

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Строительно-политехнический колледж

СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ
для студентов специальности 27.02.07 «Управление качеством
продукции, процессов и услуг (по отраслям)» всех форм обучения

Воронеж 2021

УДК 53.083:338.4(07)
ББК 30.607я723

Составитель А. В. Иванова

Средства и методы измерения: методические указания к выполнению практических работ для студентов специальности 27.02.07 «Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям)» всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: А. В. Иванова. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. – 32 с.

Методические указания разработаны для помощи в выполнении практических работ и подготовке к ним, правильного составления отчетов.

Предназначены для студентов специальности 27.02.07 «Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям)» всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ_ПР_СиМИ.pdf

Ил. 9. Табл. 10. Библиогр.: 4 назв.

УДК 53.083:338.4(07)
ББК 30.607я723

Рецензент – И. В. Поцобнева, канд. техн. наук, доц. кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве Воронежского государственного технического университета

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания разработаны для выполнения практических работ Вам в помощь для работы на занятиях, подготовки к практическим работам, правильного составления отчетов.

Приступая к выполнению практической работы, Вы должны внимательно прочитать цель и задачи занятия, ознакомиться с требованиями к уровню Вашей подготовки в соответствии с федеральными государственными стандартами (ФГОС-СПО), краткими теоретическими и учебно-методическими материалами по теме практической работы, ответить на вопросы для закрепления теоретического материала.

Практические работы преследуют цель – закрепить теоретические знания, полученные во время аудиторных занятий; они способствуют выработке у Вас навыков и умений, оперированию необходимыми формулами, нормативами, выборе оптимальных средств измерения. Все задания к практической работе Вы должны выполнять в соответствии с инструкцией, анализировать полученные в ходе занятия результаты по приведенной методике.

Отчет о практической работе Вы должны выполнить по приведенному алгоритму, опираясь на образец.

Наличие положительной оценки по практическим работам необходимо для получения допуска к итоговой контрольной работе по дисциплине, поэтому в случае отсутствия на уроке по любой причине или получения неудовлетворительной оценки за практическую Вы должны найти время для ее выполнения или пересдачи.

Изучение дисциплины предполагает реализацию образовательных задач.

Наиболее эффективного решения этих задач можно достичь, используя личностно-ориентированную технологию и методы, средства, приемы развивающего обучения.

Внимание! Если в процессе подготовки к практическим работам у Вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений или указаний в дни проведения дополнительных занятий.

Время проведения дополнительных занятий можно узнать у преподавателя.

Правила выполнения практических заданий:

1. Познакомиться с темой и целями занятия.
2. Выписать основные теоретические положения изучаемой темы.
3. Отчет о практическом занятии оформлять по образцу.
4. При выполнении работы соблюдать правила выполнения практических заданий.
5. Письменно ответить на все контрольные вопросы.
6. Работу необходимо выполнить в строго отведённое время и сдать её на проверку преподавателю (выполнение работы дома запрещено).
7. Работа оценивается преподавателем данной дисциплины.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

ОСНОВНЫЕ И ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ СИСТЕМЫ СИ

Цель работы:

1. Ознакомиться с системами физических величин и их единиц, принципами их построения, а также Международной системой единиц (системой СИ).
2. Освоить перевод основных и производных единиц в кратные и дольные единицы и наоборот.

Студент должен:

Уметь:

- применять основных и производных единиц в кратные и дольные единицы и наоборот.

Знать:

- системы единиц физических величин и принципы их построения;
- правила перевода заданных единиц физических величин в требуемые.

Порядок выполнения работы

1. Повторить основные теоретические положения.
2. Выполнить перевод заданных единиц физических величин в требуемые.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретический материал

Системы единиц физических величин и принципы их построения

Физическая величина – это свойство, общее в качественном отношении для многих физических объектов (физических систем, явлений или процессов), но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта.

Совокупность физических величин, образованная в соответствии с некоторыми принятыми принципами, когда одни величины принимаются за независимые, а другие являются функциями независимых величин, называется системой физических величин.

Физическая величина, условно принятая в качестве независимой, называется основной. Физическая величина, входящая в систему физических величин и определяемая через основные величины этой системы, называется производной.

Отражением качественного различия между величинами является их размерность. Размерностью называется символическое (буквенное) обозначение зависимости производных величин (или их единиц) от основных. В соответствии с международным стандартом ISO 31/0 размерность имеет обозначение *dim*. Размерность основных физических величин обозначается прописными буквами латинского или греческого алфавита. При определении размерности производных физических величин используются уравнения связи, отражающие их связь с основными величинами.

Единицей измерения физической величины называется физическая величина фиксированного размера, которой условно присвоено значение, равное 1,

применяемая для количественного выражения однородных с ней физических величин.

Значение физической величины – это выражение размера физической величины в виде некоторого числа принятых для нее единиц.

Значение величины получают в результате ее измерения или вычисления в соответствии с основным уравнением измерения:

$$Q = X [Q], (1)$$

где Q - значение величины;

X - числовое значение измеряемой величины в принятой единице;

$[Q]$ - выбранная для измерения единица

где X – числовое значение физической величины;

$[Q]$ – единица измерения физической величины.

Система единиц физических величин – это совокупность основных и производных единиц физических величин, образованная в соответствии с принципами, принятыми для заданной системы физических величин. На практике также широко применяется понятие «узаконенные единицы», под которым понимается система единиц и/или отдельные единицы физических величин, установленные для применения в стране в соответствии с законодательными актами.

Международная система единиц (система СИ).

В качестве основных единиц в системе СИ приняты метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, моль и кандела.

Метр – единица длины, равная пути, пройденному в вакууме светом за интервал времени $1/299\,792\,458$ с.

Килограмм – единица массы, равная массе международного прототипа килограмма.

Секунда – единица времени, равная $9\,192\,631\,770$ периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.

Ампер – единица силы электрического тока, равная силе неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н.

Кельвин – единица термодинамической температуры, равная $1/273,16$ части термодинамической температуры тройной точки воды.

Кандела – единица силы света, равная силе света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540,1012$ Гц, электрическая сила света которого в этом направлении составляет $1/683$ Вт/ср.

Моль – единица количества вещества, равная количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой $0,012$ кг.

В систему СИ также введены две дополнительные единицы: радиан и стерадиан.

Радиан – единица измерения плоского угла, равная внутреннему углу между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу.

Стерадиан – единица телесного угла, равная телесному углу с вершиной в центре сферы, вырезающему на поверхности этой сферы, площадь, равной площади квадрата со стороной, равной радиусу.

У обоих углов нет размерности, т. е. их единицы измерения не связаны с основными единицами. Поэтому они и были выделены в отдельную группу, но решением XX Генеральной конференции по мерам и весам в 1995 г. радиан и стерадиан перестали быть дополнительными единицами СИ (этот класс был ликвидирован) и включены в число безразмерных производных единиц.

Производные физические величины выражаются через основные физические величины на основании известных уравнений связи между ними. Единицы физических величин делятся на системные и внесистемные.

Системная единица физической величины – это единица, входящая в принятую систему единиц. Все основные, производные кратные и дольные единицы являются системными.

Внесистемная единица физической величины – это единица, не входящая в принятую систему единиц.

Принципы построения системы СИ следующие:

1. Система СИ базируется на семи основных единицах, размеры которых устанавливаются независимо друг от друга.

2. Производные единицы образуются с помощью простейших уравнений связи между величинами, в которых размеры величин приняты равными единицам СИ. Для величины каждого вида имеется только одна единица СИ.

3. Производные единицы вместе с основными единицами формируют когерентную систему единиц.

4. Наряду с единицами СИ к применению допускается ограниченное число внесистемных единиц в связи с их практической важностью и повсеместным применением в различных областях деятельности.

5. Единицы СИ или внесистемные единицы могут применяться с приставкой, что означает умножение единицы на 10, возведенное в определенную степень. Единицы, содержащие приставку, называются кратными или дольными в зависимости от того, является показатель степени положительным или отрицательным.

Кратные единицы— единицы, которые в целое число раз (10 в какой-либо степени) превышают основную единицу измерения некоторой физической величины. Международная система единиц (СИ) рекомендует следующие десятичные приставки для обозначений кратных единиц (табл. 1.1):

Таблица 1.1

Кратные единицы системы единиц СИ

Десятичный множитель	Приставка		Обозначение		Пример
	русская	международная	русское	международное	
10^1	дека	deca	да	da	дал-декалитр
10^2	гекто	hecto	г	h	гПа – гектопаскаль
10^3	кило	kilo	к	k	кН-килоньютон
10^6	мега	Mega	М	M	мПа-мегпаскаль
10^9	гига	Giga	Г	G	ГГц – гигагерц
10^{12}	тера	Tera	Т	T	ТВ-теравольт
10^{15}	пета	Peta	П	P	Пфлопс-петафлопс
10^{18}	экса	Exa	Э	E	ЭБ – эксабайт
10^{21}	зетта	Zetta	З	Z	Зэв – зеттаэлектронвольт
10^{24}	иотта	Yotta	И	Y	Иг - иоттаграмм

Дольные единицы, составляют определённую долю (часть) от установленной единицы измерения некоторой величины. Международная система единиц (СИ) рекомендует следующие приставки для обозначений дольных единиц (табл. 1.2):

Таблица 1.2

Дольные единицы системы единиц СИ

Десятичный множитель	Приставка		Обозначение		Пример
	русская	международная	русское	международное	
10^{-1}	деци	deci	д	d	дм-дециметр
10^{-2}	санتي	centi	с	c	см-сантиметр
10^{-3}	милли	milli	м	m	мН – миллиньютон
10^{-6}	микро	micro	мк	μ	мкм – микрометр, микрон
10^{-9}	нано	nano	н	n	нм-нанометр
10^{-12}	пико	pico	п	p	пФ-пикофарад
10^{-15}	фемто	femto	ф	f	фс-фемтосекунда
10^{-18}	атто	atto	а	a	ас-аттосекунда
10^{-21}	zepto	zepto	з	z	зКл - зептокулон
10^{-24}	иокто	yocto	и	y	иг- иоктограмм

Присоединение к наименованию единицы двух и более приставок подряд не допускается.

Внесистемные единицы по отношению к единицам СИ можно разделить на четыре группы:

– допускаемые наравне с единицами СИ, например: единицы массы – тонна; плоского угла – градус, минута, секунда; объема – литр и др.

– допускаемые к применению в специальных областях, например: астрономическая единица, парсек, световой год – единицы длины в астрономии; диоптрия – единица оптической силы в оптике; электрон-вольт – единица энергии в физике и т. д.;

– временно допускаемые к применению наравне с единицами СИ, например: морская миля – в морской навигации; карат – в ювелирном деле и др. Эти единицы должны изыматься из употребления в соответствии с международными соглашениями;

– устаревшие (не допускаемые), например: миллиметр ртутного столба – единица давления; лошадиная сила – единица мощности и некоторые другие.

Задание

1. Выполнить перевод заданных единиц физических величин в требуемые.

4800 мс - перевести в нс

5300 МГц - перевести в ГГц

10445 пФ - перевести в мкФ

650 мОм - перевести в Ом

1805 мм - перевести в см

1,41 м - перевести в мм

0,01 Ф - перевести в мкФ

4,15 нФ - перевести в пФ

0,217 ГОм - перевести в МОм

5300 МГц - перевести в кГц

2,5 нс – перевести в мс

6000 В – перевести в кВ

200,5 пФ – перевести в мкФ

2. Заполнить таблицу – Основные единицы системы единиц СИ.

3. Заполнить до конца табл. 1.1 и 1.2 - Кратные и дольные единицы системы единиц СИ.

Контрольные вопросы

1. Что такое физическая величина?

2. Что называется системой физических величин?

3. Что называется системой физических величин?

4. Чем отличается кратная величина от дольной?

5. Каковы основные принципы построения системы СИ?

6. Перечислите основные единицы системы СИ.

7. Приведите примеры производных единиц системы СИ.

8. Назовите известные внесистемные единицы физических величин, узаконенные и широко применяющиеся в нашей стране.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

КЛАССЫ ТОЧНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Цель работы:

- научиться определять классы точности средств измерений.

Студент должен:

Уметь:

- определять классы точности средств измерений

Знать:

- определения прямых и косвенных измерений;
- какие систематические, прогрессирующие, абсолютные и относительные погрешности;
- что такое основная и дополнительная погрешность прибора.

Порядок выполнения работы

1. Повторить основные теоретические положения.
2. Рассчитать абсолютную и приведенную погрешность, определить приведенную относительную погрешность, определить какому классу точности соответствуют показания прибора.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретический материал

Под классом точности понимается обобщенная характеристика данного типа средств измерения, как правило, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами средств измерений, влияющих на точность.

Общие положения деления средств измерений на классы точности установлены в ГОСТ 8.401 – 80 «Классы точности средств измерений».

Основная погрешность средств измерений определяется погрешностью в нормальных условиях его применения. Дополнительная погрешность средств измерений – составляющая погрешности средств измерений, дополнительно возникающая из-за отклонения какой из влияющих величин (температуры и др.) от ее нормального значения.

Пределы допускаемых основной и дополнительных погрешностей следует выражать в форме приведенных, относительных или абсолютных погрешностей в зависимости от характера изменения погрешностей в пределах диапазона измерений, а также от условий применения и назначения средств измерений конкретного вида.

Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности устанавливают по формуле:

$$\Delta = \pm a \quad (2.1)$$

или

$$\Delta = \pm (a + bx) \quad (2.2)$$

где Δ - пределы допускаемой абсолютной основной погрешности, выраженной в единицах измеряемой величины на входе (выходе) или условно в делениях шкалы;

x - значение измеряемой величины на входе (выходе) средств измерений или число делений, отсчитанных по шкале;

a, b - положительные числа, не зависящие от x .

В обоснованных случаях пределы допускаемой абсолютной погрешности устанавливают по более сложной формуле или в виде графика либо таблицы.

Пределы допускаемой приведенной основной погрешности следует устанавливать по формуле:

$$\gamma = \frac{\Delta}{x_N} \cdot 100\% = \pm p, \quad (2.3)$$

где γ - пределы допускаемой приведенной основной погрешности, %;

Δ - пределы допускаемой абсолютной основной погрешности, устанавливаемые по формуле (1);

x_N - нормирующее значение, выраженное в тех же единицах, что и Δ ;

p - отвлеченное положительное число, выбираемое из ряда:

$$1 \cdot 10^n; 1,5 \cdot 10^n; (1,6 \cdot 10^n); 2 \cdot 10^n; 2,5 \cdot 10^n; (3 \cdot 10^n); \\ 4 \cdot 10^n; 5 \cdot 10^n; 6 \cdot 10^n; \quad (2.4)$$

где $n = 1, 0, -1, -2$, и т. д.

Значения, указанные в скобках, не устанавливают для вновь разрабатываемых средств измерений.

Нормирующее значение x_N для большинства средств измерений определяется по формуле:

$$x_N = x_{\max} - x_{\min}, \quad (2.5)$$

где $x_{\max}, x_{\min}$ – верхний и нижний предел шкалы измерительного средства.

В ГОСТ 8.401 – 80 предусмотрены так же другие способы определения нормируемого значения (для приборов имеющих неравномерную шкалу, имеющих номинальное значение измеряемой величины и пр).

Пределы допускаемой относительной основной погрешности устанавливают по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta}{x} \cdot 100\% = \pm q. \quad (2.6)$$

Задание

Рассчитать абсолютную и приведенную погрешность по формулам (7) и (9), результат занести в таблицу.

Абсолютная погрешность – определяется разницей между измеренным $x_{\text{изм}}$ и истинным значением физической величины $x_{\text{ист}}$.

$$\Delta = x_{\text{изм}} - x_{\text{ист}}. \quad (2.7)$$

Относительная погрешность определяется отношением абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины, %

$$\delta = \frac{\Delta}{x_{\text{ист}}} \cdot 100\% . \quad (2.8)$$

Определить приведенную относительную погрешность, %, по формуле (9):

$$\gamma = \frac{\Delta_{max}}{X_N} \cdot 100\% , \quad (2.9)$$

Δ_{max} – максимальная по модулю абсолютная погрешность;

X_N – нормированное значение измеряемой величины, определяется по формуле (5).

Определить какому классу точности соответствуют показания прибора. За класс точности принять ближайшее большее или равное число из ряда чисел (4).

Контрольные вопросы

1. Прямые и косвенные измерения: дайте определения, приведите примеры.
2. Систематические погрешности.
3. Основная погрешность прибора.
4. Абсолютные и относительные погрешности.
5. Прогрессирующие погрешности.
6. Дополнительная погрешность прибора.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 ПЕРЕВОД НАЦИОНАЛЬНЫХ НЕМЕТРИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ В ЕДИНИЦЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЫ СИ

Цель работы: научиться определять соотношение между единицами измерения СИ и наиболее часто встречающимися единицами других систем и внесистемными.

Материалы для выполнения работы: ГОСТ 8.417-2002 — единицы физических величин.

Описание практической работы

Общие теоретические сведения.

Физическая величина (ФВ) - характеристика одного из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общая в качественном отношении по многим физическим объектам, но в количественном отношении индивидуальна для каждого объекта.

Значение физической величины - оценка ее размера в виде некоторого числа по принятой для нее шкале.

Единица физической величины - ФВ фиксированного размера, которой условно присвоено значение равное единице и применяемая для количественного выражения однородных ФВ.

Различают основные, производные, кратные, дольные, когерентные (СИ), системные и внесистемные единицы.

Международная система единиц физических величин.

Совокупность основных и производных единиц ФВ, образованная в соответствии с принятыми принципами, называется *системой единиц физических величин*. Единица основной ФВ является *основной единицей* данной системы. В Российской Федерации используется система единиц СИ, введенная ГОСТ 8.417-2002 «ГСИ. Единицы физических величин». В качестве основных единиц приняты метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, моль и канделла (табл. 3.1).

Производная единица - это единица производной ФВ системы единиц, образованная в соответствии с уравнениями, связывающими ее с основными единицами или же с основными и уже определенными производными. Некоторые производные единицы системы СИ, имеющие собственное название, приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.1

Основные единицы физических величин системы СИ

Величина			Единица		
Наименование	Обозначение		Наименование	Обозначение	
	Размерность	Рекомендуемое		русское	международное
Длина	L	l	метр	м	m
Масса	M	m	килограмм	кг	kg
Время	T	t	секунда	с	s
Сила электрического тока	I	I	ампер	A	A
Термодинамическая температура	O	T	кельвин	K	K
Количество вещества	N	n, v	моль	моль	mol
Сила света	J	J	канделла	кд	Cd

Таблица 3.2

Производные единицы системы СИ, имеющие специальное название

Величина		Единица		
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение	Выражение через ед.СИ
Частота	T^{-1}	герц	Гц	c^{-1}
Сила, вес	LMT^{-2}	ньютон	Н	$m * кг * c^{-2}$
Давление, механическое напряжение	$L^{-1} MT^{-2}$	паскаль	Па	$m^{-1} * кг * c^{-2}$
Энергия, работа, количество теплоты	$L^2 MT^{-2}$	джоуль	Дж	$m^2 * кг * c^{-2}$

Мощность	$L^2 MT^{-3}$	ватт	Вт	$м^2 * кг * с^{-3}$
Количество электричества	TI	кулон	Кл	$с * А$
Электрическое напряжение, потенциал, электродвижущая сила	$L^2 MT^{-3} I^{-1}$	вольт	В	$м^2 * кг * с^{-3} * А^{-1}$
Электрическая емкость	$L^{-2} M^{-1} T^4 I$ 2	фарад	ф	$м^{-2} * кг^{-1} * с^4 * А^2$
Электрическое сопротивление	$L^2 MT^{-3} I^{-2}$	ом	Ом	$м^2 * кг * с^{-3} * А^{-2}$
Магнитная индукция	$MT^{-2} I^{-1}$	тесла	Тл	$кг * с^{-2} А^{-1}$

Для установления производной единицы 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;

Все основные, производные, кратные и дольные единицы являются системными. *Внесистемная единица* - это единица ФВ, не входящая ни в одну из принятых систем единиц. Внесистемные единицы по отношению к единицам СИ разделяют на 4 вида:

- допускаемые наравне с единицами СИ, например: единицы массы - тонна; плоского угла - градус, минута, секунда; объема - литр и др. Некоторые внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ, приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне
с единицами СИ

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	Соотношение с единицей СИ
Масса	тонна	т	$10^3 кг$
Время	минута	мин	60 с
	час	ч	3600 с
	сутки	сут	86400 с
Объем	литр	л	$10^{-3} м^3$
Площадь	гектар	га	$10^4 м^2$

- допускаемые к применению в специальных областях, например: астрономическая единица, парсек, световой год - единицы длины в астрономии; диоптрия - единица оптической силы в оптике; электрон-вольт - единица энергии в физике и т.д.

- временно допускаемые к применению наравне с единицами СИ, например: морская миля- в морской навигации; карат - единица массы в ювелирном деле и др. Эти единицы должны изыматься из употребления в соответствии с международными соглашениями;

- изъятые из употребления, например; миллиметр ртутного столба – единица давления; лошадиная сила - единица мощности и некоторые другие.

Различают кратные и дольные единицы ФВ. *Кратная единица* - это единица ФВ, в целое число раз превышающая системную или внесистемную единицу. Например, единица длины - километр равна 10 м, т.е. кратная метру. *Дольная единица* - единица ФВ, значение которой в целое число раз меньше системой или внесистемной единицы. Например, единица длины миллиметр равна 10 м, т.е. является дольной. Приставки для образования кратных и дольных единиц СИ приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименований

Множитель	Приставка	Обозначение	Множитель	Приставка	Обозначение
10^{18}	экса	Э	10^{-1}	деци	д
10^{15}	пета	П	10^{-2}	санتي	с
10^{12}	тера	Т	10^{-3}	милли	м
10^9	гига	Г	10^{-6}	микро	мк
10^6	мега	М	10^{-9}	нано	Н
10^3	кило	к	10^{-12}	пико	П
10^2	гекто	г	10^{-15}	фемто	ф
10^1	дека	да	10^{-18}	атто	а

Существует соотношение между единицами измерения СИ и наиболее часто встречающимися единицами других систем и внесистемными (табл. 3.5)

Таблица 3.5

Соотношения между единицами измерения

№ п.п	Величины	Единицы измерения в СИ	Соотношение между единицами измерения СИ и наиболее часто встречающимися единицами других систем и внесистемными.
1.	Длина	м	$1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м}$
2.	Масса	кг	$1 \text{ т} = 1000 \text{ кг}$ $1 \text{ ц} = 100 \text{ кг}$
3.	Температура	К	$0 = (t^{\circ}\text{C} + 273,15) \text{ К}$
4.	Вес (сила тяжести)	Н	$1 \text{ кг} = 9,81 \text{ Н}$ $1 \text{ дин} = 10^{-5} \text{ Н}$
5.	Давление	Па	$1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па}$ $1 \text{ мбар} = 100 \text{ Па}$ $1 \text{ дин} / \text{см}^2 = 1 \text{ мкбар} = 0,1 \text{ Па}$ $1 \text{ кгс} / \text{см}^2 = 1 \text{ ат} = 9,81 \times 10^4 \text{ Па} = 735 \text{ мм.рт.ст.}$ $1 \text{ кгс} / \text{м}^2 = 9,81 \text{ Па}$ $1 \text{ мм.вод.ст.} = 9,81 \text{ Па}$ $1 \text{ мм.рт.ст.} = 133,3 \text{ Па}$
6.	Мощность	Вт	$1 \text{ кгс} \times \text{м} / \text{с} = 9,81 \text{ Вт}$ $1 \text{ эрг} / \text{с} = 10^{-7} \text{ Вт}$ $1 \text{ ккал} / \text{ч} = 1,163 \text{ Вт}$
7.	Объем	м^3	$1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3 = 1 \text{ дм}^3$
8.	Плотность	$\text{кг} / \text{м}^3$	$1 \text{ т} / \text{м}^3 = 1 \text{ кг} / \text{дм}^3 = 1 \text{ г} / \text{см}^3 = 10^3 \text{ кг} / \text{м}^3$ $1 \text{ кгс} \times \text{с}^2 / \text{м}^4 = 9,81 \text{ кг} / \text{м}^3$
9.	Работа, энергия, количество теплоты	Дж	$1 \text{ кгс} \times \text{м} = 9,81 \text{ Дж}$ $1 \text{ эрг} = 10^{-7} \text{ Дж}$ $1 \text{ кВт} \times \text{ч} = 3,6 \times 10^6 \text{ Дж} = 4,19 \text{ кДж}$

Задание

Выразить в соответствующих единицах значения физических величин (повариантное задание по табл. 3.6).

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с единицами физических величин и их размерностью по ГОСТ 8.417-2002 или по методическому указанию. Оформить заголовочную часть практической работы и выполнить задание.

2. Перечертить задание по своему варианту (см. таблицу 3.5) в форме таблицы. Используя таблицы данного пособия, выразить в соответствующих единицах заданные величины.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение метрологии.
2. Продолжите: физическая величина...
значение физической величины...
единица физической величины...
3. Перечислите основные единицы Международной системы СИ.
4. Приведите примеры производных единиц СИ.

5. Выразить 1 м в км, Мм, мм, дм.
 6. Выразить 1 мм. рт. ст. в Па.
 Выразить в соответствующих единицах

Таблица 3.6

Варианты заданий

Варианты заданий.					
1, 7, 13, 19		2, 8, 14, 20		3, 9, 15, 21	
Задание	Ответ	Задание	Ответ	Задание	Ответ
10 м	мкм	100 м	мм	100 см	м
100 кг	т	100 кг	ц	100 кг	г
37 °C	Θ =	32 °C	Θ =	25 °C	Θ =
250 К	°C	450 К	°C	210 К	°C
10 Па	бар	10 Па	Мбар	10 Па	дин/см ²
100 Па	мм.рт.ст.	100 Па	кгс/см ²	100 Па	мм.вод.ст.
1000 мм.рт.ст.	мбар	1000 мм.рт.ст.	Па	1000 мм.рт.ст.	кгс/см ²
10 Н	кг	10 Н	дин	10 Н	г
10 Вт	ккал/ч	10 Вт	эрг/с	10 Вт	кгс*м/с
10 Дж	ккал	10 Дж	кВт*ч	10 Дж	эрг
0,1 л	см ³	0,1 л	дм ³	0,1 л	м ³
0,1 м/с	м/ч	0,1 м/с	км/с	0,1 м/с	км/ч
10 А	ГА	10 А	кА	10 А	МА
100 Вт	МВт	100 Вт	сВт	100 Вт	дВт
1 кг / м ³	кг/дм ³	1 кг / м ³	г/см ³	1 кг / м ³	г/м ³
Варианты заданий.					
4, 10, 16, 22		5, 11, 17, 23		6, 12, 18, 24	
Задание	Ответ	Задание	Ответ	Задание	Ответ
1 Мм	м	10 мкм	м	100 мм	м
10 т	кг	100 ц	т	100 г	кг
48 °C	Θ =	53 °C	Θ =	70 °C	Θ =
375 К	°C	273 К	°C	300 К	°C
10 Па	ат	10 Па	мм.рт.ст.	10 Па	мбар
100 Па	кгс/м ²	100 Па	мкбар	100 Па	дин/м ²
1000 мм.рт.ст.	дин/см ²	1000 мм.рт.ст.	ат	1000 мм.рт.ст.	кгс/м ²
10 Н	дГ	10 Н	сГ	10 Н	дин
1 Вт	ккал/ч	1 Вт	кгс*м/с	1 Вт	эрг/с
1 Дж	ккал	1 Дж	кВт*ч	1 Дж	эрг
0,01 л	см ³	0,01 л	дм ³	0,01 л	м ³
0,1 м/с	м/мин	0,1 м/с	км/мин	0,01 м/с	км/ч
0,1 А	гА	0,1 А	сА	0,1 А	МА
1 Вт	МВт	1 Вт	сВт	1 Вт	дВт
1 кг / м ³	кг/дм ³	1 кг / м ³	г/см ³	1 кг / м ³	мг/м ³

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

Цель работы: научиться выбирать средства измерений.

Материалы для выполнения работы:

ГОСТ 8.051-81 Допускаемые погрешности измерения.

Таблица «Средства измерения наружных и внутренних размеров».

Общие теоретические сведения

Выбор средств измерения размеров

Изделие, изготовленное по чертежу, подвергается контролю с помощью средств измерений (мер, измерительных приборов и др.). При этом определяется годность изделия, т. е. находится ли действительный размер в пределах поля допуска или вышел за его пределы. Годность изделия оценивают предельными калибрами, а также обоснованно выбранными средствами измерения. Измерить — значит сравнить действительный размер изделия с величиной, принятой за единицу измерения, т. е. установить, сколько единиц измерения содержится в контролируемом размере.

Процесс измерения неизбежно сопровождается погрешностями. Погрешностью измерения называется отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины. Поскольку истинное значение измеряемой величины неизвестно, то неизвестна и погрешность измерения. В этом случае истинное значение измеряемой величины заменяют действительным значением. Под действительным значением физической величины понимают ее значение, найденное опытным путем и настолько приближающееся к истинному, что оно принимается вместо него.

Средства измерений выбирают в зависимости от допуска контролируемого изделия и допускаемой погрешности измерений, установленной ГОСТ 8.051—81. Допуск размера является определяющей характеристикой для подсчета допускаемой погрешности измерений, которая принимается равной $1/5 - 1/3$ допуска на размер. В допускаемую погрешность измерений входят погрешности средств измерений и установочных мер, погрешности условий измерений, а также погрешности базирования изделия и погрешности, вызываемые измерительной силой прибора.

От правильно выбранного средства измерения зависит обеспечение требуемой точности измерений. Выбор средства измерения заключается в сравнении его основной погрешности с допускаемой погрешностью измерения; при этом основная погрешность средства измерения должна быть меньше допускаемой погрешности измерения.

Пример:

Выбрать средства измерения размеров валов $\varnothing 25h6$ и $\varnothing 25h12$, а также отверстий $\varnothing 25H7$ и $\varnothing 25H12$.

По известному качеству и номинальному размеру находим допускаемые погрешности измерения в мкм. Так, для вала 6-го качества $\varnothing 25h6$ погрешность измерения должна быть менее $\delta = 4$ мкм, а для вала 12-го качества $\varnothing 25h12$ погрешность измерения не более $\delta = 50$ мкм. Аналогично определяем погрешности измерения для отверстия 7-го качества $\varnothing 25H7$ — $\delta = 6$ мкм и для отверстия

12-го качества $\varnothing 25H12$ — $\delta = 50$ мкм. Выбираем средство измерения размеров.

Для измерения вала $\varnothing 25h6$ с погрешностью, менее $\delta = 4$ мкм могут быть выбраны следующие измерительные приборы: 1) гладкий микрометр типа ЭДК 1-го класса точности с: погрешностью 2 мкм; 2) рычажная скоба типа СР с погрешностью ± 2 мкм; 3) рычажный микрометр типа МР с погрешностью ± 3 мкм.

Наиболее распространенным, дешевым, надежным в эксплуатации и простым в обращении является гладкий микрометр типа МК 1-го класса точности, обозначаемый «Микрометр МК-25-1 ГОСТ 6507—78». Его и выбираем для измерения вала $\varnothing 25h6$.

Для измерения отверстия $\varnothing 25H7$ с погрешностью $\delta = 6$ мкм может быть выбран только один измерительный прибор: нутромер с головкой 2ИГ с ценой деления 0,002 мм и предельно погрешностью $\pm 3,5$ мкм, обозначаемый «Нутромер мод. 109 ГОСТ 9244—75».

Аналогично, для измерения вала $\varnothing 25h12$ и отверстия $\varnothing 25H12$ может быть выбран штангенциркуль с отсчетом по нониусу 0,05 мм, снабженный губками для измерения внутренних размеров. Для измерения отверстия $\varnothing 25H12$ кроме штангенциркуля может быть выбран также индикаторный нутромер 2-го класса точности, обозначаемый «Нутромер НИ 18-50-2 ГОСТ 868—82».

Задание

По данным своего варианта выбрать средства измерения размеров валов и отверстий.

Таблица 4.1

Варианты

№ варианта	Размеры деталей		№ варианта	Размеры деталей	
	Вал	Отверстие		Вал	Отверстие
1,7,13,19	$\varnothing 15h6$	$\varnothing 15H7$	4,10,16,22	$\varnothing 75h7$	$\varnothing 75H8$
	$\varnothing 15h11$	$\varnothing 15H11$		$\varnothing 75h14$	$\varnothing 75H14$
2,8,14,20	$\varnothing 48h7$	$\varnothing 48H8$	5,11,17,23	$\varnothing 86h7$	$\varnothing 86H8$
	$\varnothing 48h12$	$\varnothing 48H12$		$\varnothing 86h15$	$\varnothing 86H15$
3,9,15,21	$\varnothing 60h8$	$\varnothing 60H9$	6,12,18,24	$\varnothing 125h8$	$\varnothing 125H8$
	$\varnothing 60h13$	$\varnothing 60H13$		$\varnothing 125h16$	$\varnothing 125H16$

Порядок выполнения работы

1. Самостоятельно разберите пример по выбору средств измерения, помещенный в общих теоретических сведениях данной работы.

2. Сопоставьте величины предельной и допускаемой погрешностей измерения и решите вопрос о пригодности выбранного средства для измерения заданных деталей.

3. Перечертите таблицу и оформите в нее результат, указав марки СИ и ГОСТы на СИ.

Таблица 4.2

Результаты

№ варианта	Размеры деталей		Погрешность	Выбранные средства измерений
	Вал	Отверстие		

Контрольные вопросы

1. Какие приборы относят к самым простым и дешевым СИ?
2. Перечислите факторы, которые следует учитывать при выборе средств измерений линейных размеров. Что такое допускаемая погрешность измерения?
3. Что измеряют следующими приборами:
 - штангенциркулями;
 - штангенглубиномерами;
 - штангенрейсмасами;
 - микрометрами;
 - индикаторами;
 - рычажными скобами;
 - индикаторными нутромерами;
 - калибрами.
4. Какие параметры включаются в маркировку СИ?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5 ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ, ОБРАБОТКА И ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Теоретические сведения

Погрешности средств измерений и погрешности измерения. Каждое средство измерения, в том числе и электроизмерительный прибор, характеризуется тем, что отсчитанные по его шкале значения физических величин отличаются от их истинных значений. Разность между этими значениями называется погрешностью средств измерения. Погрешность

характеризует точность средства измерения, отражающую близость действительного значения физической величины к обозначенной в паспорте или на шкале прибора.

Погрешности средств измерений классифицируют по способу выражения, характеру проявления, зависимостям от текущего значения и режима изменения измеряемой величины, условиям возникновения

Погрешности средств измерений

По способу выражения погрешности средств измерений подразделяют на абсолютные, относительные и приведенные.

Абсолютная погрешность ΔA - разность между показанием прибора A и действительным значением измеряемой величины A_d :

$$\Delta A = A - A_d . \quad (5.1)$$

Относительная погрешность δ - отношение абсолютной погрешности ΔA к значению измеряемой величины A . Обычно относительную погрешность, так же как и приведенную, выражают в процентах:

$$\delta_a = \frac{\pm(\Delta A \cdot 100)}{A} . \quad (5.2)$$

Приведенная погрешность γ (в процентах) - отношение абсолютной погрешности ΔA к нормирующему значению:

$$\gamma = \frac{\pm(\Delta A \cdot 100)}{A_{\text{ном}}} . \quad (5.3)$$

Нормирующее значение принимают равным:

а) верхнему пределу рабочей части шкалы для приборов, у которых нулевая отметка находится на краю шкалы или вне ее;

б) арифметической сумме конечных значений диапазона измерений, если нулевая отметка находится внутри шкалы;

в) номинальному значению, если прибор предназначен для измерения величин, имеющих номинальные значения;

г) длине всей шкалы для приборов с логарифмической или гиперболической шкалой.

По характеру проявления погрешности средств измерения подразделяют на систематические и случайные.

Систематическая погрешность - погрешность, остающаяся постоянной или изменяющаяся по определенному закону. Ее значение всегда можно учесть введением соответствующих поправок.

Случайная погрешность - погрешность, изменяющаяся не по определенному закону, а как центрированная случайная величина. Случайные погрешности нельзя исключить опытным путем.

По зависимости от текущего значения измеряемой величины погрешности средств измерения делятся на аддитивные и мультипликативные.

Аддитивные погрешности не зависят от значения измеряемой величины в пределах диапазона измерения. Источниками их могут быть напряжение

смещения в усилителях постоянного тока, шумы элементов схемы, внешние наводки и утечки в схемах, термоЭДС и др.

Мультипликативные погрешности- пропорциональны текущему значению измеряемой величины. Источниками их являются нестабильность коэффициента передачи отдельных функциональных узлов средств измерения.

По зависимости от режима изменения во времени измеряемой величины различают статический и динамические . погрешности средств измерения.

Статические погрешности возникают при измерении постоянной во времени измеряемой величины (измерение постоянного напряжения, частоты переменного напряжения и т.д.).

Динамические погрешности- возникают при измерении изменяющихся во времени величин. Причина их появления заключается в инерционности средств измерения, а значение определяется характером изменения измеряемой величины.

По зависимости от условий возникновения различают основные и дополнительные погрешности средств измерения.

Основная погрешность- погрешность средств измерения, находящихся в нормальных условиях эксплуатации, под которыми понимают нормируемые стандартами температуру внешней среды, влажность, атмосферное давление, напряжение и частоту питания, внешние электрические и магнитные поля и др.

Дополнительная погрешность - погрешность средств измерения, возникающая при отклонении одной или более влияющих величин от нормального значения.

Обобщенной характеристикой средств измерения, отражающей уровень их точности, является класс точности, определяемый пределами допускаемых основной и дополнительной погрешностей. Следует иметь в виду, что класс точности не является непосредственным показателем точности измерения, выполненного с помощью данного средства.

Для электроизмерительных приборов, класс точности которых выражен одним числом, основная приведенная погрешность в рабочем диапазоне шкалы, выраженная в процентах, не превышает значения, соответствующего классу точности. Основная абсолютная и относительная погрешности в этом случае представляются в виде:

$$\Delta A = \frac{\pm \gamma \cdot A_{\text{НОМ}}}{100} . \quad (5.4)$$

Для приборов, класс точности которых выражается дробью, относительную погрешность определяют по формуле:

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\frac{A_{\text{НОМ}}}{A} - 1 \right) \right] , \quad (5.5)$$

где c и d - постоянные числа;

c/d - класс точности,

$A_{\text{НОМ}}$ - конечное значение диапазона измерения. Это цифровые приборы, мосты и компенсаторы с ручным и автоматическим уравниванием.

Измерение любой физической величины сопровождается погрешностями измерения - отклонениями результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

Численно погрешности измерения выражаются, так же как и погрешности средств измерения, абсолютными A_i и относительными δ_a величинами:

$$\Delta A = A_x - A_d \quad (5.6)$$

$$\delta_a = (\Delta A / A) \cdot 100, \quad (5.7)$$

где A_d - действительное значение измеряемой величины;

A_x - результат измерения.

Погрешности измерения возникают вследствие несовершенства метода измерения, ограниченной точности средств измерений, индивидуальных особенностей экспериментатора.

В первом случае погрешности измерения называют методическими. Они являются следствием недостаточной разработанности теории явлений, положенных в основу метода измерения, неточности соотношений, используемых для нахождения измеряемой величины, влияния на режим работы объекта подключаемых средств измерения и др.

Во втором случае погрешности измерения называются инструментальными т.е. погрешностями средств измерения.

В третьем случае погрешности измерения называются субъективными.

Связаны они, как правило, с особенностями органов чувств экспериментатора, его тренированностью и опытом. Любая из перечисленных погрешностей измерения содержит систематическую и случайную, аддитивную и мультипликативную составляющие.

Обработка результатов измерений. Обработка результатов измерений имеет цель дать оценку истинному значению измеряемой величины и определить степень достоверности этой оценки.

Наиболее достоверным значением измеряемой величины A при наличии только случайных погрешностей и многократном измерении ее является среднеарифметическое:

$$A_{cp} = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}, \quad (5.8)$$

где a_1, a_2, a_n - результаты отдельных измерений; n - число измерений.

Оценить точность измерения при этом можно, зная закон распределения случайных погрешностей.

Закон нормального распределения случайных погрешностей, наиболее распространенный в практике измерений, математически описывается выражением:

$$P(\Delta) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\Delta^2 / 2\sigma^2}, \quad (5.9)$$

где $P(\Delta)$ - плотность вероятности случайной абсолютной погрешности;

$\Delta: \sigma = \sqrt{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2}$ - среднеквадратическое отклонение;

$p_n = (a_n - A_{\text{ср}})$ - случайное отклонение результата наблюдения от среднеарифметического.

Значение σ характеризует степень рассеяния результата измерения вокруг среднеарифметического, параметр σ^2 называют дисперсией.

Поскольку среднеарифметическое значение $A_{\text{ср}}$ обладает некоторой случайной погрешностью, вводят понятие среднеквадратической погрешности среднеарифметического значения характеризующее погрешности результата измерения:

$$\sigma A_{\text{ср}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2}{n(n-1)}}. \quad (5.10)$$

Из (5.3) видно, что увеличение количества повторных измерений приводит к уменьшению среднеквадратической погрешности $\sigma A_{\text{ср}}$ результата измерений, что позволяет дать количественную оценки степени достоверности результата измерения.

Задание № 1

К какому виду и методу относятся измерения мощности P , параметров $R(x)$ и Cx , напряжения $U(x)$, сопротивления $R(x)$?

Задание № 2

Аналоговым вольтметром измерено напряжение на выходе двухполюсника и получен отсчет $a=81,6$ делений. Выходное сопротивление $R_{\text{вых}}$ двухполюсника находится в пределах 50-300 Ом. Температура среды, в которой проводилось измерение, находилось в пределах $20 \pm 10^\circ\text{C}$, Вольтметр имеет следующие характеристики: диапазон измерений от 0 до 10 В; класс точности 0,5; шкала содержит 100 делений; входное сопротивление $R_{\text{вх}}=(10 \pm 0,1)$ кОм. Необходимо представить результат измерения.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНТРОЛЬНО – ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ПРИ РЕМОНТЕ ОБОРУДОВАНИЯ

Цель работы: Научиться приёмам работы с измерительными инструментами для измерения и контроля линейных величин: штангенциркуль типа ШЦ, микрометр гладкий, нутромер (штихмас), щуп, калибры. Чтение полученных размеров и определять погрешности измерений.

Общие сведения

1. Средства измерения и контроля линейных величин: штангенциркуль типа ШЦ, микрометр гладкий, нутромер (штихмас), щуп, калибры.
2. Безопасность работы при работе с измерительными инструментами.

3. Рабочее место должно быть хорошо освещено.
4. Соблюдать осторожность при контакте с острыми концами мерительных инструментов.
5. Метрология – учение о мерах: metron – мера; logos – учение (греческ.)

Методы измерений

1. Прямой – значение величины получают непосредственно.
2. Сравнение с мерой – определяют отклонение измеряемой величины от известного размера установочной меры или образца.
3. Косвенный (расчётный) – определение значения на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной.

Виды погрешностей измерения

1. Абсолютная – погрешность измерения, выраженная в единицах измеряемой величины.

$$\Delta A = A_{\text{измер.}} - A_{\text{действ.}} \quad (6.1)$$

Н-р: погрешность измерения длины 10м равна 0,01м

2. Относительная – это погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности измерения к действительному значению измеряемой величины:

$$\gamma = \Delta A / A_{\text{действ.}} \quad (6.2)$$

$$\gamma\% = \Delta A \cdot 100 / A_{\text{действ.}} \quad (6.3)$$

Н-р: погрешность измерения длины 10м будет равна: $0,1/10=0,001$, или 0,1%.

Цена деления шкалы - это разность величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы средства измерения.

Штангенциркуль и микрометр. Краткая теория нониуса.

Для определения линейных размеров тел используются самые различные измерительные приборы. Для простых измерений (в быту) используется масштабная линейка.

Если необходимо произвести измерения с большей точностью, пользуются приборами, снабженными нониусами. **НОНИУСОМ** называется дополнительная шкала, которая позволяет более точно отсчитать доли наименьшего деления основной шкалы. При использовании нониуса можно повысить точность измерения в 10-20 раз. Например, **ЛИНЕЙНЫЙ НОНИУС** представляет собой небольшую линейку С со шкалой, скользящую по основной линейке А (рис.6.1). Причем все m делений нониуса равны по длине $(m-1)$ делениям шкалы линейки А. Если a - цена деления нониуса, b - цена деления основной шкалы, то

$$am = (m - 1)b \quad (6.4)$$

Ценой деления нониуса называется разность между ценами этих делений, т.е.

$$b - a = b/m. \quad (6.5)$$

Точность нониуса равна отношению цены деления основной шкалы к числу делений на нониусе. Если $b=1\text{мм}$ и $m=10$, то в этом случае точность нониуса равна $1/10=0,1\text{мм}$.

Измерения при помощи нониуса проводят следующим образом. Один конец измеряемого предмета совмещают с нулевым делением основной шкалы А, другой - с нониусом С (рис.6.1).

Можно определить искомую длину тела L:

$$L = nb + L, \quad (6.6)$$

где n- целое число делений основной шкалы в миллиметрах, укладываемых в измеряемой длине;

L - отрезок длины, представляющий доли миллиметра.

Для нахождения L надо определить, какое деление нониуса совпадает с каким-либо делением основной шкалы. Тогда:

$$L = kb - ka = k(b - a) = k(b/m). \quad (6.7)$$

С учетом выражений запишем выражение для:

$$L = kb + k(b/m).$$

Ход работы

1. Измерение размеров при помощи штангенциркуля

а) Штангенциркуль служит для линейных измерений, не требующих высокой точности, и состоит из линейки с миллиметровым делением, вдоль которой может перемещаться подвижная рамка 2. На подвижной рамке нанесен линейный нониус с числом делений m (обычно 10 или 20). При измерении предмета зажимается между губками 8 с помощью подвижной рамки 2. После этого отсчитывают по основной шкале число полных делений n до нулевой отметки нониуса и узнают номер деления нониуса 7, совпадающего с каким-либо делением основной шкалы. Тогда линейный размер предмета L можно найти по формуле (6.5).

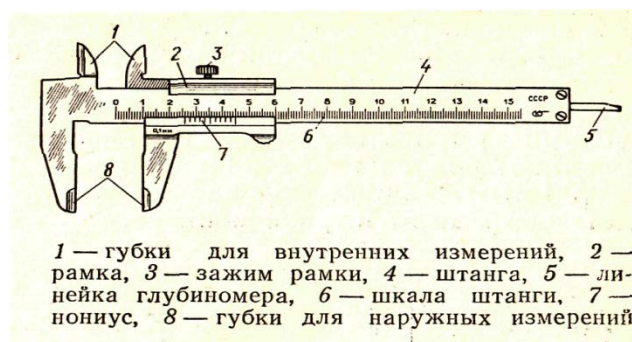


Рис. 6.1. Штангенциркуль ШЦ-1 ц.д. 0,1мм

б) замерить обозначенные размеры детали, результаты измерений занести в таблицу.

- в) найти случайную погрешность 5 измерений D, d, h при $n = 5$.
- г) определить абсолютную и относительную погрешность измерений.

2. Измерение размеров при помощи микрометра

а) Микрометр. Микрометр имеет вид тисков, в которых измеряемый предмет зажимается с помощью винта.

На стержне винта 3 укреплен барабан 5 с нанесенной на нем шкалой. Главным источником ошибки является неравномерность нажатия винта на измеряемый предмет. Для устранения этого недостатка микрометры снабжены трещоткой 6. Отсчетное устройство микрометра состоит из двух шкал. Горизонтальная шкала стержня представляет собой двойную шкалу с ценой деления 0,5 мм. На барабане имеется шкала, содержащая 50 делений. Один поворот барабана передвигает его стержень на 0,5 мм. Следовательно, цена деления шкалы барабана 0,01 мм.

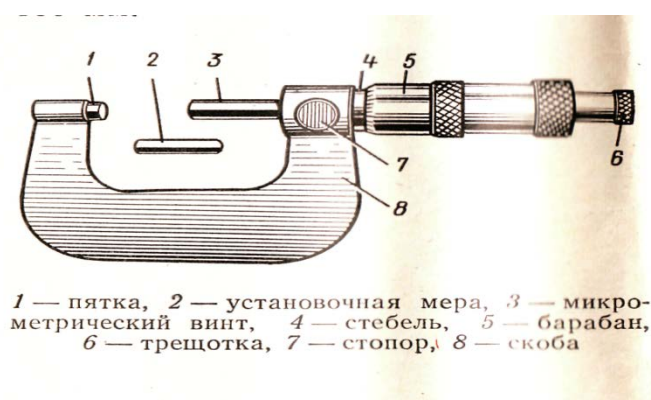


Рис. 6.2. Микрометр

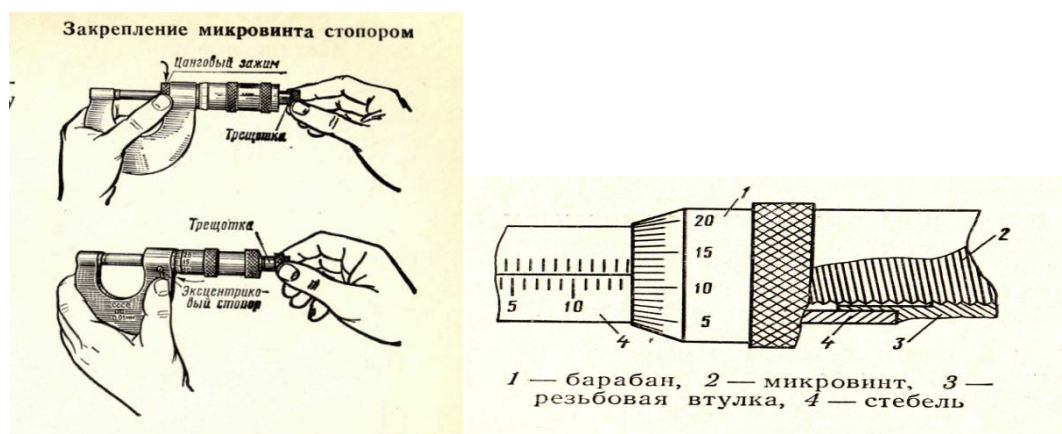


Рис. 6.3. Считывание показаний измерений с микрометра

б) замерить обозначенные размеры детали, результаты измерений занести в таблицу;

- в) найти случайную погрешность 5 измерений D, d, h при $n = 5$.
- г) определить абсолютную и относительную погрешность измерений.

3. Измерение размеров при помощи нутромера.

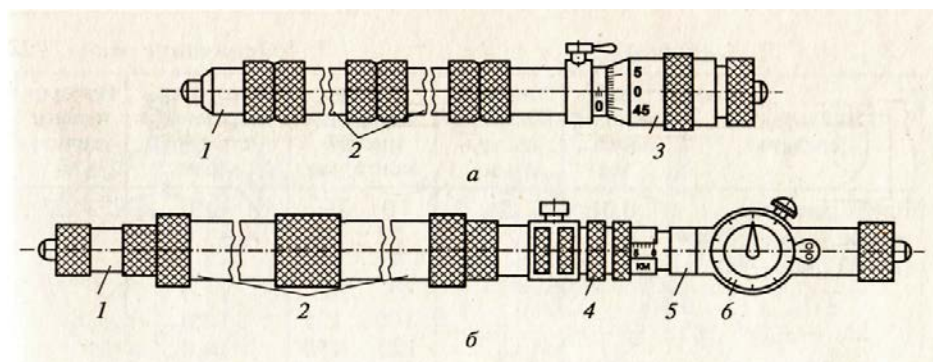


Рис. 6.4. Измерение размеров при помощи нутромера; 1 – измерительные наконечники; 2 – удлинители; 3 – шкала; 4 – кольцо микроподдачи; 5 – корпус; 6 – индикатор

Правильное положение нутромера находят его покачиванием при лёгком контактировании измерительных поверхностей с деталью.

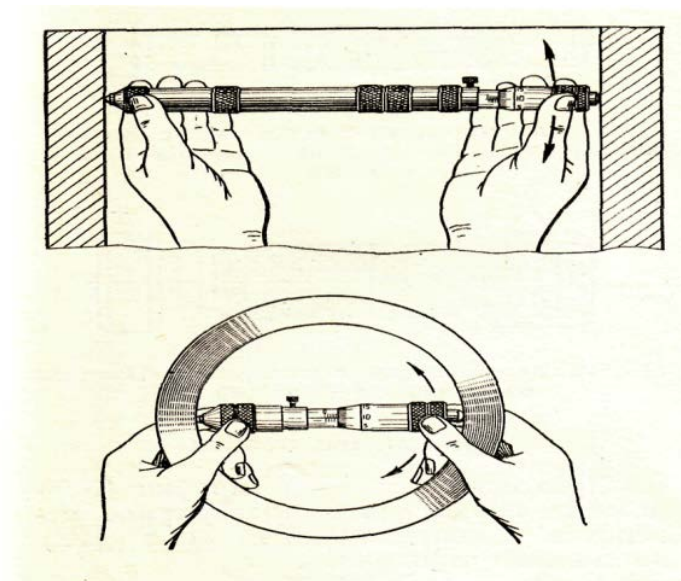


Рис. 6.5. Правильное положение нутромера

4. Измерение зазоров при помощи щупа



Рис. 6.6. Измерение зазоров при помощи щупа

5. Измерение размеров при помощи калибров

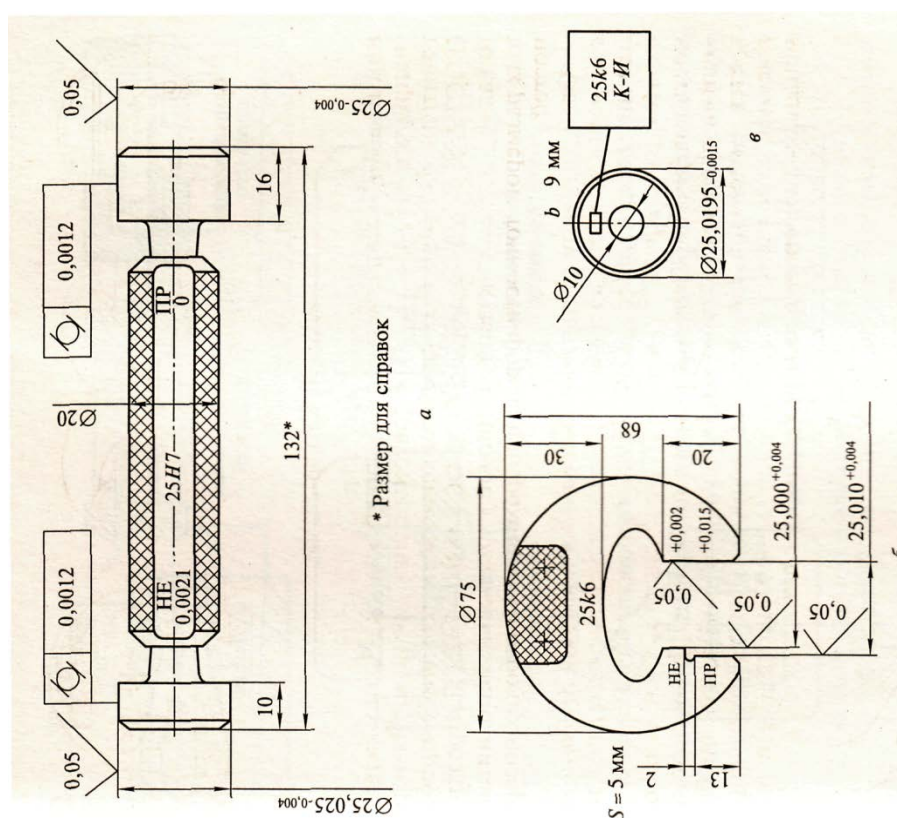


Рис. 6.7. Измерение размеров при помощи калибров

Калибры – это тела или устройства, предназначенные для проверки соответствия размеров изделий или их конфигураций установленным допускам.

По назначению калибры делятся на:

- а) рабочие – для контроля деталей в процессе изготовления
- б) приёмные - для контроля деталей представителями ОТК или заказчика
- в) контрольные – для проверки калибров а) и б)

Калибры для измерения диаметров отверстий.

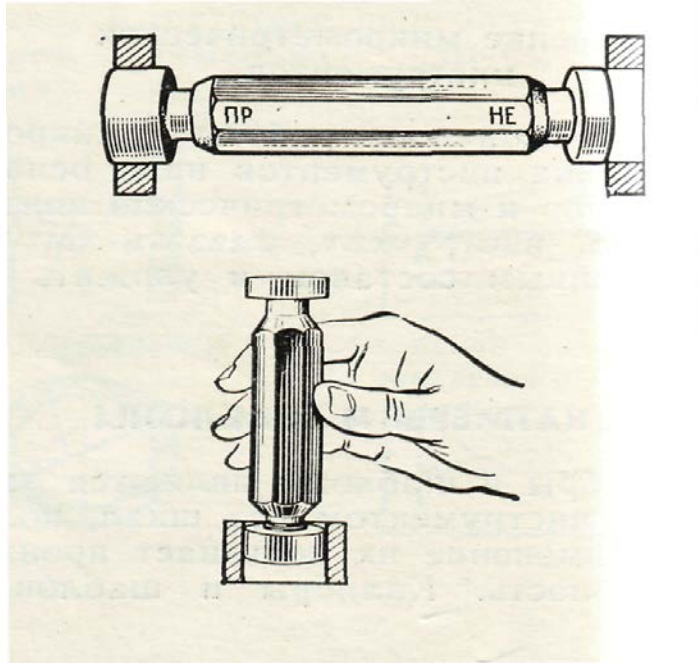


Рис. 6.8. Контрольные скобы-калибры для измерения наружных диаметров

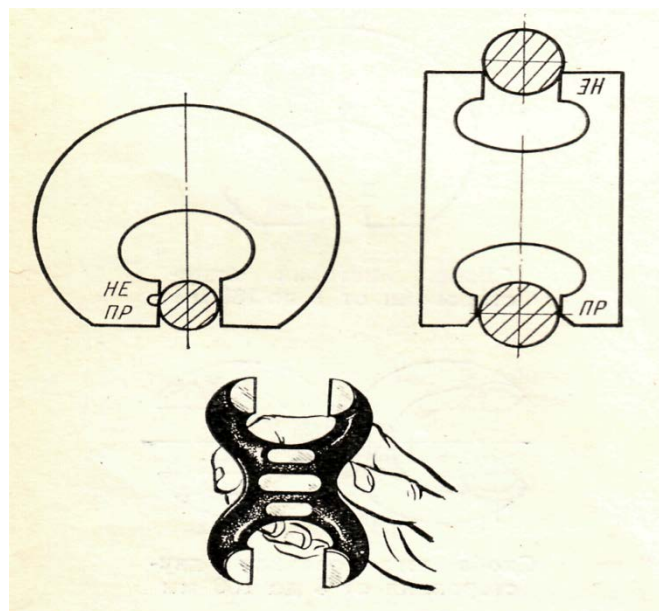


Рис. 6.9. Калибры имеют проходной и непроходной размеры

6. Предъявить преподавателю результаты работы.

Содержание отчёта

Перечень используемого оборудования, инструментов, приспособлений.

Указание последовательности действий.

Фиксировать полученные размеры.

Расчёт погрешностей измерения.

Краткие выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Работа со шкалой нониуса штангенциркуля

2. Работа со шкалой нониуса микрометра.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калиниченко, Н. П. Формы и методы контроля качества металлов и сварных конструкций: атлас фотографий дефектов опасных производственных объектов: учебное пособие для СПО [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/83120.html>

2. Зацепин, А. Ф. Современные компьютерные дефектоскопы для ультразвуковых исследований и неразрушающего контроля: учебно-методическое пособие [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68295.html>

3. Неразрушающий контроль. В 2 частях. Ч.2. Неразрушающий контроль в управлении качеством с применением мехатронных систем : учебное пособие / К. П. Латышенко, А. А. Чуриков, С. В. Пономарев [и др.]. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/85965.html>

4. Секацкий, В. С. Методы и средства измерений и контроля: учебное пособие [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84241.html>

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1. ОСНОВНЫЕ И ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ СИСТЕМЫ СИ.....	4
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2. КЛАССЫ ТОЧНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ.....	9
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3. ПЕРЕВОД НАЦИОНАЛЬНЫХ НЕМЕТРИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ В ЕДИНИЦЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЫ СИ.....	11
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4. ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ.....	17
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5. ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ, ОБРАБОТКА И ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ.....	19
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНТРОЛЬНО – ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ПРИ РЕМОНТЕ ОБОРУДОВАНИЯ.....	23
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	30

СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ
для студентов специальности 27.02.07 «Управление качеством
продукции, процессов и услуг (по отраслям)» всех форм обучения

Составитель:
Иванова Анна Вадимовна

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 08.11.2021.
Уч.-изд. л. 2,0.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский проспект 14