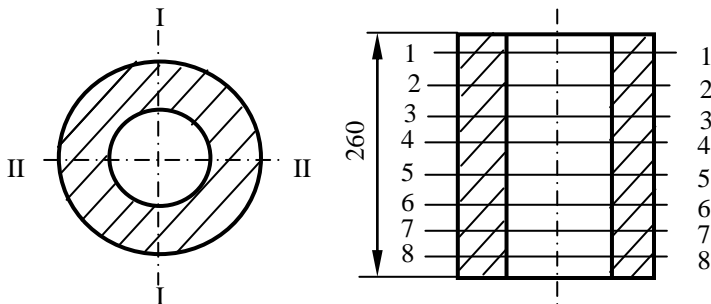


Рисунок 6 – Положение плоскостей и сечений при измерении износа гильзы

д) плавно покачивая прибор, наблюдают за положением стрелки индикатора и отмечают ее наибольшее отклонение, к которому она приходит при каждом покачивании. По этому отклонению и принимается измеряемый размер гильзы. Результаты измерения по всем сечениям заносятся в таблицу 1 отчета;

е) определяется величина отсчета износа гильзы по сечениям, и результаты заносятся в таблицу 1 отчета.

Износ внутренней поверхности гильзы определяется по методике ГОСНИТИ

$$\Delta = D_{\text{изм}} - D_{\text{ср}},$$

где  $\Delta$  – величина износа гильзы, мм;

$D_{\text{изм}}$  – измерительный диаметр изношенной гильзы, мм;

$D_{\text{ср}}$  – средний диаметр новой гильзы с учетом предельных отклонений, мм;

ж) по данным износа строятся кривые износа в двух продольных плоскостях, пример построения кривых износа приводится на рисунке 7.

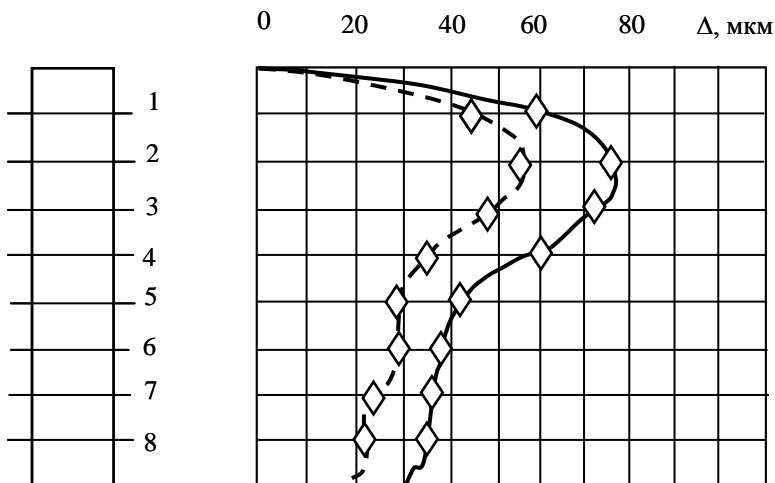


Рисунок 7 – Кривые, характеризующие износ гильзы

1. Результаты измерения гильзы тракторного двигателя индикаторным нутромером.

Размерная группа гильзы \_\_\_\_\_

Внутренний диаметр новой гильзы \_\_\_\_\_

Средний диаметр новой гильзы \_\_\_\_\_

Таблица 1 – Результаты микрометража гильзы

Сечение	Размеры, мм		Износ, мм	
	плоскость I-I	плоскость II-II	плоскость I-I	плоскость II-II

**Задание 2.** Дать метрологическую характеристику индикаторным приборам и оформить в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Метрологическая характеристика приборов

Наименование прибора	Пределы измерения, мм		Точность отсчета, мм	Предельная погрешность, прибора мм
	прибора	индикаторной головки		

#### 4 Контрольные вопросы

1. В чем заключается относительный метод измерения?
2. Какие виды индикаторных головок применяются при измерениях?
3. Приведите основные метрологические показатели индикаторного нутромера.
4. Как настраивается индикаторный нутромер перед измерениями?
5. Устройство и настройка индикаторной скобы.
6. Устройство и настройка индикаторного глубиномера.
7. Как определяется износ отверстия?
8. Устройство рычажного индикаторного нутромера.

#### Литература

1. Сергеев А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров / А.Г. Сергеев, В.В. Тегеря.- М.: Юрайт; ИД Юрайт, 2013. – 838 с.
2. Радкевич Я. М.. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров / Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе. -5 изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. – 813 с.

3. Леонов О.А., Карпузов В.В., Шкаруба Н.Ж. и др. Метрология, стандартизация и сертификация/ Под ред. О.А. Леонова. – М.: КолосС, 2009. – 568 с.

4. ЭБС Лань Кайнова В.Н., Гребнева Т.Н., Тесленко Е.В., Куликова Е.А. Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум. Электронный учебник. Издательство Лань, 2015.

5. Шкаруба Н.Ж. Метрология: Учебное пособие. – М.: МГАУ, 2007. – 162с.

6. Михальченков А.М., Меметов Р.А., Киселева Л.С, Практикум по метрологии, стандартизации и сертификации: Учебное пособие – Брянск.: Издательство Брянской ГСХА. 2005 – 158 с.

#### Практическая работа №7

### **ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**

*Цель задания:* Приобретение навыков выбора средств измерений для контроля размеров деталей.

#### **1 Теоретические сведения**

Размер, проставленный на чертеже, эскизе технологической карты изготовления, контроля, дефектации или обслуживании изделия, должен быть измерен с требуемой точностью. Измерение проводится по установленным правилам и приемам с помощью обоснованно выбранных средств измерения (СИ).

ГОСТ 16263 - 70 устанавливает основные термины и определения принятые в метрологии.

**Метрология** - наука об измерениях физических величин методами и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

*Основные задачи метрологии* - установление единиц физических величин государственных эталонов и образцовых средств измерений; разработка теории, методов и средств измерений и контроля; обеспечение единства измерений и единообразных средств измерений; разработка методов оценки погрешностей; состояния средств измерения и контроля, а также передачи размеров единиц от эталонов или образцовых средств измерений рабочим средством измерений.

**Измерение** - нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств,

**Измерить** - значит, сравнить действительный размер изделия с величиной, принятой за единицу измерения, т.е. установить, сколько единиц измерения содержится в контролируемом размере.

Значение физической величины, найденное при измерении, называют **действительным**.

Процесс измерения неизбежно сопровождается ошибками или погрешностями.

**Погрешностью** измерения называется отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

Погрешности при измерениях вызываются различными причинами: несовершенством СИ, нестабильностью условий проведения измерений, недостаточным опытом и субъективными ошибками лица, производящего измерения. Не совершенность измерительных приборов заключается в том, что они состоят из деталей, изготовленных с допуском, что приводит к погрешности показаний.

**Точность измерений** - качество измерения, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины.

Погрешности подразделяются на три группы: *систематические, случайные и грубые (промахи)*.

**Систематической** погрешностью измерения называется составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же величины. Эти погрешности вызываются неправильной градуировкой и установкой прибора, износом его подвижных деталей, а также несоблюдением правил пользования прибором, нарушением температурного режима при измерении и использовании неправильной методики измерения. Систематические погрешности стремятся перед измерением исключить или учесть введением поправок.

**Случайной** погрешностью измерения называется составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины и обусловленная случайными величинами, влияние которых на результаты измерений при единичных измерениях практически не может быть учтено. Выявление влияния случайных погрешностей заключается в проведении возможно большего числа измерений одной и той же величины с последующей обработкой результатов измерений на основе теории вероятностей и математической статистики.

**Грубой** погрешностью измерения (промахом), приводящим к явным искажениям результатов измерения, называется погрешность измерения существенно превышающая ожидаемую при данных условиях. Промахи из результатов измерения исключаются и не принимаются во внимание.

Погрешность СИ, возникающая при использовании его в нормальных условиях, когда влияющие величины находятся в пределах нормальной области значений, называют основной. Если значение влияющей величины выходит за пределы нормальной области значений появляется дополнительная погрешность.

Обобщенной характеристикой СИ, определяемой пределами основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами, влияющими на точность, значения которых устанавливаются в стандартах на отдельные виды СИ, является *класс точности СИ* (ГОСТ 8.401-80). Класс точности характеризует свойства СИ, но не является показателем точности выполненных измерений, поскольку при определении погрешности измерения необходимо учитывать погрешности метода, настройки и др.

### 1.1 Обоснование выбора средств измерений

Основным фактором, определяющим возможность применения того или иного измерительного прибора, является суммарная погрешность измерения с помощью этого прибора, включающая все составляющие, зависящие от самого СИ, установочных мер, базирования, температурных погрешностей и др.

Каждое средство измерений характеризуется основной погрешностью, величина которой указана в характеристике этого средства измерений. Выбор средства измерений, состоит в сравнении его основной погрешности с допускаемой погрешностью измерения; при этом основная погрешность должна быть меньше (или равна) допускаемой погрешности измерения.

Допускаемые погрешности измерений охватывают не только погрешности СИ, но и составляющие от других источников погрешности оказывающих влияние на погрешность измерения (установочные меры, базирование, температурные деформации и т.д.).

Допускаемые погрешности измерений относятся к случайным и неучтенным систематическим погрешностям измерений. Случайную составляющую погрешности можно выявить практически при всех видах



измерений. Однако эту часть погрешности иногда принимают за всю погрешность измерения. Однако случайная часть погрешности измерения не должна превышать 0,6 от нормируемой допускаемой погрешности измерения. Ограничивать неучтенную систематическую погрешность измерения не представляется возможным, поскольку для ее непосредственного определения необходимо иметь образцовые меры, что, особенно при точных измерениях, практически невозможно сделать.

Допускаемые погрешности измерения нормируются вне зависимости от способа измерения размеров диаметров и длин и устанавливаются ГОСТ 8.051-81. Допускаемые значения случайной погрешности измерения, установленные в стандарте, приняты равными  $2\sigma$ .

Для проведения измерений с погрешностями, не превышающими допускаемые ГОСТ 8.051-81 значения, необходимо иметь сведения о значениях погрешностей измерения различными измерительными средствами в различных условиях их применения. Такие сведения о погрешностях измерения измерительными средствами, серийно выпускаемыми специализированными заводами, даны в РД 50-98-86 «Методические указания. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм» (По применению ГОСТ 8.051-86) в таблице I и II.

В таблице I приведены сведения о погрешностях измерения различными измерительными средствами наружных размеров, размеров уступов и величин биения, а в таблице II - сведения о погрешностях измерений внутренних размеров.

При разработке материалов, содержащихся в таблицах I и II, использованы два принципиальные положения:

- измерительным средством одного вида может выполнить измерения с различной погрешностью, в зависимости от методики и условий выполнения измерения;

- для выбора измерительных средств и условий выполнения измерений необходимо оценивать возможные пределы погрешности измерения.

При этом имеется в виду, что измерительное средство соответствует предъявляемым требованиям и используется оператором, имеющим навык в работе с ним.

Погрешности измерений в таблицах I и II указаны без знаков  $\pm$ , т. е. указаны абсолютные значения предельных погрешностей измерения единичным измерительным средством, другими словами, даны предельные значения, на которые результаты измерения могут отличаться от истинного значения измеряемой величины

Варианты использования измерительных средств отличаются различной погрешностью средств измерений при использовании их на различных пределах измерения. Для некоторых измерительных средств варианты использования приведены в зависимости от класса и разряда концевых мер длины, применяемых для настройки. Для стрелочных отсчетных головок при измерении биений, т. е. колебаний размеров, варианты использования установлены в зависимости от применяемых штативов и стоек, а при измерении размеров - в зависимости от вида контакта. Для всех измерительных средств указан температурный режим измерения. Эти значения в общем случае нельзя относить ни к отклонениям, ни к колебаниям температуры окружающей среды в процессе измерения. В таблице II, где указаны погрешности измерений внутренних размеров существующими измерительными средствами, учитывается шероховатость поверхности измеряемой детали. При определении погрешности измерений учитывались субъективные погрешности отсчитывания показаний.

Варианты использования, зависящие от измерительных средств, отличаются значением перемещения измерительного стержня. Это означает, что при измерениях методом сравнения с мерой настройку прибора по установочной мере производят на такое значение размера, при котором отсчетное устройство прибора будет использовано в пределах перемещения измерительного стержня.

Следует подчеркнуть, что составляющую погрешности измерения, зависящую от средства измерения, во всех случаях принимают исходя из предположения, что прибор исправен и соответствует требованиям технической документации, в том числе и в отношении требований к расположению его в пространстве.

## 1.2 Выбор конкретных средств

Выбрать конкретное измерительное средство можно по таблицам I и II в зависимости от измеряемого размера, допуска на изготовление и допускаемой погрешности измерения по ГОСТ 8.051-86. Однако по таблицам I и II трудно выявить весь комплекс измерительных средств, которые можно использовать для измерения с допускаемой погрешностью.

Для упрощения процесса выбора конкретных измерительных средств составлены таблицы V-IX. В левой части таблиц указаны диапазоны номинальных размеров, сверху квалитеты, от IT2 до IT17, а на пересечении горизонтальных полос и вертикальных колонок указаны в виде дроби допускаемые погрешности измерений (числитель) и допуски на изготовление (знаменатель). Под ними номерами и буквами из таблиц I на II указаны измерительные средства и варианты их использования, при которых погрешность измерений не превышает допускаемых значений.

Для измерений внутренних размеров, а также глубин и уступов (в таблице VII и VIII) указана практически вся возможная номенклатура универсальных измерительных средств. При этом часть диапазонов номинальных размеров в некоторых качествах не обеспечена универсальными измерительными средствами. Для измерения этих размеров должны проектироваться специальные измерительные средства и разрабатываться соответствующие методики измерений.

Пример выбора конкретных измерительных средств.

На чертеже детали указан наружный диаметр 16h5 (16<sub>-0,008</sub>). Требуется выбрать средство измерения этого размера. В зависимости от конфигурации и габаритов детали и требований к методике выполнения измерения следует решить вопрос о выборе накладного или станкового измерительного средства.

Предполагается, что схема и методика выполнения измерения выбраны таким образом, что методическая погрешность сведена до пренебрежимо малой величины.

Выбор накладного средства измерений производим по таблице VI. В графе, соответствующей 5 качеству, для диапазона размеров св. 10 до 18 мм находим обозначение «бв». В таблице I под номером 6 указаны микрометр рычажный и скоба рычажная. Буквой «в» обозначены условия измерения: настройка на размер должна производиться по концевым мерам длины 2 класса, при использовании отсчета в пределах  $\pm 10$  делений шкалы; температурные условия характеризуются температурным режимом 5<sup>0</sup>С, при обеспечении надежной теплоизоляции от рук оператора. Сделана оговорка, что контакт измерительных поверхностей с деталью должен быть плоскостным или линейчатым. В данном случае, измеряемая поверхность цилиндрическая, последнее условие выполняется.

Выбор станкового средства измерения производим по таблице У. В графе, соответствующей 5 качеству, для диапазона размеров св. 10 до 18 мм находим группу обозначений: 9б, 10а, 15а, 20б, 21 а, 34а, 36б. По таблице I устанавливаем, что номерами 9 и 10 обозначены рычажно-зубчатые головки с ценой деления 2 и 1 мкм, 15 - микрокатор с ценой деления 2 мкм, 20 и 21 - пружинные малогабаритные головки с ценой деления 2 и 1 мкм, 34 - вертикальный и горизонтальный длинномеры, 36 - показывающий прибор с индуктивным преобразователем. Из указанных приборов выбираем тот, который имеется в наличии, который проще в обращении, и к условиям применения которого предъявляются менее жесткие требования.

Например, выбрана рычажно-зубчатая головка с ценой деления 1 мкм. В таблице 1.8 буквой «а» для нее обозначены следующие условия применения: установка в штативе с диаметром колонки не менее 30 мм и наибольшим вылетом до 200 мм (этим условиям удовлетворяют штативы Ш-ПН и ШМ-ПН), настройка по концевым мерам длины 5 разряда, температурный режим 20°C. Настройка на размер может производиться на произвольное деление, а отсчет может использоваться в пределах  $\pm 0,05$  мм, т.е. в пределах всей шкалы.

Допустимо изменять условия измерения, но только таким образом, чтобы это не приводило к снижению точности измерения. Например, концевые меры 5 разряда могут быть заменены мерами более высокого разряда или нулевого класса, штатив можно заменить более жесткой стойкой и т. д. Однако, следует помнить что загроубление одного из условий, чаще всего не может - быть компенсировано ужесточением остальных.

Следовательно, правильный выбор средств измерений имеет важное значение для обеспечения требуемой точности измерений.

Средства измерений должны обеспечивать погрешность измерений меньше нормируемой. На предприятии в выборе средств измерений принимают участие конструкторская, технологическая и метрологическая службы.

Еще на стадии конструирования назначают допуски на размеры с учетом влияния погрешности измерений на неправильную приемку изделий. На стадии разработки технологического процесса изготовления изделий по каждой операции указывают конкретные средства измерений и условия их применения с учетом допускаемой погрешности измерений. При этом оценивают экономические показатели. Чем больше погрешность измерения, тем больше будет неправильно забракованных изделий. Технологическая служба принимает решение о сохранении допуска или его уменьшении путем введения производственного допуска. Метрологическая служба разрабатывает задания на проектирование специальных средств измерений с учетом допускаемой погрешности и условий измерений.

Рабочий применяет те средства измерений, которые указаны в технологической документации, согласно их условным обозначениям. Поэтому необходимо уметь правильно расшифровывать условные обозначения средств измерений и знать правила пользования ими.

Однако, при выполнении ремонтных работ, а также в условиях единичного производства перед рабочим может возникнуть необходимость выбора средств измерений.

Средства измерений выбирают в зависимости от точности (допуска) контролируемого изделия и допускаемой погрешности измерений, установленной ГОСТ 8.051-81. Кроме того, учитывают программу выпуска и габариты контролируемого изделия. Допуск размера является определяющей характеристикой для подсчета допускаемой по-

грешности измерений, которая принимается равной  $1/5-1/3$  допуска на размер. В допускаемую погрешность измерений входят погрешности средств измерений, установочных мер, отклонений от нормальных условий измерений, а также погрешности базирования изделия на измерительной позиции и погрешности, вызываемые измерительной силой прибора.

Допускаемые погрешности измерения линейных размеров в зависимости от качеств и номинальных размеров контролируемых изделий приведены в таблице 1 ГОСТ 8.051-81.

Каждое средство измерений характеризуется основной погрешности  $\pm\Delta_{lim}$ , величина которой указана в характеристике этого средства измерений. Выбор средства измерений, состоит в сравнении его основной погрешности  $\pm\Delta_{lim}$  с допускаемой погрешностью измерения  $\delta$ , при этом основная погрешность должна быть меньше (или равна) допускаемой погрешности измерения:  $\pm\Delta_{lim} \leq \delta$ .

## **2 Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с методическими указаниями по выполнению практической работы.

2. На основании анализа размеров чертежа детали по ГОСТ 25347-80 определить предельные отклонения размеров и их допуски ( $T_d = e_s - e_i$  - для валов и  $T_D = E_S - E_I$  - для отверстий).

3. По значениям допусков размеров или по их качествам по ГОСТ 8.051-81 определяем допускаемые погрешности измерения размеров  $\delta$ .

4. По допустимой погрешности измерения  $\delta$  по таблицам РД 50-98-86 выбираем СИ из условия  $\pm\Delta_{lim} \leq \delta$ .

5. Данные по выбору средств измерения занести в бланк отчета.

### **3 Контрольные вопросы**

1. Что такое метрология?
2. Какое значение физической величины называют действительным?
3. Что называется погрешностью измерения?
4. Что такое точность измерения?
5. На какие группы подразделяются погрешности?
6. Какая погрешность называется систематической?
7. Какая погрешность называется случайной?
8. Какая погрешность называется грубой?
9. Какие погрешности составляют суммарную погрешность измерения?
10. Какой погрешностью характеризуется каждое СИ?
11. Что такое допускаемая погрешность?
12. Условие выбора СИ?

### **Литература**

1. Сергеев А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров / А.Г. Сергеев, В.В. Тегеря.- М.: Юрайт; ИД Юрайт, 2013. – 838 с.
2. Радкевич Я. М.. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров / Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе. -5 изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. – 813 с.
3. Леонов О.А., Карпузов В.В., Шкаруба Н.Ж. и др. Метрология, стандартизация и сертификация / Под ред. О.А. Леонова. – М.: КолосС, 2009. – 568 с.
4. Михальченков А.М., Меметов Р.А., Киселева Л.С. Практикум



по метрологии, стандартизации и сертификации. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – Брянск Брянский ГСХА, 2005. - 158с.4.

5. ГОСТ 25347-82. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки.

6. ГОСТ 8.051-81. Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм.

7. Р Д 50-98-86 "Методические указания. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм. (По применению ГОСТ 8.051-86)".

Учебное издание

Киселева Лариса Сергеевна

## **Метрология**

Методические указания  
для практических работ  
обучающихся по специальностям  
среднего профессионального образования

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 20.11.2017 г. Формат 60x84. 1/16.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 4,30. Тираж 25 экз. Изд. № 5435.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ