

Федеральное агентство по образованию
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГОУВПО «АмГУ»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой АПП и Э
_____ А.Н. Рыбалёв
«__» _____ 2007 г.

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ
для специальностей: 220301 – «Автоматизация технологических процессов и
производств»

Составитель: О.В. Зотова, доцент кафедры автоматизации производственных
процессов и электротехники

Благовещенск
2007 г.

Печатается по решению
редакционно-издательского совета
инженерно-физического факультета
Амурского государственного
университета.

О.В. Зотова,

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов очной формы обучения специальностей 220301 – «Автоматизация технологических процессов и производств»

– Благовещенск. Амурский государственный университет, 2007.

Учебно-методические рекомендации ориентированы на оказание помощи студентам специальностей 220301 очной формы обучения для формирования основ знаний по метрологии, стандартизации и сертификации с целью обеспечить общую теоретическую и практическую подготовку квалифицированных инженеров. Знания, полученные по данной дисциплине, могут быть использованы при изучении последующих специальных дисциплин и непосредственно в инженерной практике.

Амурский государственный университет, 2007.

СОДЕРЖАНИЕ:

1. Рабочая программа	4
2. План-конспект лекций.....	25
3. Практические занятия	
3.1 Методические рекомендации по проведению практических занятий.....	31
3.2 Рекомендуемое распределение тем для практических занятий	31
4. Лабораторные занятия.....	33
4.1 Методические рекомендации по проведению лабораторных работ	33
4.2 Методические указания к лабораторным работам.....	38
5. Самостоятельная работа студентов.....	129
5.1 График самостоятельной учебной работы студентов	129
5.2 Методические указания к выполнению и оформлению самостоятельной работы	131
6. Вопросы к экзамену.....	132
7. Экзаменационные билеты.....	134
7.1. Общие положения.....	134
7.2. Примеры экзаменационных билетов.....	134
8. Контроль знаний студентов.....	135
6.1 Методические рекомендации.....	135
6.2 Входной контроль знаний.....	135
6.3 Тестовое задание по проверке остаточных знаний	137
9. Критерий оценки знаний студентов.....	141

Федеральное агентство по образованию Российской Федерации
Амурский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
Е.С. Астапова
личная подпись, И.О.Ф
«__» _____ 200__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине»: «Метрология, стандартизация и сертификация».

для специальности 220301 – «Автоматизация технологических процессов и производств»

Курс 3

Семестр 5

Лекции 36 _____ (час.) Экзамен 5
(семестр)

Практические (семинарские) занятия 18 (час.) Зачет _____
(семестр)

Лабораторные занятия 18 _____ (час.)

Самостоятельная работа 48 _____ (час.)

Всего часов 120

Составитель Паршина Г. В., ст. преподаватель кафедры автоматизации
производственных процессов и электротехники
(И.О.Ф., должность, ученое звание)

Факультет Энергетический

Кафедра автоматизация производственных процессов и электротехники

2006 г.

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта ВПО 657900 «Автоматизированные технологии и производства» и учебного плана специальности 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств»: блок общепрофессиональных дисциплин, ОПД. Ф.05.02

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники

«__» _____ 200__ г., протокол № _____

Заведующий кафедрой _____ А.Н. Рыбалев

Рабочая программа одобрена на заседании УМС 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств»

«__» _____ 200__ г., протокол № _____

Председатель _____ А.Н. Рыбалев

СОГЛАСОВАНО

Начальник УМУ

_____ Г.Н. Торопчина
(подпись, И.О.Ф.)

«__» _____ 200__ г.

СОГЛАСОВАНО

Председатель УМС факультета

_____ Ю.В. Мясоедов
(подпись, И.О.Ф.)

«__» _____ 200__ г.

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой

_____ А.Н. Рыбалев
(подпись, И.О.Ф.)

«__» _____ 200__ г.

Цели и задачи изучения дисциплины

В условиях рыночной экономики важнейшими инструментами успешной деятельности предприятий являются метрология, стандартизация и сертификация. Поэтому в учебном плане инженерной специальности 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств», включена дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация».

Проектирование, обслуживание и ремонт электротехнических устройств связаны с проведением экспериментальных работ, которые неосуществимы без измерений и регистрации характеристик различных физических процессов. Электрические методы измерений электрических и неэлектрических величин в сравнении с другими имеют в практической реализации неоспоримые преимущества, дающие возможность автоматизировать процессы измерений при дистанционном контроле и управлении стационарными и подвижными объектами. Значимость роли измерений в технике обосновывается ее основным требованием – необходимостью взаимозаменяемости деталей и узлов при массовом производстве, выполнение которого неосуществимо без современной измерительной базы и метрологического обеспечения. При этом уровень и состояние метрологической базы в настоящее время является основным показателем технической культуры любого производства. Таким образом, повышение качества продукции и выполняемых ремонтных работ в значительной степени определяется уровнем технической и метрологической грамотности специалиста.

Цель изучения дисциплины – подготовка будущего инженера к решению организационных, научных, технических и правовых задач метрологической деятельности при проведении испытаний, сертификации услуг, процессов, систем качества и персонала.

В результате изучения дисциплины студент должен:

- уметь выполнять метрологическое обеспечение производства как на этапе проектирования, так и во время эксплуатации и реконструкции;
- знать и уметь использовать профессионально-ориентированные матема-

тические, физические, метрологические методы анализа, синтеза и оптимизации процессов измерений и контроля качества продукции, организационную и нормативную основу (виды, категории, цели, критерии, организацию и порядок проведения) контроля качества и испытаний, теоретические основы деятельности по испытаниям и сертификации (принципы, нормы, требования к документации), системы контроля качества, испытаний, сертификации, принципы и практику международного сотрудничества в области контроля качества, испытаний, сертификации продукции, услуг, процессов, систем качества и персонала порядок аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров);

– иметь опыт (навыки) выбора системы и схем сертификации продукции и услуг, заполнения сертификата соответствия;

– иметь представление о перспективах развития контрольно-измерительных и испытательных технологий и оборудования, роли и месте метрологии в решении проблем испытаний и сертификации.

Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация» относится к группе общепрофессиональных дисциплин (ОПД.Ф.06) и обеспечивает фундаментальную подготовку инженера к практической деятельности в области испытаний и сертификации. Изучение дисциплины базируется на соответствующих разделах дисциплин гуманитарного и естественно-научного циклов: философия, математика, информатика, физика, теоретические основы электротехники, и, в свою очередь, является базой для изучения вопросов испытаний и сертификации в специальных дисциплинах.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Федеральный компонент

Государственный образовательный стандарт ВПО 650900 «Электроэнергетика», блок общепрофессиональных дисциплин, ОПД.Ф.06 «Метрология, стандартизация и сертификация»:

Теоретические основы метрологии. Основные понятия, связанные с объектами измерения: свойство, величина, количественные и качественные проявления свойств объектов материального мира. Основные понятия, связанные со средствами измерений. Закономерности формирования результата измерения, понятие погрешности, источники погрешностей. Понятие метрологического обеспечения. Правовые основы обеспечения единства измерений. Основные положения закона РФ об обеспечении единства измерений. Структура и функции метрологической службы предприятия, организации, учреждения, являющихся юридическими лицами.

Исторические основы развития стандартизации и сертификации. Стандартизация, ее роль в повышении качества продукции и развитие на международном, региональном и национальном уровнях. Правовые основы стандартизации. Международная организация по стандартизации (ИСО). Основные положения государственной системы стандартизации ГСС. Научная база стандартизации. Определение оптимального уровня унификации и стандартизации. Государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов. Основные цели и объекты сертификации. Термины и определения в области сертификации. Качество продукции и защита потребителя. Схемы и системы сертификации. Условия осуществления сертификации. Обязательная и добровольная сертификация. Правила и порядок проведения сертификации. Органы по сертификации и испытательные лаборатории. Аккредитация органов по сертификации и испытательных (измерительных) лабораторий. Сертификация услуг. Сертификация систем качества.

2. Лекционный курс (36 часов)

Введение – (1 час.)

Предмет, задачи содержание курса; его роль и место в формировании современного инженера История развития метрологии, стандартизации и сертификации, их взаимосвязь и роль в обеспечении качества продукции и услуг.

Тема 1. Теоретические основы метрологии. – (18 час.)

1.1. Предмет и задачи метрологии. Базовые метрологические термины и их определения. – (1 час.)

Предмет метрологии. Задачи и основные разделы метрологии. Направления развития современной метрологии. Измерение. Элементы измерительной процедуры.

1.2. Свойства и величины. Единицы измерения, системы единиц. – (2 час.)

Основные понятия, связанные с объектом измерения: свойство и величина. Классификация величин. Единица измерения. Понятие размерности. Системы единиц и принципы их построения. Международная система единиц (SI).

1.3. Виды измерений, принципы и методы измерений. – (2 час.)

Измерение физической величины. Принцип измерения. Структурные элементы процесса измерения. Структурная схема взаимосвязи элементов процесса измерения. Виды измерений, их классификация. Методы измерений.

1.4. Погрешности измерений. – (2 час.)

Погрешности измерения, их классификация. Погрешности СИ. Случайная и систематическая погрешности. Принципы описания и оценивания погрешностей. Понятие о доверительном интервале и доверительной вероятности. Формирование результата измерения, правила округления результатов и

погрешностей измерения.

1.5. Средство измерений. – (4 час.)

Средство измерений (СИ). Классификация СИ. Структура СИ. Компоненты структуры СИ

Основные нормируемые метрологические характеристики СИ.

Статические и динамические характеристики и параметры СИ.

1.6. СИ электрических, магнитных и неэлектрических величин. – (2 час.).

Структура и принцип работы электроизмерительных приборов. Приборы сравнения. Измерительные преобразователи. Преобразователи электрических величин. Преобразователи магнитных величин в электрические. Электрические измерения неэлектрических величин. Преобразователи неэлектрических величин в электрические.

1.7. Информационно-измерительные системы (ИИС). – (1 час.).

Классификация ИИС. Структуры ИИС. Автоматические измерительные системы (АИС). Измерительно-вычислительные комплексы (ИВК).

1.8. Измерительные сигналы. – (1 час.)

Классификация измерительных сигналов. Аналоговый, дискретный и цифровой измерительные сигналы. Помехи и их классификация. Математическое описание измерительных сигналов.

1.9. Подготовка измерительного эксперимента и обработка результатов измерений. – (2 час.).

Методика выполнения измерений (МВИ). Назначение МВИ. Содержание документа на МВИ. Обработка результатов прямых однократных и многократных измерений. Обработка результатов косвенных измерений. Обработка результатов совместных измерений. Оценивание достоверности результата испытания. Оценивание результата измерительного контроля.

Тема 2. Законодательная метрология – (4 час.)

2.1. Основы метрологического обеспечения. – (1 час.).

Задача законодательной метрологии. Понятие метрологического обеспечения (МО). Объекты и основы МО.

2.2. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). – (1 час.).

Цель ГСИ. Основные объекты и задачи ГСИ. Закон РФ «Об обеспечении единства измерений», как правовая основа ГСИ, его основные цели. Основные положения Закон РФ «Об обеспечении единства измерений».

2.3. Метрологическая служба. – (2 час.).

Структура и функции метрологических служб предприятий, организаций, учреждений, являющихся юридическими лицами. Условия аккредитации, основные задачи и структурные подразделения метрологической службы юридических лиц. Права и обязанности специалистов метрологических служб предприятий и организаций.

Тема 3. Стандартизация – (6 час.)

3.1. Роль стандартизации в повышении качества продукции. Развитие стандартизации на международном, региональном и национальном уровнях. – (1 час.)

Качество и количество. Иерархия понятия качества. Сущность и цель стандартизации. Основные результаты деятельности по стандартизации.

Развитие стандартизации в Европе и в России.

3.2. Терминология в области стандартизации. – (1 час.)

Нормативный документ. Стандарт. Категории стандартов. Правила (ПР). Рекомендации (Р). Норма. Технический регламент (ТР).

3.3. Правовые основы и организация работы по стандартизации в РФ. – (1 час.)

Закон РФ «О техническом регулировании» (от 27 июня 2002 г.). Принципы стандартизации. Документы в области стандартизации. Технические

регламенты.

Органы и службы по стандартизации, их функции.

3.4. Научная база стандартизации. – (1 час.)

Научно-технические принципы и методы стандартизации.

3.5. Государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов и технических регламентов – (2 час.)

Основные задачи госнадзора. Организации, осуществляющие государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов и технических регламентов согласно Закону РФ «О техническом регулировании».

Объекты проверки госнадзора. Права и обязанности государственных инспекторов. Правила проведения госнадзора.

Тема 4. Сертификация. – (8 час.)

4.1. Терминология в области сертификации. – (1 час.)

Международная и национальная терминология (Закон РФ «О техническом регулировании» от 27.12.2002.). Основные понятия подтверждения соответствия.

4.2. Нормативно-правовые основы сертификации. – (1 час.)

Основные цели и объекты сертификации. Международные стандарты и руководства в области сертификации (Руководства ИСО/МЭК).

Национальные стандарты и правила в области сертификации. Законы РФ: «О защите прав потребителей» (07.02.1992 г.), «Об обеспечении единства измерений» (27.04.1993 г.), «О техническом регулировании» (27.12.2002 г.).

4.3. Схемы и системы сертификации. – (2 час.)

Система сертификации в РФ. Организационная структура государственной системы сертификации. Схемы сертификации.

4.4. Принципы осуществления сертификации. Обязательная и добровольная сертификация. – (2 час.)

Концепция совершенствования системы сертификации и перехода к механизму подтверждения соответствия. Принципы осуществления сертификации. Внедрение обязательной сертификации. Цель, основные аспекты и системы обязательной сертификации.

Добровольная сертификация. Правила и процедуры системы добровольной сертификации.

4.5. Правила и порядок проведения сертификации. – (2 час.)

Основные участники сертификации. Обязанности и функции органа по сертификации. Требования, предъявляемые к испытательным (измерительным) лабораториям. Порядок проведения сертификации.

3. Практические занятия (18 час.)

3.1 Единицы измерения. Системы единиц. Размерность. Шкалы измерений. – 2 часа.

3.2 Вероятностное описание случайной погрешности. – 2 часа.

3.3 Методы выявления и исключения грубых погрешностей (промахов). – 2 часа.

3.4 Расчет погрешностей средств измерений по нормированным метрологическим характеристикам. – 2 часа.

3.5 Расчет методических погрешностей – 4 часа.

3.6 Расчет результирующей погрешности комплекта СИ, информационно-измерительной системы, информационно-измерительного комплекса, состоящих из СИ серийного производства. – 2 часа.

3.7 Принципы построения вольтметра и амперметра. Расчет шунтов и добавочных сопротивлений. – 2 часа.

3.8 Сертификация средств измерений. Поверка и калибровка.– 2 часа

4. Лабораторные работы (18 часов)

4.1. Вводное занятие. Техника безопасности при выполнении лабора-

торных работ. Ознакомление с общими методическими рекомендациями по выполнению лабораторных работ. – 2 часа.

4.2. Изучение информации, нанесённой на шкале прибора, содержащейся в технических данных на СИ. – 2 часа.

4.3 Структура средств измерений. –2 часа.

4.4. Виды и методы измерений. – 2 часа.

4.5. Исследование неопределенности результатов измерений. – 2 часа.

4.6. Функциональный анализ методик выполнения измерений. – 2 часа.

4.7. Экспериментальные методы выявления и оценки погрешностей.– 2 часа.

4.8. Выбор методики выполнения измерений. –2 часа.

4.9. Метрологические характеристики средств измерений. – 2 часа

5. Самостоятельная работа (48 часов)

Самостоятельная работа студентов по дисциплине предусматривается в следующих формах:

5.1. Предварительная подготовка к лабораторным занятиям и составление отчетов по лабораторным занятиям – 16 час.

5.2. Самостоятельное изучение ряда тем (32 часа):

5.2.1. Шкала измерений. Основные типы шкал измерений и их сравнительный анализ. Шкалы измерений времени и температуры – 4 час.

5.2.2. Эталон. Классификация эталонов. Эталоны единиц основных величин SI. – 4 час.

5.2.3. Применение микропроцессоров в СИ. – 2 час.

5.2.4. Улучшение точности СИ. – 2 час.

5.2.5. Передача единицы измерения. Государственная поверочная схема. Локальные схемы передачи единицы измеряемой величины. – 2 час.

5.2.6. Утверждение типа СИ. Поверка, калибровка. Запас по точности. Доверительная вероятность поверки , калибровки. – 4 час.

- 5.2.7. Закон «Об обеспечении единства измерений». Цель и основные задачи. Зоны распространения ГМК. – 2 час.
- 5.2.8. Закон «О техническом регулировании». Технический регламент (ТР). Назначение, содержание, применение и виды ТР. Порядок разработки, принятия, изменения, и отмены ТР. Ответственность за невыполнение ТР. – 6 час.
- 5.2.9. Закон «О техническом регулировании». Правила разработки и утверждения национальных стандартов. – 2 час.
- 5.2.10 Закон «О техническом регулировании». Права и обязанности заявителя в области обязательного подтверждения соответствия. – 2 час.
- 5.2.11 Закон «О техническом регулировании». Ответственность за нарушение правил выполнения работ по сертификации. – 2 час.

6. Перечень и формы контроля знаний

6.1. Входной контроль: тестирование остаточных знаний по математике и электротехнике.

6.2. Промежуточный контроль знаний студентов по дисциплине предусматривает две контрольные точки, оценки по которым выставляются с учетом оценок полученных при защите лабораторных работ и выполнении программы практических занятий, а также с учетом результатов проверки выполнения студентом плана самостоятельной работы. Результаты фиксируются в журналах успеваемости и учитываются при допуске к экзамену.

6.3. Итоговый контроль представляет собой экзамен.

7. Экзамен

7.1. Общие положения.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие и защитившие лабораторные работы, выполнившие программу практических занятий и самостоятельной работы. В порядке исключения к экзамену может также быть допущен студент, не выполнивший в общей сложности одну или две лабораторные или практические работы, в этом случае он отвечает на дополнитель-

ные вопросы по теме этих работ. Для подготовки ответа студенту отводится 40 мин.

7.2. Вопросы к экзамену.

1. Метрология. Предмет и задачи метрологии. Направления развития современной метрологии.
2. Свойства и величины. Классификация величин.
3. Физическая величина (ФВ). Значение ФВ. Единицы измерения ФВ. Понятие размерности ФВ.
4. Шкала измерений. Основные типы шкал и их сравнительный анализ.
5. Принципы построения системы единиц. Международная система единиц (SI), ее достоинства и недостатки. Кратные и дольные единицы измерения.
6. Измерение. Элементы измерительной процедуры. Структурная схема взаимосвязи элементов процесса измерения.
7. Виды и методы измерений, их классификация и краткая характеристика.
8. Средство измерений (СИ). Классификация СИ. Структура и основные компоненты СИ.
9. Основные нормируемые характеристики СИ, их классификация.
10. Статические и динамические характеристики и параметры СИ.
11. Структура и принцип работы электроизмерительных приборов.
12. Измерительные преобразователи. Назначение ИП. Электрические измерения неэлектрических величин.
13. Информационно-измерительные системы, их классификация. Структуры ИИС.
14. Результат измерения. Истинное и действительное значение измеряемой ФВ. Погрешность результата измерения.
15. Классификация погрешностей измерения.
16. Случайная погрешность измерений. Способы обнаружения, учета и устранения.

17. Систематическая погрешность измерений. Способы обнаружения, учета и устранения.
18. Формирование результата измерения. Обработка результатов прямых и косвенных измерений. Правила округления результатов и погрешностей измерений.
19. Методика выполнения измерений. Назначение МВИ. Содержание документа на МВИ.
20. Эталон. Классификация эталонов.
21. Эталоны единиц основных величин SI.
22. Метрологическое обеспечение: объекты и основы.
23. ГСИ. Основные объекты и задачи.
24. Закон РФ «Об обеспечении единства измерений». Основные цели и задачи.
25. Структура и функции метрологической службы предприятий, организаций, учреждений, являющихся юридическими лицами.
26. Стандартизация, её сущность и задачи. Научная база стандартизации.
27. Федеральный закон «О техническом регулировании». Принципы стандартизации.
28. Федеральный закон «О техническом регулировании». Органы и службы по стандартизации, их функции.
29. Федеральный закон «О техническом регулировании». Правила разработки и утверждения национальных стандартов.
30. Федеральный закон «О техническом регулировании».. Назначение, содержание, применение и виды технических регламентов. Порядок разработки, принятия, изменения, и отмены ТР. Ответственность за невыполнение ТР.
31. Научная база стандартизации.
32. Государственный контроль (надзор) за соблюдением требований государственных стандартов.

33. Основные цели и объекты сертификации. Международные и национальные стандарты и руководства в области сертификации.
34. Организационная структура государственной системы сертификации.
35. Схемы сертификации, рекомендованные ИСО, используемые в российских правилах сертификации. Содержание и отличительные признаки каждой схемы.
36. Концепция совершенствования системы сертификации и перехода к механизму подтверждения соответствия.
37. Системы обязательной сертификации. Цель систем обязательной сертификации.
38. Добровольная сертификация. Системы добровольной сертификации. Правила и процедуры системы добровольной сертификации.
39. Правила и порядок поведения сертификации.
40. Обязанности и функции органа по сертификации.
41. Ответственность за нарушение правил выполнения работ по сертификации.
42. Права и обязанности заявителя в области обязательного подтверждения соответствия.

7.3. Критерии оценки на экзамене.

Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса из разных тем и задачу. Для получения удовлетворительной оценки достаточно показать знание основных понятий по теме вопросов и сформулировать общие принципы решения задачи. Оценка «хорошо» выставляется студенту, правильно решившему задачу и показавшему способность экономического, математического, технического и др. обоснований ответов. Оценка «отлично» выставляется, если, кроме того, студент правильно ответил на дополнительные вопросы по темам, смежным с темами основных вопросов. При этом неправильные ответы на дополнительные вопросы могут служить основанием для снижения оценки до «удовлетворительно», если эти ответы свидетельствуют о слабом понимании материала.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.1. Лифиц, И.М. Стандартизация, метрология и сертификация. М: Юрайт.– 2004.
- 1.2. Сергеев, А.Г., М. В. Латышев, В. В. Терегеря. Метрология, стандартизация, сертификация. М.: Логос, 2001.
- 1.3. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений», 1993.
- 1.4. Федеральный закон «О техническом регулировании», 2003.
- 1.5. Действующие ГОСТы, методики выполнения измерений, методические указания и другая нормативно-техническая документация.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 2.1. Никифоров А. Д. Метрология, стандартизация, сертификация. М.: «Высшая школа», 2003.
- 2.2. Метрологическое обеспечение производства. Рейх И. Н. и др. Под редакцией Исаева. М.: «Стандарт», 1987.
- 2.3. Сергеев, А.Г. Метрология [Электронный ресурс] – электронная энциклопедия. студента: учеб. пособие. - М. : Логос, 2004. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM)
- 2.4 Крылова, Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии: Учеб. для вузов: - М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2000.
- 2.5. Российская метрологическая энциклопедия. Гл. ред. Ю.В. Тарбеев. - СПб. : Лики России, 2001.
- 2.6. Афолина А.В., Курноскина О.Г., Мизюн Н.В. Комментарий к Федеральному закону «О техническом регулировании» (постатейный)/ Под ред. А.Н. Гришечкина. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2005.

Учебно-методическая (технологическая) карта дисциплины

Номер недели	Номер темы	Вопросы, изучаемые на лекции	Занятия (номера)		Используемые наглядные и метод. пособия	Самостоятельная работа студентов		Формы контроля
			Практические занятия	Лабораторные работы		Содержание	час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	Предмет, задачи содержание курса; его роль и место в формировании современного инженера. История развития метрологии, стандартизации и сертификации, их взаимосвязь и роль в обеспечении качества продукции и услуг. Предмет метрологии. Задачи и основные разделы метрологии. Направления развития современной метрологии. Измерение. Элементы измерительной процедуры.		Вводное занятие. Техника безопасности. Ознакомление с методическими рекомендациями по выполнению лабораторных работ и оформлению отчетов.		Шкала измерений. Основные типы шкал измерений и их сравнительный анализ. Шкалы измерений времени и температуры.	4	Экзамен
2	1	Основные понятия, связанные с объектом измерения: свойство и величина. Классификация величин. Единица измерения. Понятие размерности. Системы единиц и принципы их построения. Международная система единиц (SI).	Единицы измерения. Системы единиц. Размерность. Шкалы измерений.			Эталон. Классификация эталонов. Эталоны единиц основных величин SI	4	Экзамен
3	1	Измерение физической величины. Принцип измерения. Структурные элементы процесса измерения. Структурная схема взаимосвязи элементов процесса измерения. Виды измерений, их классификация. Методы измерений.		№1. Изучение информации, нанесённой на шкале прибора, содержащейся в технических данных на СИ		Предварительная подготовка к лабораторным занятиям.	2	Проверка отчета и защита лабораторной работы. Экзамен
4	1	Погрешности измерения, их классификация. Погрешности СИ. Случайная и систематическая погрешности. Принципы описания и оценивания погрешностей. Формирование результата измерения, правила округления результатов и погрешностей измерения.	Вероятностное описание случайной погрешности.			Улучшение точности СИ	2	Экзамен

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	1	Средство измерений (СИ). Классификация СИ. Структура СИ. Компоненты структуры СИ		№2 Структура средств измерений		Предварительная подготовка к лабораторным занятиям и составление отчета по выполненной лабораторной работе.	2	Проверка отчета и защита лабораторной работы. Экзамен
6	1	Основные нормируемые метрологические характеристики СИ. Статические и динамические характеристики и параметры СИ.	Методы выявления и исключения грубых погрешностей (промахов)			. Применение микропроцессоров в СИ	2	Экзамен
7	1	Структура и принцип работы электроизмерительных приборов. Приборы сравнения. Измерительные преобразователи. Преобразователи электрических величин. Преобразователи магнитных величин в электрические. Электрические измерения неэлектрических величин. Преобразователи неэлектрических величин в электрические.		№3 Виды и методы измерений.		Передача единицы измерения. Государственная поверочная схема. Локальные схемы передачи единицы измеряемой величины Предварительная подготовка к лабораторным занятиям и составление отчета по выполненной лабораторной работе	4	Проверка отчета и защита лабораторной работы. Экзамен
8	1	Классификация ИИС. Структуры ИИС. Автоматические измерительные системы (АИС). Измерительно-вычислительные комплексы (ИВК). Классификация измерительных сигналов.. Помехи и их классификация. Математическое описание измерительных сигналов.	Расчет погрешностей средств измерений по нормированным метрологическим характеристикам.			Утверждение типа СИ. Поверка, калибровка. Запас по точности. Доверительная вероятность поверки, калибровки.	4	Экзамен
9	1	Методика выполнения измерений (МВИ). Назначение МВИ. Содержание документа на МВИ. Обработка результатов прямых (однократных и многократных) и косвенных измерений. Обработка результатов совместных измерений. Оценивание достоверности результата испытания. Оценивание результата измерительного контроля.		№4 Исследование неопределенности результатов измерений.		Предварительная подготовка к лабораторным занятиям и составление отчета по выполненной лабораторной работе	2	Проверка отчета и защита лабораторной работы. Экзамен

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	2	Задача законодательной метрологии. Понятие метрологического обеспечения (МО). Объекты и основы МО. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Цель ГСИ. Основные объекты и задачи ГСИ. Закон РФ «Об обеспечении единства измерений», как правовая основа ГСИ, его основные цели. Основные положения Закон РФ «Об обеспечении единства измерений».	Расчет методических погрешностей			Закон « Об обеспечении единства измерений». Цель и основные задачи. Зоны распространения ГМК.	2	Экзамен
11	2	Метрологическая служба. Структура и функции метрологических служб предприятий, организаций, учреждений, являющихся юридическими лицами. Условия аккредитации, основные задачи и структурные подразделения метрологической службы юридических лиц. Права и обязанности специалистов метрологических служб предприятий и организаций.		№5 Функциональный анализ методик выполнения измерений		Закон «О техническом регулировании». Технические регламенты. Назначение, содержание, применение и виды ТР. Предварительная подготовка к лабораторным занятиям и составление отчета по выполненной лабораторной работе	4	Проверка отчета и защита лабораторной работы. Экзамен
12	3	Роль стандартизации в повышении качества продукции. Качество и количество. Иерархия понятия качества. Сущность и цель стандартизации. Основные результаты деятельности по стандартизации. Развитие стандартизации в Европе и в России. Терминология в области стандартизации.	Расчет методических погрешностей			Порядок разработки, принятия, изменения и отмены ТР. Ответственность за невыполнение ТР.	4	Экзамен
13	3	Правовые основы и организация работы по стандартизации в РФ. Закон РФ «О техническом регулировании». Принципы стандартизации. Документы в области стандартизации. Технические регламенты. Органы и службы по стандартизации, их функции. Научно-технические принципы и методы стандартизации.		№6 Экспериментальные методы выявления и оценки погрешностей.		Предварительная подготовка к лабораторным занятиям и составление отчета по выполненной лабораторной работе	2	Проверка отчета и защита лабораторной работы. Экзамен

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	3	Государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов и технических регламентов. Основные задачи госнадзора. Организации, осуществляющие госнадзор за соблюдением требований гос. стандартов и технических регламентов согласно Закону РФ «О техническом регулировании». Объекты проверки госнадзора. Правила проведения госнадзора. Права и обязанности государственных инспекторов.	Расчет результирующей погрешности комплекта СИ, информационно-измерительной системы, информационно-измерительного комплекса, состоящих из СИ серийного производства.			Закон «О техническом регулировании». Правила разработки и утверждения национальных стандартов	2	Экзамен
15	4	Международная и национальная терминология в области сертификации. Основные понятия подтверждения соответствия в Законе РФ «О техническом регулировании» от 27.12.2002. Основные цели и объекты сертификации. Международные стандарты и руководства в области сертификации (Руководства ИСО/МЭК). Национальные стандарты и правила в области сертификации. Законы РФ: «О защите прав потребителей» и «Об обеспечении единства измерений»		№7 Выбор методики выполнения измерений.		Предварительная подготовка к лабораторным занятиям и составление отчета по выполненной лабораторной работе	2	Проверка отчета и защита лабораторной работы. Экзамен
16	4	Система сертификации в РФ. Организационная структура государственной системы сертификации. Схемы сертификации.	Принципы построения вольтметра и амперметра. Расчет шунтов и добавочных сопротивлений.			Закон «О техническом регулировании». Ответственность за нарушение правил выполнения работ по сертификации.	2	Экзамен

1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	4	Концепция совершенствования системы сертификации и перехода к механизму подтверждения соответствия. Принципы осуществления сертификации. Внедрение обязательной сертификации. Цель, основные аспекты и системы обязательной сертификации. Добровольная сертификация. Правила и процедуры системы добровольной сертификации.		№8 Метрологические характеристики средств измерений		Предварительная подготовка к лабораторным занятиям и составление отчета по выполненной лабораторной работе.	2	Проверка отчета и защита лабораторной работы. Экзамен
18	4	Правила и порядок проведения сертификации. Основные участники сертификации. Обязанности и функции органа по сертификации. Требования, предъявляемые к испытательным (измерительным) лабораториям. Порядок проведения сертификации.	Сертификация средств измерений. Поверка и калибровка.			Закон «О техническом регулировании». Права и обязанности заявителя в области обязательного подтверждения соответствия.	2	Экзамен

ПЛАН-КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Введение

Предмет, задачи содержание курса; его роль и место в формировании современного инженера, адекватного к требованиям времени. Краткий обзор истории развития метрологии, стандартизации и сертификации, их взаимосвязь и роль в обеспечении качества продукции и услуг.

Тема 1. Теоретические основы метрологии.

1.1. Предмет и задачи метрологии. Базовые метрологические термины и их определения.

Предмет метрологии. Задачи и основные разделы метрологии. Направления развития современной метрологии.

Измерение. Элементы измерительной процедуры: задача измерения, объект измерения, субъект измерения, модель объекта измерения, метод измерения, средство измерений, условия измерения, обработка экспериментальных данных.

1.2. Свойства и величины. Единицы измерения, системы единиц.

Основные понятия, связанные с объектом измерения: качественное и количественное свойство, величина. Классификация величин: Величины идеальные и реальные, физические и нефизические. Классификация физических величин. Измеряемые физические величины. Единица измерения. Понятие размерности. Системы единиц. Принципы построения и краткая история формирования систем единиц. Международная система единиц (SI). Основные и дополнительные единицы SI. Производные единицы. Кратные и дольные единицы измерения. Достоинства и недостатки SI. Правила написания обозначений единиц SI.

1.3. Виды измерений, принципы и методы измерений

Измерение физической величины. Принцип измерения. Структурные элементы процесса измерения: измерительная задача, объект и субъект измерения, результат и погрешность измерения. Структурная схема

взаимосвязи элементов процесса измерения. Виды измерений, их классификация. Методы измерений: непосредственной оценки, сравнения с мерой, дополнения, замещения, нулевой, и дифференциальный. Нестандартизованные методы.

1.4. Погрешности измерений

Погрешности измерения, их классификация. Погрешности СИ (приведенная, статическая, динамическая). Источники погрешности измерений: случайная и систематическая погрешности. Принципы описания и оценивания погрешностей, вероятностные оценки погрешности измерений: математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратическое отклонение. Понятие о доверительном интервале и доверительной вероятности. Формирование результата измерения, правила округления результатов и погрешностей измерения.

1.5. Средства измерений

Средство измерений (СИ). Классификация СИ: меры, измерительные приборы, измерительные установки, измерительные системы. Структура СИ. Компоненты структуры СИ: измерительные преобразователи, компараторы, устройства отображения информации.

Основные нормируемые метрологические характеристики СИ: функция преобразования, чувствительность, диапазон измерений, пределы измерений, цена деления. Классы точности СИ.

Статические и динамические характеристики и параметры СИ. Передаточная функция, амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) – комплексный коэффициент передачи, фазочастотная характеристика (ФЧХ) – комплексная чувствительность, реакция на единичный скачок – переходная функция, реакция на единичный импульс – импульсная (весовая) функция.

1.6. СИ электрических, магнитных и неэлектрических величин.

Структура и принцип работы электроизмерительных приборов. Приборы сравнения. Измерительные преобразователи. Преобразователи электрических величин. Преобразователи магнитных величин в

электрические. Электрические измерения неэлектрических величин. Преобразователи неэлектрических величин в электрические.

1.7. Информационно-измерительные системы (ИИС).

Классификация ИИС. Структуры ИИС. Автоматические измерительные системы (АИС). Измерительно-вычислительные комплексы (ИВК).

1.8. Измерительные сигналы.

Классификация измерительных сигналов. Аналоговый, дискретный и цифровой измерительные сигналы. Помехи и их классификация. Математическое описание измерительных сигналов.

1.9. Подготовка измерительного эксперимента и обработка результатов измерений.

Методика выполнения измерений (МВИ). Назначение МВИ. Содержание документа на МВИ. Обработка результатов прямых однократных и многократных измерений. Обработка результатов косвенных измерений. Обработка результатов совместных измерений. Оценивание достоверности результата испытания. Оценивание результата измерительного контроля.

Тема 2. Законодательная метрология

2.1. Основы метрологического обеспечения

Задача законодательной метрологии. Понятие метрологического обеспечения (МО): объекты и основы МО (научная, организационная, нормативная и техническая).

2.2. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ).

Цель ГСИ. Основные объекты и задачи ГСИ. Закон РФ «Об обеспечении единства измерений», как правовая основа ГСИ, его основные цели. Основные положения Закон РФ «Об обеспечении единства измерений».

2.3. Метрологическая служба.

Структура и функции метрологических служб предприятий, организаций, учреждений, являющихся юридическими лицами. Условия

аккредитации, основные задачи и структурные подразделения метрологической службы юридических лиц. Права и обязанности специалистов метрологических служб предприятий и организаций.

Тема 3. Стандартизация

3.1. Роль стандартизации в повышении качества продукции. Развитие стандартизации на международном, региональном и национальном уровнях

Качество и количество. Иерархия понятия качества. Качество продукции (услуги) – необходимый фактор связи потребления и производства. Сущность и цель стандартизации. Основные результаты деятельности по стандартизации.

Развитие стандартизации в Европе и в России.

3.2. . Терминология в области стандартизации

Нормативный документ. Стандарт. Категории стандартов: международный, региональный, государственный стандарт Российской Федерации (ГОСТ Р), межгосударственный стандарт (ГОСТ), стандарт отрасли, стандарт научно-технического или инженерного общества. Правила (ПР). Рекомендации (Р). Норма. Технический регламент (ТР).

3.3. Правовые основы и организация работы по стандартизации в РФ

Закон РФ «О техническом регулировании» (от 27 июня 2002 г.). Принципы стандартизации (статья 12). Документы в области стандартизации. (статья 13). Технические регламенты (статьи 6-9).

Органы и службы по стандартизации, их функции.

3.4. Научная база стандартизации

Научно-технические принципы и методы стандартизации: принцип предпочтительности, принцип прогрессивности и оптимизации стандартов, взаимоувязка стандартов, принцип минимального удельного расхода материалов.

3.5. Государственный контроль и надзор за соблюдением требований

государственных стандартов и технических регламентов

Основные задачи госнадзора. Организации, осуществляющие государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов и технических регламентов. Закон РФ «О техническом регулировании»: Государственный контроль (надзор) за соблюдением технических регламентов (статьи 32-35).

Объекты проверки госнадзора. Права и обязанности государственных инспекторов. Правила проведения госнадзора.

Тема 4. Сертификация.

4.1. Терминология в области сертификации.

Международная и национальная терминология. Закон РФ «О техническом регулировании» от 27.12.2002. (статья 2. «Основные понятия»). Основные понятия подтверждения соответствия: аккредитация, декларирование соответствия, декларация о соответствии, заявитель, знак обращения на рынке, знак соответствия, орган по сертификации, оценка соответствия, подтверждения соответствия, сертификация, сертификат соответствия, система сертификации, форма подтверждения соответствия.

4.2. Нормативно-правовые основы сертификации.

Основные цели и объекты сертификации. Международные стандарты и руководства в области сертификации (Руководства ИСО/МЭК). Европейские стандарты по сертификации: ЕМ 45011, ЕМ 45012, ЕМ45013, ЕМ 45014.

Национальные стандарты и правила в области сертификации. Законы РФ: «О защите прав потребителей» (07.02.1992 г.), «Об обеспечении единства измерений» (27.04.1993 г.), «О техническом регулировании» (27.12.2002 г.).

4.3. Схемы и системы сертификации.

Система сертификации в РФ. Организационная структура государственной системы сертификации. Госстандарт – национальный орган по сертификации, его функции. Схемы сертификации – определенная

совокупность действий, официально принимаемая в качестве доказательства соответствия продукции заданным требованиям, полностью соответствующая рекомендациям ИСО/МЭК и принятым в международной практике сертификации правилам. Схемы сертификации, рекомендованные ИСО, используемые в российских правилах сертификации. Содержание и отличительные признаки каждой схемы.

4.4. Принципы осуществления сертификации. Обязательная и добровольная сертификация.

Концепция совершенствования системы сертификации и перехода к механизму подтверждения соответствия. Возможности, которые дает реализация концепции. Принципы осуществления сертификации. Внедрение обязательной сертификации. Основные аспекты обязательной сертификации – безопасность и экологичность. Системы обязательной сертификации. Цель систем обязательной сертификации. Добровольная сертификация. Системы добровольной сертификации. Правила и процедуры системы добровольной сертификации. Решение о добровольной сертификации.

4.5. Правила и порядок проведения сертификации.

Основные участники сертификации — заявители (изготовители продукции и исполнители услуг), органы по сертификации (ОС) и испытательные лаборатории (ИЛ). Обязанности и функции органа по сертификации. Требования, предъявляемые к испытательным (измерительным) лабораториям. Правила проведения работ по сертификации, согласно рекомендациям Госстандарта РФ. Порядок проведения сертификации.

3. Практические занятия (18 час.)

3.1 Методические рекомендации по проведению практических занятий

Уровень и состояние метрологической базы в настоящее время является основным показателем технической культуры любого производства. Таким образом, повышение качества продукции и выполняемых работ в значительной степени определяется уровнем технической и метрологической грамотности специалиста. Одним из средств овладения системой знаний по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» является решение задач на практических занятиях. Практические занятия студентов под руководством преподавателя позволяют глубже освоить изучаемый материал, овладеть методами расчета погрешностей измерения и закрепить знание основного теоретического материала. Как правило, на первом занятии проводится тестовый контроль остаточных знаний по математике и электротехнике (см. п. 8.2. «Тесты для входного контроля знаний»).

Согласно рабочей программе, на практические занятия по данной дисциплине отводится 18 часов. Поскольку число практических занятий мало, то на аудиторных занятиях возможно рассмотреть только наиболее важные и сложные вопросы. Остальные знания студент должен приобрести в результате самостоятельной работы с учебниками и учебно-методическими пособиями (см. п.5 «Самостоятельная работа студентов»).

В п.3.2 приводится тематика практических занятий и рекомендуемая литература, в которой можно найти задачи по предложенным темам, методические указания к их решению и примеры решений.

3.2 Рекомендуемое распределение тем для практических занятий

1. Системы единиц измерения СГС и СИ. Перевод единиц измерения из СГС в СИ. внесистемные единицы (массы, скорости, энергии, мощности, давления, электрического заряда) наиболее часто используемые в технике, выраженные в СИ. Определение размерностей производных величин в СИ. Правила написания обозначений единиц СИ. Шкалы измерений времени и температуры. Пересчет значений температуры между наиболее часто применяемыми шкалами.
2. Вероятностное описание случайной погрешности.
3. Методы выявления и исключения грубых погрешностей (промахов).
4. Расчет погрешностей средств измерений по нормированным метрологическим характеристикам.
5. Расчет методических погрешностей
6. Расчет результирующей погрешности комплекта СИ, информационно-измерительной системы, информационно-измерительного комплекса, состоящих из СИ серийного производства.
7. Принципы построения вольтметра и амперметра. Расчет шунтов и добавочных сопротивлений.
8. Сертификация средств измерений. Поверка и калибровка.

Рекомендуемая литература

1. Калита Н.М. Основы метрологии. Благовещенск: АмГУ, 2001.
2. Сергеев, А.Г., М. В. Латышев, В. В. Терегеря. Метрология, стандартизация, сертификация. М.: Логос, 2001.
3. Сергеев, А.Г. Крохин В.В. Метрология. М. : Логос, 2001.
4. Сергеев, А.Г. Метрология [Электронный ресурс] – электронная энциклопедия. студента: учеб. пособие.: М. : Логос, 2004. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM)
5. Никифоров А. Д. Метрология, стандартизация, сертификация. М.: «Высшая школа», 2003.
6. Дегтярев А.А., Летягин В.А., Погалов А.И., Угольников С.В. Метрология. М.: Академический Проект, 2006.

4. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

4.1 Методические рекомендации по проведению лабораторных работ

Успешное выполнение лабораторных работ может быть достигнуто в том случае, если студент отчетливо представляет себе цель эксперимента и ожидаемые результаты, поэтому важным условием обстоятельности проводимых исследований является тщательная подготовка к каждой лабораторной работе.

На вводном занятии группа делится преподавателем на бригады (в составе двух–трех человек). За каждой бригадой закрепляется постоянное место на весь период работы в лаборатории. Состав бригад на следующих занятиях в течение семестра остаётся неизменным.

I. Подготовка к выполнению лабораторной работы

Подготовка к лабораторной работе осуществляется студентом до аудиторных занятий в часы, отведенные на самостоятельную работу.

При подготовке к лабораторной работе студент должен:

- 1) внимательно ознакомиться с описанием соответствующей лабораторной работы и установить, в чём состоит цель и задача работы;
- 2) по лекционному курсу и рекомендованным литературным источникам изучить теоретическую часть, относящуюся к данной лабораторной работе;
- 3) ознакомиться с порядком выполнения работы;
- 4) приготовить в рабочей тетради заготовку отчета лабораторной работы, в которой указать:
 - титульный лист;
 - название работы и её цель;
 - план проведения опытов;
 - таблицы для записи результатов наблюдений и расчетов;
 - расчётные формулы, необходимые для промежуточных вычислений в процессе работы;

Студент обязан приходить на занятие подготовленным. Наличие заготовки к лабораторной работе является обязательным условием допуска студента к выполнению лабораторной работы. Студенты, не готовые к занятиям, к выполнению лабораторной работы не допускаются.

II. Выполнение лабораторной работы

Перед выполнением работы преподаватель проверяет степень подготовленности каждого студента. Критерием допуска к работе является: понимание студентом цели работы, знание метода и порядка выполнения экспериментов, а также представление об ожидаемых результатах.

За время, отведенное на выполнение лабораторной работы в лаборатории, студент должен:

- Ознакомиться с измерительными приборами, объектами измерений и дополнительным оборудованием, используемым в процессе выполнения работы. Выбрать приборы, необходимые для выполнения работы.
- Если планом работы предусмотрены электрические измерения – собрать цепь в соответствии со схемой. Сборку цепи удобнее производить в следующем порядке: начав сборку главной последовательной цепи с одного зажима источника, закончить ее на другом зажиме. К этой цепи в соответствующих схеме местах присоединяются остальные параллельные ветви.
- Предъявить собранную цепь для проверки преподавателю. Только после его разрешения к цепи может быть подано напряжение.
- Выполнить все измерения, и провести необходимые по ходу работы расчеты (остальные расчеты делаются позже при подготовке отчета по лабораторной работе);
- При выполнении работы следует соблюдать правила техники безопасности.
- Обращаться с приборами и оборудованием следует бережно и аккуратно. Применять приборы только в соответствии с их назначением. Студенты несут материальную ответственность за повреждение приборов, происшедшее по их вине.
- В конце занятия (или по завершению измерений) предъявить преподавателю результаты измерений для проверки. Если результат опыта не верен, опыт повторяется вновь. Если результаты удовлетворительны, преподавателем делается отметка о выполнении студентом лабораторной работы (ставится подпись и дата в отчете студента). Отчеты без подписи преподавателя в дальнейшем к зачёту не принимаются;
- привести в порядок рабочее место после окончания работы, разобрать электрическую цепь (с разрешения преподавателя).

III. Оформление отчета и подготовка к защите лабораторной работы

Оформление отчета и подготовка к защите лабораторной работы осуществляется студентом в часы, отведенные на самостоятельную работу. ***К следующему (после выполнения очередной лабораторной работы) занятию каждый студент должен предоставить отчет о выполненной лабораторной работы.*** Он составляется на основе записей в рабочей тетради и должен содержать:

- титульный лист;
- номер, название, цель работы и дату её выполнения;
- результаты измерений и вычислений в виде таблиц (или ином виде, согласно методическим рекомендациям к данной лабораторной работе);
- расчетные формулы, по которым производились вычисления с примером вычисления по каждой формуле;

- схемы, графики, диаграммы и т.п., в соответствии с заданием на лабораторную работу;
- основные выводы по результатам работы на основании сравнения полученных результатов с данными теоретических расчетов.

Графический материал к лабораторным работам (графики, диаграммы и т.п.) выполняется на миллиметровой бумаге карандашом с помощью чертежных принадлежностей.

Электрические схемы вычерчиваются в соответствии с принятым ГОСТом и обозначениями, для этого можно воспользоваться линейкой-трафаретом.

Графики должны иметь размер не менее половины тетрадной страницы (не менее 10×10 см), выполняться в прямоугольной системе координат с соблюдением масштаба по координатным осям. Масштаб графиков должен быть удобным для построения и использования. Для этого следует брать в 1 см число измерительных единиц кратное 10 или одному из чисел ряда 1; 2; 2,5; 5. (Например: для напряжения масштаб $m_U=10$ В/см, для тока – $m_I=0,2$ А/см.) Произвольный перенос начала координат не допускается. Если через полученные опытные точки нельзя провести плавную кривую и при соединении получается зигзагообразная линия, то все-таки следует провести плавную линию, захватывающую наибольшее количество точек или занимающую среднее положение между ними.

После оформления отчета студент готовится к защите лабораторной работы, изучая теоретическую базу данной темы.

Защита выполненных лабораторных работ проводится преподавателем в устной (или в письменной) форме в виде ответов на вопросы по теме лабораторной работы, после чего выставляется оценка за выполнение лабораторной работы.

Студент должен регулярно отчитываться по выполненным лабораторным работам согласно установленному графику занятий. Лабораторная работа, пропущенная студентом, выполняется по согласованию с деканатом и преподавателем по дополнительному расписанию.

Выполнение лабораторных работ и отчет по ним в полном объеме является обязательным условием допуска к зачету по данной дисциплине.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЗА ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Оценка «5» ставится в следующем случае:

- лабораторная работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений;
- студент самостоятельно выбрал приборы, необходимые для выполнения работы, собрал схему и провел все опыты в соответствии с порядком выполнения работы и с соблюдением требований техники безопасности;
- в отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, графики, вычисления;
- самостоятельно сделал выводы по результатам выполнения лабораторной работы, устанавливающие связь между теоретическим материалом и полученными практическими результатами;
- при ответе на контрольные вопросы студент дает точное определение и истолкование основных понятий, законов и теорий.

Оценка «4» ставится в следующем случае:

- выполнение лабораторной работы удовлетворяет основным требованиям к работе на оценку «5», но студент допустил недочеты или негрубые ошибки, не повлиявшие на результаты выполнения работы;
- ответы на контрольные вопросы удовлетворяют основным требованиям к ответам на оценку «5», но содержат неточности в изложении фактов, определений, понятий, объяснении взаимосвязей и выводах. Неточности легко исправляются при ответе на дополнительные вопросы.

Оценка «3» ставится в следующем случае:

- результат выполненной части лабораторной работы таков, что позволяет получить правильный вывод, но в ходе проведения опытов и измерений были допущены ошибки;
- основная часть ответов на контрольные вопросы удовлетворяет требованиям к ответам на оценку «4», но в ответе обнаруживаются отдельные пробелы, не препятствующие дальнейшему усвоению программного материала.

Оценка «2» ставится в следующем случае:

- результаты выполнения лабораторной работы не позволяют сделать правильный вывод, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

Если за выполнения работы выставляется оценка «2», то работа выполняется заново.

Во всех случаях оценка снижается, если:

- студентом не соблюдались правила техники безопасности при проведении эксперимента;
- отчет выполнен небрежно, без соблюдения правил оформления.

ОБРАЗЕЦ
оформления титульного листа отчета по лабораторной работе

Федеральное агентство по образованию
«АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ГОУВПО «АМГУ»

Кафедра АПП и Э

Лабораторная работа № 1
по дисциплине: «Метрология стандартизация и сертификация»

Тема: Структура средств измерений

Выполнил:

студент _____ группы

Иванов А.В.

Дата выполнения:

Отчет принял:

Дата:

Оценка:

(подпись и фамилия преподавателя)

4.2 Методические указания к лабораторным работам

Лабораторная работа №1

ИЗУЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ, НАНЕСЁННОЙ НА ШКАЛЕ ПРИБОРА, СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА СРЕДСТВО ИЗМЕРЕНИЕ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Классификация электроизмерительных приборов

Электроизмерительными приборами называются средства электрических измерений, предназначенные для выработки сигналов измерительной информации, т.е. сигналов, функционально связанных с измеряемыми физическими величинами, в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Они весьма разнообразны по своему принципу действия и конструктивному оформлению вследствие различных требований, предъявляемых к ним. Электроизмерительные приборы могут быть классифицированы по различным признакам:

- по способу вывода информации;
- по характеру применения;
- по условиям эксплуатации;
- по роду измеряемой величины;
- по принципу действия.

1. По способу вывода информации измерительные приборы делятся на цифровые, аналоговые, а также приборы с выводом изображения на плоскость бумаги (самописцы) или на телевизионный экран (дисплеи) и т.д.

Цифровыми называются приборы непосредственной оценки, основанные на принципе кодирования измеряемой величины, благодаря чему осуществляется ее дискретное представление. В цифровых приборах информация выдается в виде числа, образованного цифрами.

Аналоговыми называются приборы, показания которых являются непрерывными функциями изменений измеряемых величин. Аналоговый прибор – это, в первую очередь, показывающий прибор, т.е. прибор, допускающий отсчетывание показаний. Для этого у всех аналоговых электроизмерительных приборов имеется отсчетное устройство, состоящее из шкалы, расположенной на циферблате прибора, и указателя.

2. По характеру применения различаются следующие приборы:

- *Стационарные* (щитовые), т.е. такие, корпуса которых приспособлены для жесткого крепления на месте установки;
- *Переносные*, т.е. такие, корпуса которых не предназначены для жесткого крепления на месте установки.

3. В зависимости от условий эксплуатации приборы делятся на следующие группы:

К группе А относятся приборы, предназначенные для работы в закрытых сухих отапливаемых помещениях при температуре окружающей среды 10-35 °С и при влажности воздуха до 80 % при 30 °С.

К группе Б – для работы в закрытых неотапливаемых помещениях при температуре окружающей среды от –30 до +40 °С и влажности воздуха до 90 % при +30 °С.

К группе В – для работы в полевых (В₁) и морских (В₂) условиях. Для группы В₁ допустимыми условиями являются: температура от –40 до +50 °С и влажность воздуха до 95 % при +35 °С. Для группы В₂ – температура от –50 до +60 °С и влажность воздуха до 95 % при +35 °С.

Приборы, предназначенные для работы в условиях тропического климата, имеют обозначения типа с буквой «Т».

4. По степени защищенности от внешних полей приборы делят на I и II категории.

5. По роду измеряемой величины приборы делятся на:

- амперметры – для измерения силы тока;
- вольтметры – для измерения напряжения;
- омметры – для измерения сопротивления;
- ваттметры – для измерения мощности;
- частотомеры – для измерения сдвига фаз и коэффициента мощности;
- счетчики электрической энергии и т.д.

6. Важным классификационным признаком является также **принцип действия и устройство измерительного механизма**. Электроизмерительные приборы могут быть основаны на механическом перемещении подвижной части со стрелкой или зеркалом под действием электрических или электромагнитных сил. Такие приборы называются **электромеханическими**.

Электромеханические приборы постепенно вытесняются **электронными**, в которых преобразователями служат полупроводниковые элементы или логические микросхемы. Однако, в настоящее время довольно часто в приборах сочетаются электронные и электромеханические узлы.

По конструктивным особенностям измерительного механизма электромеханические приборы разделяют на:

- **магнитоэлектрические с подвижной рамкой;**
- **магнитоэлектрические с подвижным магнитом;**
- **электромагнитные ;**
- **электродинамические;**
- **тепловые;**
- **индукционные** и т.д.

В приборах **магнитоэлектрической системы** для передвигания подвижной части используют взаимодействие поля постоянного магнита с проводниками, по которым протекает электрический ток. Подвижными могут быть проводники с током (приборы с подвижной рамкой) или же постоянные магниты (приборы с подвижным магнитом). Магнитоэлектрические приборы – самые точные из электромеханических приборов и самые распространенные в цепях постоянного тока. Они обладают следующими преимуществами: высокой чувствительностью и точностью, равномерностью шкалы, малым собственным потреблением и малой чувствительностью к внешним магнитным полям. В то же время магнитоэлектрические приборы имеют недостатки: они пригодны только для постоянного тока и сложны по конструкции.

В приборах **электромагнитной системы** перемещение подвижной части вызывается воздействием магнитного поля неподвижной катушки на сердечник из ферромагнитного материала, укрепленный на одной оси со стрелкой. Приборы этой системы могут быть построены либо с плоской, либо с круглой катушкой. Подвижная часть представляет собой сердечник в виде лепестка из мягкой стали или специального сплава – пермаллоя. Сердечник, эксцентрично насаженный на одну ось со стрелкой, в зависимости от напряженности магнитного поля или, иначе говоря, в зависимости от величины тока, протекающего по обмотке, больше или меньше втягивается в окно катушки. Следовательно, и подвижная часть отклоняется на больший или меньший угол от нулевого положения.

Основные достоинства этих приборов заключаются в том, что они пригодны для цепей постоянного и переменного тока и обладают большой перегрузочной способностью. Они просты по конструкции и соответственно дешевы.

Главными недостатками электромагнитных приборов являются: неравномерность шкалы и относительно низкая чувствительность, относительно низкая точность и относительно большое собственное потребление.

Приборы *электродинамической системы* основаны на взаимодействии двух проводников, по которым протекают токи. Известно, что при различном направлении токов два проводника отталкиваются, а при одинаковом направлении притягиваются. Соответственно этому эти приборы состоят из неподвижной и подвижной катушек. Подвижная катушка с большим числом витков тонкой проволоки расположена вокруг или внутри неподвижной катушки. На оси подвижной катушки имеется стрелка.

По сравнению с электромагнитными приборами электродинамические приборы имеют следующие преимущества. Они пригодны для постоянного и переменного тока, обладают относительно высокой точностью, имеют достаточно равномерную шкалу. Эти приборы – самые точные среди электромеханических для переменного тока.

Наряду с положительными свойствами у электродинамических приборов есть и недостатки: они подвержены влияниям внешних магнитных полей и частоты.

В приборах *индукционной системы* для перемещения подвижной части используют явление взаимодействия одного или нескольких переменных потоков с токами, наведенными ими в подвижной части. Соответственно принципу действия индукционные приборы могут работать только на переменном токе и практически применяются лишь в цепях переменного тока промышленной частоты. На таком принципе работает счетчик электрической энергии.

Действие приборов *электростатической системы* основано на взаимодействии двух наэлектризованных тел. Известно, что два электрически заряженных проводника взаимодействуют между собой: при одноименных зарядах отталкиваются, а при разноименных притягиваются. Это явление используют в приборах этой системы.

Главным преимуществом этих приборов является ничтожное собственное потребление в цепях переменного тока и отсутствие потребления в цепях постоянного тока. Приборы этой системы нечувствительны к колебаниям частоты, а также к внешним магнитным полям и температуре.

В *тепловых* приборах используется явление выделения теплоты в проводнике, по которому идет ток. Ценным качеством таких приборов является совпадение шкалы для переменного тока (любой частоты вплоть до 10^8 Гц) со шкалой для постоянного тока (именно на условии совпадения теплового действия основано определение эффективных значений силы тока и напряжения переменного тока).

Отсчетные устройства электромеханических приборов

Технические требования к циферблатам и шкалам приборов установлены ГОСТ 5365-73.

Шкала – часть отсчетного устройства, представляющая собой совокупность отметок на циферблате показывающего прибора или на диаграммной бумаге регистрирующего прибора и проставленных у некоторых из них чисел отсчета или других символов, соответствующих ряду последовательных значений измеряемой физической величины.

На шкалу (рис. 1) наносятся отметки, обычно в виде короткой вертикальной черты, соответствующие некоторым значениям измеряемой величины. Интервал между двумя соседними отметками шкалы называют

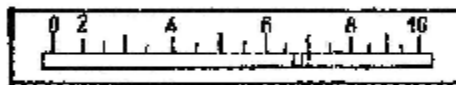


Рис.1 Шкала прибора с оптическим отсчетным

делением шкалы. Отметки шкалы, у которых проставлены числа (на шкале на рис. 1 это числа 0; 2; 4; 6; 8 и 10), называют **числовыми отметками** шкалы. Шкалы могут быть **равномерными** (деления постоянной длины) и **неравномерными** (деления непостоянной длины). На рис. 1 изображена неравномерная шкала. Наименьшее значение измеряемой величины, указанное на шкале, называется **начальным значением шкалы x_n** . В нашем случае (рис.1) $x_n=0$. Наибольшее значение измеряемой величины, указанное на шкале, называют **конечным значением шкалы x_k** . Для шкалы, изображенной на рис.1, $x_k=10$. По шкале прибора можно определить диапазон показаний прибора и диапазон измерений прибора. **Диапазоном показаний** называют область значений шкалы, ограниченную конечным и начальным значениями шкалы. В рассматриваемом случае диапазон показаний равен 0–10.

Область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности средства измерений, называют **диапазоном измерений**. Обычно при равномерной шкале диапазон измерений и диапазон показаний совпадают. Однако при неравномерной шкале диапазон показаний не совпадает с диапазоном измерений. Для определения диапазона измерений на шкалах таких приборов обычно ставят точку в начале и конце диапазона измерений, если наибольшее значение измеряемой величины диапазона измерений не совпадает с конечным значением шкалы. На шкале, изображенной на рис. 1, диапазон измерений равен 2–10.

Наименьшее значение диапазона измерений (в нашем случае числовая отметка 2) называют **нижним пределом измерений**, а наибольшее значение диапазона измерений – **верхним пределом измерений**. На рассматриваемой шкале верхний предел измерения совпадает с конечным значением шкалы и равен 10.

Различают шкалы:

1. **Односторонняя** – имеет нулевую числовую начальную отметку и конечную отметку в виде положительного числового значения измеряемой физической величины.

2. **Двухсторонняя** – имеет начальную отметку в виде отрицательного числового значения измеряемой величины, нулевую отметку по середине шкалы и конечную отметку в виде положительного числового значения измеряемой величины.

3. **Безнулевая** – имеет начальную и конечную отметки в виде числовых положительных значений измеряемой величины (в редких случаях числовых отрицательных значений).

Отсчет значения измеряемой величины по шкале прибора производится с помощью **указателя**. Различают два вида указателей: указатель, представляющий собой стрелку, конец которой выполнен в форме, обеспечивающей отсчет показаний с необходимой точностью, и световой указатель в виде луча света, образующего на шкале световое пятно с индексом, по которому производят отсчет показаний. Требования к форме и

размерам указывающей части стрелок и индексов световых указателей установлены ГОСТ 3051-69.

В приборах со световым указателем на подвижной части измерительного механизма устанавливается небольшое зеркальце. Луч света, создаваемый обычной миниатюрной лампочкой накаливания с помощью простейшей оптики, отражаясь от зеркальца подвижной части, падает на узкую полоску матового стекла, расположенного на циферблате под шкалой, и образует световое пятно с индексом нитевидного типа (рис. 1). При повороте подвижной части поворачивается жестко скрепленное с ней зеркальце и, следовательно, перемещается под шкалой отсчетного устройства световое пятно с индексом, указывая значение измеряемой величины.

В приборах с указателем в виде стрелки, жестко скрепленной с подвижной частью измерительного механизма, отсчет значения измеряемой величины производится по положению указывающей части стрелки у шкалы прибора. Форма указывающей части стрелки должна обеспечивать отсчет показаний с необходимой точностью.

В зависимости от формы указывающей части стрелок наиболее распространенными стрелками являются **клиновидные, ножевые и стержневые** (рис. 2).

В лабораторных приборах повышенных классов точности при использовании указателей в виде стрелки, обычно ножевого типа, для уменьшения погрешности отсчета от параллакса, возникающего из-за того что угол зрения экспериментатора относительно плоскости шкалы прибора отличается от прямого, применяют специальные приспособления.

Наибольшее распространение получили так называемые отсчетные устройства с зеркальной шкалой (рис. 3). На циферблате 1 под шкалой устанавливается на всю длину шкалы узкая полоска зеркала 2. Экспериментатор перед проведением отсчета совмещает отражение стрелки в зеркале с самой стрелкой 3. Только после этого, т.е. после устранения параллакса, производится отсчет по шкале прибора.

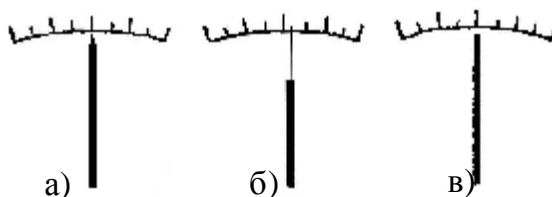


Рис 2. Отсчетные устройства стрелочных приборов: а) с клиновидной стрелкой, б) с ножевой стрелкой, в) со стержневой стрелкой

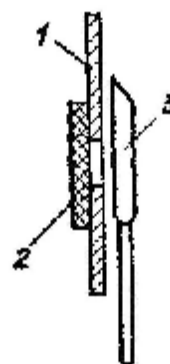


Рис.3. Отсчетное устройство с зеркальной шкалой

Технические требования

Общие технические требования ко всем аналоговым и цифровым приборам, а также к мерам электрических величин и измерительным преобразователям сформулированы в ГОСТ 22261-76.

На основании ГОСТ 22261-76 разработаны и введены в действие частные ГОСТ на отдельные виды электроизмерительной аппаратуры, например ГОСТ 8711-78 «Амперметры и вольтметры», ГОСТ 8476-78 (Ваттметры и варметры), ГОСТ 8039-79 «Фазометры» и т. д. Государственные стандарты на отдельные виды аппаратуры устанавливают различные классы точности приборов. Так, ГОСТ 8711-78 для амперметров и вольтметров устанавливает следующие классы точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0 и 5,0. Кроме того, разрешается выпуск амперметров и вольтметров класса точности 0,3.

Классы точности приборов устанавливаются по основной приведенной погрешности. Наибольшее численное значение основной приведенной погрешности прибора каждого данного класса не должно превышать численного значения этого класса. Например, для прибора класса 0,2 численное значение наибольшей основной приведенной погрешности не должно превышать $\pm 0,2\%$.

Кроме того, в ГОСТ для каждого данного класса точности прибора регламентируются погрешности от вариации показаний и изменения показаний прибора от различных внешних факторов (наклон прибора, температура окружающей среды, внешние магнитные и электрические поля и т. д.).

Требования к электрической прочности и сопротивлению изоляции между изолированными от корпуса по постоянному току электрическими цепями приборов устанавливаются соответствующими ГОСТ. Кроме того, регламентируется время успокоения подвижной части приборов.

Время установления показаний, обусловленное временем успокоения подвижной части, у абсолютного большинства аналоговых приборов не должно превышать 4 с. Это значит, что с момента подачи измеряемой величины на вход прибора, или с момента изменения этой величины, установившееся положение указателя отсчетного устройства наступает не более чем через 4 с. Исключение составляют термоэлектрические и электростатические приборы, для которых наибольшее время установления показаний не превышает 6 с.

В соответствии с требованиями ГОСТ аналоговые показывающие приборы должны выдерживать нагрузку током или напряжением, равным 120% конечного значения, в течение 2 ч. Регламентируются также кратковременные (ударные) перегрузки приборов током и напряжением. Так, для амперметров классов точности 0,5-5,0 предусмотрена возможность перегрузки током, равным $10 I_{ном}$, в течение 0,5 с.

Для всех приборов по значениям климатических и механических влияющих величин ГОСТ 22261-76 устанавливает семь различных групп. Регламентируются значения климатических и механических величин для















каждой группы приборов как при рабочих условиях применения, так и при транспортировании и хранении приборов (предельные условия).





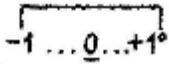
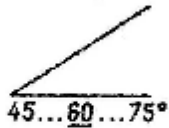







Принцип действия прибора, возможность его работы в тех или иных условиях, возможные предельные погрешности прибора могут быть установлены по условным обозначениям, нанесенным на циферблате прибора. Виды условных обозначений установлены ГОСТ 23217-78, действующим с 1 января 1980 г.















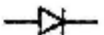


Примеры некоторых условных обозначений приведены в табл. 1.






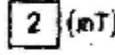



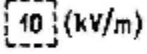





УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, НАНОСИМЫЕ НА
ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЧАСТИ
(ГОСТ 23217-78)

Наименование	Условное обозначение
1. Обозначение единиц, их кратных и дольных значений	
Ампер	A
Миллиампер	mA
Микроампер	μ A
Киловольт	kV
Вольт	V
Милливольт	mV
Микровольт	μ V
Мегаватт	MW
Киловатт	kW
Ватт	W
Мегавар	Mvar
Киловар	kvar
Вар	var
Мегагерц	MHz
Килогерц	kHz
Герц	Hz
Мегаом	M Ω
Килоом	k Ω
Ом	Ω
Миллиом	m Ω
Микроом	$\mu\Omega$
Тесла	T
Миллитесла	mT
Вебер	Wb
Милливебер	mWb
Микрофарад	μ F
Пикофарад	pF
Генри	H
Миллигенри	mH
Микрогенри	μ H
Коэффициент мощности	cos φ
Угол сдвига фаз	φ
Градус Цельсия	$^{\circ}$ C

Наименование	Условное обозначение
2. Обозначения рода тока и количество измерительных механизмов	
Постоянный ток	
Переменный (однофазный) ток	
Постоянный и переменный ток	
Трехфазный ток (общее обозначение)	
Трехфазный ток при неравномерной нагрузке фаз	
Прибор с одноэлементным измерительным механизмом для трехпроводной сети	
Прибор с двухэлементным измерительным механизмом для трехпроводной сети	
Прибор с двухэлементным измерительным механизмом для трехпроводной сети при неравномерной нагрузке фаз	
Прибор с двухэлементным измерительным механизмом для четырехпроводной сети при неравномерной нагрузке фаз	
Прибор с трехэлементным измерительным механизмом для четырехпроводной сети при неравномерной нагрузке фаз	
Обозначение прочности изоляции и положения прибора	
Измерительная цепь изолирована от корпуса и испытана напряжением, превышающим 500 В, например 2 кВ	
Измерительная цепь изолирована от корпуса и испытана напряжением 500 В	
Прибор испытанию прочности изоляции не подлежит	
Прибор или вспомогательная часть под высоким напряжением	

Наименование	Условное обозначение
Прибор применять при вертикальном положении шкалы	
Прибор применять при горизонтальном положении шкалы	
Прибор применять при наклонном положении шкалы (например, под углом 60°) относительно горизонтальной плоскости	
Прибор применять в положении Д-1 при рабочей области от 80 до 100°	
Прибор применять в положении Д-2 при рабочей области от -1 до +1°	
Прибор применять в положении Д-3 при рабочей области от 45 до 75°	
Обозначение, указывающее на ориентирование прибора во внешнем магнитном поле	N
4. Обозначение принципа действия прибора	
Магнитоэлектрический прибор с подвижной рамкой	
Магнитоэлектрический логометр с подвижными рамками	
Магнитоэлектрический прибор с подвижным магнитом	
Магнитоэлектрический логометр с подвижным магнитом	
Электромагнитный прибор	
Электромагнитный логометр	
Электромагнитный поляризованный прибор	

Наименование	Условное обозначение
Электродинамический прибор	
Электродинамический логометр	
Ферродинамический прибор	
Ферродинамический логометр	
Индукционный прибор	
Индукционный логометр	
Тепловой прибор с нагреваемой проволокой	
Биметаллический прибор	
Электростатический прибор	
Вибрационный прибор (язычковый)	
Термопреобразователь неизолированный	
Термопреобразователь изолированный	
Электронный преобразователь в измерительной цепи	
Электронный преобразователь во вспомогательной цепи	
Выпрямитель	
Шунт	
Добавочное сопротивление	

Наименование	Условное обозначение
Индуктивное добавочное сопротивление	 или
Сопротивление добавочное полное	
Электростатический экран	
Магнитный экран	
Астатический прибор	
Магнитная индукция, выраженная в миллitesла (например, 2 мТл), вызывающая изменение показаний, соответствующее обозначению класса точности; предпочтительно нанесение надписи единицы (mT)	
Зажим для заземления	
Корректор	
Внимание! Смотри дополнительные указания в паспорте и инструкции по эксплуатации	
Поле электрическое, выраженное в киловольтах на метр (например, 10 кВ/м), вызывающее изменение показаний, соответствующее обозначению класса точности; предпочтительно нанесение надписи единицы (kV/m)	
Общая вспомогательная часть	
Стальной щит толщиной x (в миллиметрах)	
Стальной щит любой толщины	
Нестальной щит любой толщины	
Щит любой толщины	

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы: изучить виды шкал и условные обозначения на шкалах, конструкции и виды указателей.

Задачи:

1. Ознакомиться с различными видами шкал и конструкциями указателей,
2. Изучить условные обозначения на шкалах электроизмерительных приборов

МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТЫ

Объекты изучения: электроизмерительные приборы различной конструкции и назначения.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Расшифруйте все условные значки, изображенные на шкале прибора, выданного преподавателем.
2. Классифицируйте прибор по известным признакам, используя значки на шкале.
3. Определите вид шкалы и вид указателя.
4. Определите верхний и нижний пределы измерения и цену деления.
5. Определите диапазон показаний и диапазон измерений.
6. Определите класс точности прибора.

СТРУКТУРА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В зависимости от функционального назначения и конструктивного исполнения различают следующие средства измерений:

- *меры;*
- *измерительные преобразователи;*
- *измерительные приборы;*
- *индикаторы.*

Кроме того, основные и вспомогательные средства измерений и дополнительные устройства могут быть объединены в *измерительные установки* или *измерительные системы*, рассматриваемые как более сложные средства измерений.

Меры предназначены для хранения и воспроизведения физической величины одного заданного размера (однозначные меры) или ряда размеров (многозначные меры). Многозначные меры могут механически объединять несколько однозначных мер (ступенчатая мера длины, многогранная угловая концевая мера с тремя, четырьмя или шестью рабочими углами). Многозначными мерами являются также штриховые меры со шкалой (линейка измерительная, транспортёр). Меры могут комплектоваться в наборы (наборы концевых мер длины, наборы разновесов);

Измерительные преобразователи предназначены для получения сигнала измерительной информации, его преобразования и выдачи в любой форме, удобной для передачи, обработки, хранения или дальнейшего преобразования, но не поддающейся непосредственному восприятию оператором. Различают первичные и промежуточные измерительные преобразователи. *Первичные измерительные преобразователи* – первые в измерительной цепи – воспринимают саму измеряемую физическую величину и преобразуют ее в сигнал измерительной информации (терморезистор термометра сопротивления, фотоэлемент экспонетра), а *промежуточные измерительные преобразователи* занимают в измерительной цепи любое место после первичного.

Измерительные приборы предназначены для получения измерительной информации от измеряемой физической величины, ее преобразования и выдачи в форме, поддающейся непосредственному восприятию оператором. По виду выходного сигнала приборы принято делить на *аналоговые*, у которых выходной сигнал является непрерывной функцией измеряемой величины, и "цифровые" (числовые), имеющие *дискретный выходной сигнал*, обычно выдаваемый в числовой форме. Различают приборы показывающие и регистрирующие (самопишущие и печатающие). Измерительные приборы состоят из цепочки преобразователей (первичного и промежуточных) и устройства отображения измерительной

информации (шкала-указатель, цифровое табло, самопишущее, цифропечатающее или другое регистрирующее устройство).

Индикаторы – особый вид средств измерений в виде технического устройства или вещества, предназначенного для установления наличия (отсутствия) какой-либо физической величины или определения ее порогового значения (индикатор фазового провода электропроводки, индикатор контакта измерительного наконечника прибора для линейных измерений с поверхностью детали, лакмусовая бумага). В некоторых случаях в качестве индикаторов могут использоваться измерительные приборы (часы-будильник, омметр при проверке обрыва в электрической цепи).

Средства измерений принято различать по **принципам** действия, то есть по физическим принципам, используемым для преобразования измеряемой величины или сигнала измерительной информации. Например, измерительный микроскоп относится к оптико-механическим приборам, индуктивный или резистивный преобразователь – к электрическим средствам измерений и т.д. Сложные приборы с длинной измерительной цепью обычно характеризуют одним (или двумя) наиболее важными принципами преобразования (лазерный интерферометр, фотоэлектрический угломер).

Измерительная цепь средства измерений – совокупность преобразовательных элементов, осуществляющих все преобразования измерительной информации в данном устройстве. Измерительная цепь средства измерений начинается с **чувствительного элемента**, который представляет собой часть первого в измерительной цепи преобразовательного элемента (первичного измерительного преобразователя), непосредственно воспринимающую сигнал измерительной информации от измеряемого объекта, т.е. находящуюся под непосредственным воздействием измеряемой физической величины (резервуар жидкостного термометра, крюк динамометра, губки штангенциркуля).

Измерительный прибор обязательно имеет **устройство отображения** (выдачи) **измерительной информации**. У приборов с визуальными устройствами это чаще всего отсчетные устройства типа **шкала-указатель** или **цифровое табло**. В приборах и индикаторах применяют и другие устройства визуальной индикации (нуль-указатели, табло светофорного типа), а также акустические устройства (звонок, зуммер таймера) и тактильные устройства (вибратор наручного будильника для слабо слышащих). В качестве устройств выдачи информации могут использоваться также любые регистрирующие самопишущие или печатающие устройства.

Шкала средства измерений – часть отсчетного устройства, представляющая собой совокупность отметок и поставленных у некоторых из них чисел отсчета или других символов, соответствующих ряду последовательных значений величины. Отметки могут быть в виде штриха, точки, другой геометрической фигуры. Промежуток между двумя соседними отметками шкалы называется **делением шкалы**. **Длина деления шкалы** – расстояние между осями или центрами двух соседних отметок шкалы,

измеренное вдоль воображаемой линии, проходящей через середины самых коротких отметок шкалы. Шкалы могут быть равномерными (с делениями постоянной длины и с постоянной ценой деления), либо неравномерными (с делениями непостоянной длины, а в некоторых случаях и с переменной ценой деления). **Цена деления шкалы** – разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы.

Указатель средства измерений – часть аналогового отсчетного устройства, положение которого относительно отметок шкалы определяет показание средства измерений. Указатель может быть выполнен в виде стрелки, штриха, кромки детали, перемещающейся относительно шкалы, светового пятна и т.д. Изменение показаний в системе шкала-указатель, может осуществляться за счет перемещения любого из элементов относительно другого.

Прибор может быть снабжен несколькими шкалами (индикатор часового типа, измерительные головки ИГМ) или одной шкалой с несколькими указателями (часы с циферблатом и центральными стрелками).

При выдаче измерительной информации на цифровое табло существенно важны такие его структурные элементы, как

- **вид выходного кода** (десятиричный, шестидесятиричный, другой);
- предельное число знаков, в том числе цифр (**число разрядов выходного кода**) и других (не цифровых), виды знаков и их содержание (наличие фиксированной или плавающей разделительной десятичной запятой (точки), минуса, знака переполнения или неправильного подключения и др.);
- **цена единицы наименьшего разряда кода и номинальная ступень квантования**, если она больше цены единицы наименьшего разряда кода.

Пример кинематической (а) и структурной (б) схем равноплечих весов (прибора для определения массы взвешиванием) приведен на рис.1.

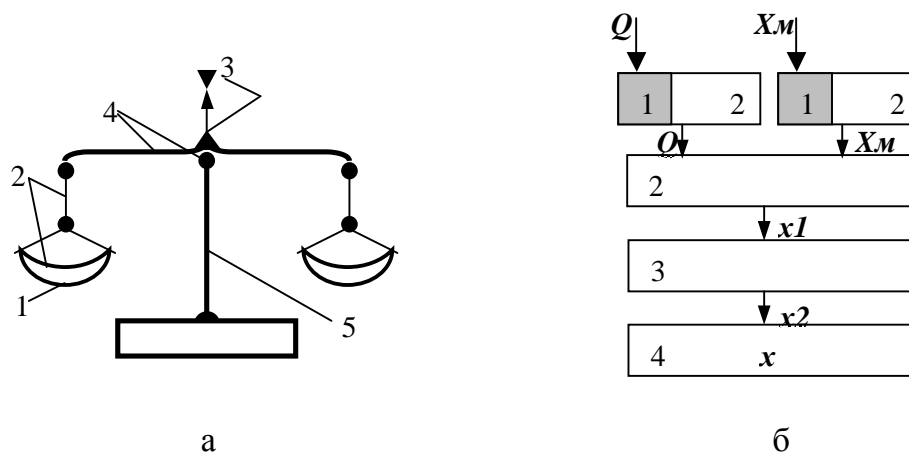


Рис. 1. Кинематическая (а) и структурная (б) схемы пружинных весов. 1 – чувствительный элемент (две чашки), 2 – первичный измерительный преобразователь (шарнирный подвес с чашкой – два преобразователя), 3 – промежуточный измерительный преобразователь (равноплечий рычаг с шарниром), 4 – устройство отображения измерительной информации (стрелка на рычаге – указатель и шкала – нулевая отметка на стойке), 5 – стойка. На структурной схеме стрелками показано движение измерительной информации.

Возможно и более мелкое дробление элементов функциональной кинематической схемы на измерительные преобразователи, например: чашка с собственным шарнирным подвесом – шарнирная тяга – равноплечий рычаг... Или обратное: равноплечий рычаг с чашками и шарнирами (первичный измерительный преобразователь) – устройство отображения измерительной информации (стрелка на рычаге– указатель и шкала). Выделение измерительных преобразователей осуществляют на основе логического анализа выполняемых ими функций и конструктивной завершенности (автономности). Шкала устройства отображения измерительной информации может иметь множество делений или только одно нулевое деление – вырожденная шкала, характерная для приборов типа нуль-компаратора, которые предназначены для измерения нулевым методом.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы: ознакомление с видами средств измерений (СИ) и их структурными элементами.

Задачи:

1. Научиться классифицировать средства измерений.
2. Ознакомиться с характеристиками СИ разных видов и составом их структурных элементов, включая чувствительные элементы и устройства отображения измерительной информации.
3. Научиться выделять элементы СИ и строить структурные схемы.

МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТЫ

Объекты измерений:

Детали типа тел вращения, призм, резисторы, источники постоянного тока.

Измеряемые параметры: линейные размеры, объем, масса, электрическое сопротивление, напряжение, сила тока.

Средства измерений:

Меры длины, угла, объема и массы (линейка измерительная, набор плоскопараллельных концевых мер длины, транспортир, сосуды измерительные, набор разновесов).

Накладные и станковые приборы для измерений длины (штангенциркуль, микрометр гладкий, микрометр рычажный или скоба рычажная, измерительные головки со штативом или стойкой и др.).

Весы для измерения массы взвешиванием.

Мультиметр (авометр) для измерений электрических величин.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задание

1. Проанализировать функции и классифицировать заданные средства измерений; зафиксировать основные характеристики СИ (приборов, измерительных преобразователей, индикаторов, многозначных и однозначных мер).

2. При необходимости уточнения характеристик СИ выполнить измерения выбранных физических величин с помощью мер и измерительных приборов (использовать цифровые и аналоговые приборы).

3. Ознакомиться со структурными элементами сложных средств измерений (многозначных мер, измерительных преобразователей, измерительных приборов), представить их схемы и краткие описания.

Выполнение работы

Анализ предложенных средств измерений следует начинать с их классификации, после чего рассматривают группы однородных СИ.

Для однозначных мер начинают с выяснения того, какую физическую величину воспроизводит мера и каково ее номинальное значение. Для многозначных мер определяют число воспроизводимых мерой номинальных значений физической величины, а если мера штриховая, то указывают также цену деления. Обобщенной характеристикой точности может служить класс или разряд меры, которые указывают в документах на конкретные СИ. Если они неизвестны, в соответствующей клетке таблицы ставят прочерк.

Для средств измерений, более сложных чем меры (преобразующих измерительную информацию), определяют принцип преобразования, выявляют первичный преобразователь, чувствительный элемент, а также определяют характер изменения выходного сигнала (аналоговый или дискретный), вид выходного сигнала (визуальный, звуковой, не воспринимаемый оператором, др.) и вид устройства отображения информации (шкала-указатель, цифровое табло, др.).

Например, при использовании электролампы в качестве индикатора наличия в розетке электрического тока можно сказать, что принцип преобразования сигнала измерительной информации – электрический, чувствительные элементы – контактные стержни вилки, характер изменения выходного сигнала – дискретный (горит – не горит), вид выходного сигнала визуальный, и вид устройства отображения информации – сигнальная лампочка. Если для тех же целей использовать радиоприемник, выходной сигнал будет звуковым (возможно и визуальным), а устройство отображения информации – динамик.

Тензорезистор – измерительный преобразователь с электрическим принципом преобразования сигнала измерительной информации, характер изменения выходного сигнала – непрерывный, выходной сигнал выдается в форме не воспринимаемой оператором, устройство отображения информации отсутствует. Обычно первичным измерительным преобразователем при использовании тензорезистора в измерительных устройствах бывает упругий механический элемент ("тензобалка", мембрана), а сигнал передают на усилитель и далее – на устройство отображения информации.

При изучении ряда элементов аналоговых СИ можно обойтись без измерений. Например, не надо измерять температуру тела, чтобы сказать, что медицинский ртутный термометр – измерительный прибор, работающий на

использовании принципа объемного расширения жидкости, аналоговый, с диапазоном шкалы от 35 °С до 42 °С и ценой деления 0,1 °С. Шкала одна, прямолинейная равномерная, указателем служит край ртутного столбика. Чувствительный элемент – резервуар термометра, первичный (и единственный) измерительный преобразователь – капиллярная трубка с резервуаром, заполненным расширяющейся жидкостью (ртутью). Подробности конструкции (сужение капилляра, которое препятствует уменьшению показаний и тем самым превращает прибор в максимальный термометр) не очевидны и при общем анализе могут не рассматриваться. Построенная на основе анализа конструкции и работы структурная схема прибора приведена на рис. 2. Она не вполне типична, поскольку рассматриваемый прибор выполнен на одном измерительном преобразователе, один из элементов которого к тому же используется в качестве указателя устройства отображения измерительной информации.



Рис. 2. Структурная схема жидкостного термометра. 1 – первичный измерительный преобразователь – капилляр с резервуаром рабочего тела (затонирован чувствительный элемент – резервуар для жидкости), 2 – устройство отображения измерительной информации шкала-указатель (указателем служит край столбика рабочей жидкости).

Поскольку другие приборы не так прозрачны, для построения их структурных схем используют кинематические, электрические и другие схемы, и/или чертежи и описания конструкции и работы прибора. Анализируя измерительные приборы и сложные измерительные преобразователи, следует помнить, что **простой преобразователь как правило содержит не менее двух элементов** (например, двуплечий рычаг с шарниром, стержень в направляющих, зубчатое колесо и сектор на осях в опорах), причем любой из них может входить в соседний преобразователь или в устройство отображения измерительной информации (зубчатый сектор передачи триб-сектор одновременно выступает как второе плечо рычага, стрелка-указатель находится на равноплечем рычаге весов...).

Для анализа СИ и их структурных элементов **при необходимости** следует произвести измерения выбранных физических величин с использованием многозначных мер, приборов, реализующих методы непосредственной оценки и сравнения с мерой. Практически всегда приходится проводить измерения "цифровыми" приборами. **В ходе измерений основное внимание необходимо уделять не результатам измерений, которые имеют вспомогательный характер, а изучению СИ и их структурных элементов.**

Оформление результатов работы

Результаты работы оформляют в виде таблиц, структурных схем и необходимых текстовых описаний (таблицы 1...5 даны с примерами заполнения). Если соответствующая клетка таблицы не может быть заполнена, в ней ставят прочерк, а при отсутствии оцениваемого элемента записывают "нет", "отсутствует" и т.д. Примеры оформления структурных схем приведены на рис. 1 и 2.

Таблица 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОДНОЗНАЧНЫХ МЕР

Наименование меры	Воспроизводимая величина	Номинальное значение	Уровень точности
Мера угловая концевая	Плоский угол	30° 15'	2 класс
Образцовый резистор	Сопrotивление	200 Ом	1 разряд

Таблица 2

ХАРАКТЕРИСТИКИ МНОГОЗНАЧНЫХ МЕР

Наименование меры	Воспроизводимая величина	Номинальные значения	Цена деления	Уровень точности
Мера угловая штриховая (транспортир)	Плоский угол	0° ... 180°	1°	не нормирован
Мера угловая концевая с четырьмя рабочими углами	Плоский угол	89°50'; 89°59'30"; 90°00'30"; 90°10'	—	1 класс

Таблица 3

ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕОБРАЗУЮЩИХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Наименование	Принцип преобразования	Первичный преобразователь	Чувствительный элемент	Изменение выходного сигнала: аналоговое/ дискретное	Вид выходного сигнала	Устройство отображения информации
Динамометр	механический	пружина	крюк	аналоговое	визуальный	шкала-указатель
Реле размерное	электрический	шток в направляющих	измерительный наконечник	дискретное	визуальный	сигнальные лампочки
Индикатор контакта	электрический	—	—	дискретное	визуальный и звуковой	лампочки и зуммер

Таблица 4

**АНАЛОГОВЫЕ УСТРОЙСТВА ОТОБРАЖЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ
ИНФОРМАЦИИ**

Наименование прибора	Характеристики устройства шкала-указатель					
	Число шкал	Вид шкалы	Вид отметок	Цена деления	Число указат	Вид указателя
Нутромер микрометрический	2	1 Прямолинейная равномерная 2 Круговая равномерная	штрихи штрихи	0,5 мм 0,01 мм	2	1 Край барабана; 2 Линия на стебле

Таблица 5

**ДИСКРЕТНЫЕ (ЧИСЛОВЫЕ) УСТРОЙСТВА ОТОБРАЖЕНИЯ
ИНФОРМАЦИИ**

Наименование прибора	Характеристики числового табло				
	Вид кода	Число разрядов	Номинальная степень квантования	Запятая (точка)	Другие символы
Длиномер цифровой	десятичный	6	0,001 мм	фиксированная	"Плюс" и "Минус"

Отчет о лабораторной работе № 2

СТРУКТУРА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Цель работы: ознакомление с видами средств измерений (СИ) и их структурными элементами.

Задачи работы:

1. Научиться классифицировать средства измерений.
2. Ознакомиться с характеристиками СИ разных видов и составом их структурных элементов, включая чувствительные элементы и устройства отображения измерительной информации.
3. Научиться выделять элементы СИ и строить структурные схемы.

Таблица 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОДНОЗНАЧНЫХ МЕР

Наименование меры	Воспроизводимая величина	Номинальное значение	Погрешность

Таблица 2

ХАРАКТЕРИСТИКИ МНОГОЗНАЧНЫХ МЕР

Наименование меры	Воспроизводимая величина	Номинальные значения	Цена деления	Погрешность

Таблица 3

ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕОБРАЗУЮЩИХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Наименование	Принцип преобразования	Первичный преобразователь	Чувствительный элемент	Изменение выходного сигнала аналоговое/ дискретное	Вид выходного сигнала	Устройство отображения информации

Таблица 4

**АНАЛОГОВЫЕ УСТРОЙСТВА ОТОБРАЖЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ
ИНФОРМАЦИИ**

Наименование прибора	Характеристики устройства шкала-указатель					
	Число шкал	Вид шкалы	Вид отметок	Цена деления	Число указат	Вид указателя

Таблица 5

**ДИСКРЕТНЫЕ (ЧИСЛОВЫЕ) УСТРОЙСТВА ОТОБРАЖЕНИЯ
ИНФОРМАЦИИ**

Наименование прибора	Характеристики числового табло				
	Вид кода	Число разрядов	Номинальная ступень квантования	Запятая (точка)	Другие символы

СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

ВИДЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Измерение – нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств (ГОСТ 16263 -70). Стандарт определяет *методы измерений* (метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой). Кроме того, можно предложить укрупненное деление измерений по различным основаниям классификации: *виды измерений*.

К *видам измерений* (если не разделять их по видам измеряемых физических величин на линейные, оптические, электрические и др.) можно отнести измерения:

- *прямые и косвенные,*
- *совокупные и совместные,*
- *абсолютные и относительные,*
- *однократные и многократные,*
- *технические и метрологические,*
- *равноточные и неравноточные,*
- *равнорассеянные и неравнорассеянные,*
- *статические и динамические.*

Прямые и косвенные измерения различают в зависимости от способа получения результата измерений.

При *прямых измерениях* искомое значение величины определяют непосредственно по устройству отображения измерительной информации применяемого средства измерений. Формально без учета погрешности измерения они могут быть описаны выражением

$$Q=X,$$

где Q – измеряемая величина,
X – результат измерения.

Косвенные измерения – измерения, при которых искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям. Формальная запись такого измерения

$$Q=F(X, Y, Z, \dots),$$

где X, Y, Z, ... – результаты прямых измерений.

Примерами косвенных измерений можно считать нахождение значения угла треугольника по измеренным длинам сторон, определение площади треугольника или другой геометрической фигуры и т.п.

Измерение некоторого множества физических величин классифицируется в соответствии с однородностью (или неоднородностью) измеряемых величин.

При *совокупных измерениях* осуществляется измерение нескольких одноименных величин.

Совместные измерения подразумевают измерение нескольких неоднородных величин, например, для нахождения зависимости между ними.

При измерениях для отображения результатов могут быть использованы разные оценочные шкалы, в том числе градуированные либо в единицах измеряемой физической величины, либо в различных относительных единицах, включая и безразмерные. В соответствии с этим принято различать **абсолютные** и **относительные** измерения.

По числу повторных измерений одной и той же величины различают **однократные** и **многократные** измерения, причем многократные неявно подразумевают последующую математическую обработку результатов.

В зависимости от точности измерения делят на **технические** и **метрологические**, а также на **равноточные** и **неравноточные**, **равнорассеянные** и **неравнорассеянные**.

Технические измерения выполняют с заранее установленной точностью, иными словами, погрешность технических измерений не должна превышать заранее заданного значения.

Метрологические измерения выполняют с максимально достижимой точностью, добиваясь минимальной погрешности измерения.

Оценка **равноточности** и **неравноточности**, **равнорассеянности** и **неравнорассеянности** результатов нескольких серий измерений зависит от выбранной предельной меры различия погрешностей или их случайных составляющих, конкретное значение которой определяют в зависимости от задачи измерения.

Статические и **динамические измерения** правильнее характеризовать в зависимости от соизмеримости режима восприятия входного сигнала измерительной информации и его преобразования. При измерении в статическом (квазистатическом) режиме скорость изменения входного сигнала несоизмеримо ниже скорости его преобразования в измерительной цепи и все изменения фиксируются без дополнительных динамических искажений. При измерении в динамическом режиме появляются дополнительные (динамические) погрешности, связанные со слишком быстрым изменением самой измеряемой физической величины или входного сигнала измерительной информации от постоянной измеряемой величины.

Различают два основных метода измерений: **метод непосредственной оценки** и **метод сравнения с мерой**. При использовании **метода непосредственной оценки** значение измеряемой физической величины определяют непосредственно по отсчетному устройству прибора прямого действия. Прибор осуществляет преобразование входного сигнала измерительной информации, соответствующего **всей** измеряемой величине, после чего и происходит оценка ее значения.

Метод сравнения с мерой характеризуется тем, что прибор (компаратор) сравнивает измеряемую величину с аналогичной известной величиной, воспроизводимой мерой. Овещественную меру, воспроизводящую с выбранной точностью физическую величину

определенного (близкого к измеряемой) размера используют **в явном виде**. Примерами используемых мер являются гири, концевые меры длины или угла и т.д.

Метод сравнения с мерой реализуется в нескольких разновидностях:

- **дифференциальный и нулевой методы,**
- **метод совпадений,**
- **методы замещения и противопоставления.**

Дифференциальный метод измерений – метод сравнения с мерой, в котором на измерительный прибор воздействует **разность** измеряемой величины и известной величины, воспроизводимой мерой.

Нулевой метод измерений – метод сравнения с мерой, в котором **результатирующий эффект** воздействия величин на прибор сравнения (компаратор) **доводят до нуля**.

Метод совпадений – метод сравнения с мерой, в котором значение измеряемой величины оценивают, используя совпадение ее с величиной, воспроизводимой мерой (т.е. с фиксированной отметкой на шкале физической величины). Для оценки совпадения используют прибор сравнения или органолептику, фиксируя появление определенного физического эффекта (стробоскопический эффект, совпадение резонансных частот и др.).

В зависимости от одновременности или неодновременности воздействия на прибор сравнения измеряемой величины и величины, воспроизводимой мерой, различают методы **замещения** и **противопоставления**.

Метод замещения – метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой, то есть эти величины воздействуют на прибор **последовательно**.

Метод противопоставления – метод сравнения с мерой, в котором измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, **одновременно** воздействуют на прибор сравнения, с помощью которого устанавливается соотношение между этими величинами.

Примеры:

– измерение диаметра цилиндрической поверхности детали штангенциркулем в одном сечении – прямое абсолютное однократное (возможно и многократное) статическое измерение, выполняемое методом непосредственной оценки;

– нахождение значения угла по результатам измерений его сторон – измерение косвенное, при котором осуществляются прямые абсолютные статические измерения линейных величин, методы их измерений зависят от конкретной выбранной реализации.

– определение коэффициента линейного расширения материала по результатам измерений длины образца при различных температурах – косвенное измерение искомой величины, требующее совместных прямых измерений нескольких физических величин. Методы измерений зависят от конкретной выбранной реализации. Измерения могут осуществляться в статическом или динамическом режимах.

Для оценки метода измерений предлагается ответить на вопросы в такой последовательности:

а) применяется ли в явном виде мера для воспроизведения физической величины, близкой к измеряемой?

б) измеряются ли значения отклонений физической величины от известного значения меры?

в) осуществляется ли одновременное воздействие меры и измеряемого объекта на прибор сравнения (компарирующее средство измерений)?

Положительный ответ на первый вопрос позволяет утверждать, что применяется метод сравнения с мерой. Если при этом значение разности измеряемой величины и меры доводится до нуля, реализуется нулевой метод измерений (иногда его называют методом полного уравнивания), а если разность этих значений алгебраически суммируется со значением меры – дифференциальный метод.

Если в ходе измерения мера и измеряемый объект последовательно воздействуют на вход средства измерений (СИ), "замещая" друг друга, реализуется метод замещения. Например, измерительная головка на стойке настраивается по плоскопараллельной концевой мере длины, после чего мера убирается и заменяется контролируемой деталью. Некоторые приборы (весы, измерительные мосты и др.) обеспечивают возможность одновременного воздействия меры и измеряемой физической величины, реализуя метод противопоставления.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы: изучение видов и методов измерений физических величин.

Задачи:

1. Применить для измерений физических величин метод непосредственной оценки и методы сравнения с мерой в разных вариантах.

2. Проанализировать проведенные измерения. Классифицировать использованные виды и методы измерений и зафиксировать результаты измерений и их анализа.

МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТЫ

Объекты измерений:

Детали типа тел вращения, пластин, призм, резисторы, источники постоянного тока.

Изменяемые параметры: линейные размеры, площадь, объем, масса, электрическое сопротивление, напряжение, сила тока.

Средства измерений:

Меры длины, угла, объема и массы (линейка измерительная, набор плоскопараллельных концевых мер длины, транспортер, сосуды измерительные, набор разновесов).

Накладные и станковые приборы для измерений длины (штангенциркуль, микрометр гладкий, микрометр рычажный или скоба рычажная, измерительные головки со штативом или стойкой и др.).

Весы для измерения массы взвешиванием.

Мультиметр (авометр) для измерений электрических величин.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задание

1. Измерить размеры призматической детали (длину l , ширину b , высоту h) пластины и (или) длину и диаметр цилиндрической детали (l , d).
2. Измерить (определить) площади поверхностей и объем V детали.
3. Измерить массу M детали и (определить) плотность ρ ее материала.
4. Измерить электрическое сопротивление резистора R .
5. Измерить электрическое напряжение U источника постоянного тока.
6. Провести анализ использованных видов и методов измерений и оформить результаты работы.

Выполнение измерений

Каждая из предложенных физических величин может быть измерена с использованием одной или нескольких отличающихся методик выполнения измерений (МВИ). Различия могут заключаться в применении разных средств измерений для реализации одного метода и/или разных методов и видов измерений. Например, измерение объема детали можно выполнить как прямое (по вытесняемому объему жидкости в измерительном сосуде), либо как косвенное (с измерением линейных величин и использованием известных геометрических зависимостей). В последнем случае для измерений линейных размеров можно использовать метод сравнения с мерой либо непосредственной оценки.

При измерении с использованием одной МВИ допускается выполнение многократных измерений (как правило, не более пяти наблюдений) с фиксацией всех результатов. При многократных измерениях следует обратить внимание на необходимость *повторных наблюдений одной и той же физической величины*, например, толщину пластины или диаметр цилиндра следует измерять *в одном* выбранном сечении.

Фиксация результатов прямых измерений в данной работе осуществляется без описания погрешностей измерений с указанием всех значащих цифр, получаемых при измерении величины, например:

$b = 0,20$ мм (при измерении штангенциркулем с ценой деления нониуса 0,05 мм);

$b = 0,08$ мм (при измерении индикатором часового типа с ценой деления 0,01 мм и снятии отсчета с округлением до целого деления);

$b = 0,082$ мм (при измерении индикатором часового типа с ценой деления 0,01 мм и снятии отсчета с интерполированием доли деления).

Оформление результатов работы

При оформлении результатов следует использовать таблицы. Рекомендуемые формы таблиц с примерами заполнения приведены ниже. При необходимости идентификации измеряемой физической величины привести эскиз объекта с указанием контрольных точек (контрольных сечений) и схему измерения, например, как на рис. 1:

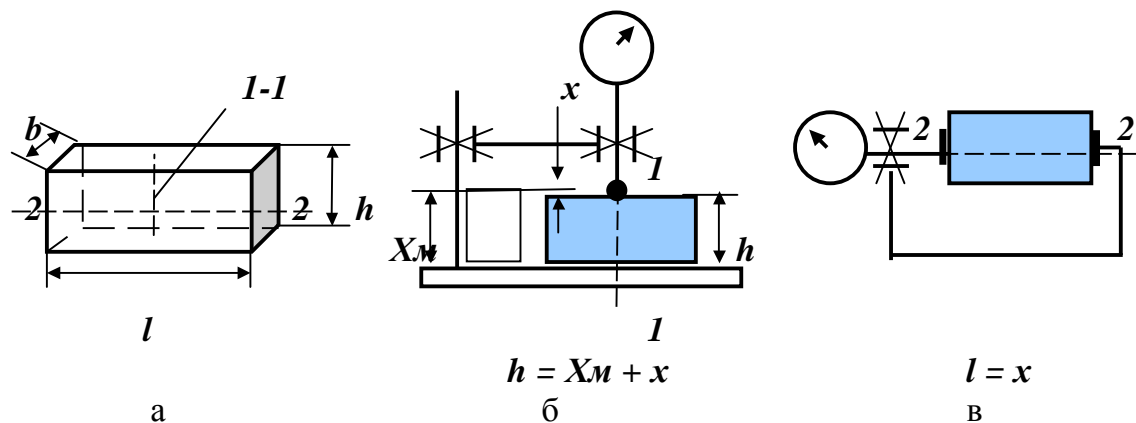


Рис. 1. Эскиз объекта измерений (а) и схемы измерений (б) и (в).

- а – измеряемая деталь (прямоугольный параллелепипед);
- б – измерение высоты h детали в сечении 1-1 измерительной головкой (указывается тип) на стойке (указывается тип) с настройкой по концевым мерам длины кл. 3;
- в – измерение длины l детали в сечении 2-2 индикаторной скобой

Таблица 1

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЯМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Измеряемый параметр, средства измерений и единица ФВ	Результаты наблюдений (измерений) параметра					
	1	2	3	4	5	Среднее
1.1 Ширина детали b , штангенциркуль, мм	2,2	2,1	2,3	–	–	2,2
1.2 .....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.3 .....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.4 Сопротивление резистора R , омметр, Ом	125	125	–	–	–	125

Таблица 2

РЕЗУЛЬТАТЫ КОСВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Измеряемая (рассчитываемая) ФВ	Расчетная зависимость	Обозначения величин и результаты их прямых измерений, единицы				Значение измеряемой ФВ, единицы
2.1 Площадь торца детали	$S = b \cdot h$	$b = 2,2$ мм	$h = 8,6$ мм			18,92 мм ²
2.2 Объем детали	$V = b \cdot h \cdot l$	$b = 2,2$ мм	$h = 8,6$ мм	$l = 25,2$ мм		476,784 мм ³
2.3 Плотность материала	$\rho = M/V$	.....	.....	.....	.....	.....
.....

Примечание. Результаты прямых измерений величин с многократными наблюдениями ($n \leq 5$) представлены средними значениями из табл. 1 (обозначения величин те же).

Таблица 3

**ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТОДИК ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ
(ПО ВИДАМ ИЗМЕРЕНИЙ)**

Измеряемые параметры и средства измерений (№№ из табл. 1 и 2)	Виды измерений				
	по видам ФВ	прям/кос в	совок/совм	абс/отн	одн/многокр
1.1 Ширина детали b , штангенциркуль	линейные	прямые	–	абсолютные	многократные
1.4 Сопротивл. резистора R , омметр	электрические	прямые	–	абсолютные	многократные
.....
2.1 Площадь торца призматической детали	геометрические	косвенные	совокупные	–	с многократными прямыми

Таблица 4

МЕТОДЫ ПРЯМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Измеряемые параметры и средства измерений (№№ из табл. 1)	Характеристика метода
1.1 Ширина детали b , штангенциркуль	Метод непосредственной оценки
.....
.....
.....
1.X Диаметр детали d , скоба рычажная	Метод сравнения с мерой, дифференциальный, реализуемый как метод замещения

Отчет о лабораторной работе № 3

ВИДЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Цель работы: изучение видов и методов измерений физических величин.

Задачи работы:

1. Применить для измерений физических величин метод непосредственной оценки и методы сравнения с мерой в разных вариантах.

2. Проанализировать проведенные измерения. Классифицировать использованные виды и методы измерений и зафиксировать результаты измерений и их анализа.

ЭСКИЗЫ ОБЪЕКТОВ И СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Таблица 1

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЯМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Измеряемые параметры, средства измерений и единицы ФВ	Результаты наблюдений (измерений) параметра					
	1	2	3	4	5	Средн.

Таблица 2

РЕЗУЛЬТАТЫ КОСВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Измеряемая (рассчитываемая) ФВ	Расчетная зависимость	Обозначения величин и результаты их прямых измерений, единицы				Значение измеряемой ФВ, единицы

Примечание. Результаты прямых измерений величин с многократными наблюдениями ($n \leq 5$) представлены средними значениями из табл. 1 (обозначения величин те же).

Таблица 3

ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТОДИК ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ (ПО ВИДАМ ИЗМЕРЕНИЙ)

Измеряемые параметры и средства измерений (№№ из табл. 1 и 2)	Виды измерений				
	по видам ФВ	прямо/косво	совок/совм	абс/отн	одн/многокр

Таблица 4

МЕТОДЫ ПРЯМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Измеряемые параметры и средства измерений (№№ из табл. 1)	Характеристика метода

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Измерение – нахождение значения *физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств* (ГОСТ 16263 -70). Результат измерений получают с некоторой погрешностью. Для предварительной (качественной) оценки значения и характера погрешности используют такие наиболее общие свойства измерений, как **точность**, **правильность**, **сходимость** и **воспроизводимость** измерений.

Точность измерений – качество измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины.

Примечания:

1. Высокая точность измерений соответствует малым погрешностям всех видов, как систематических, так и случайных.

2. Количественно точность может быть выражена обратной величиной модуля относительной погрешности.

Правильность измерений – качество измерений, отражающее близость к нулю систематических погрешностей в их результатах.

Сходимость измерений – качество измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в одинаковых условиях.

Воспроизводимость измерений – качество измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в различных условиях (в различное время, в различных местах, разными методами и средствами).

Единство измерений – состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности измерений известны с заданной вероятностью.

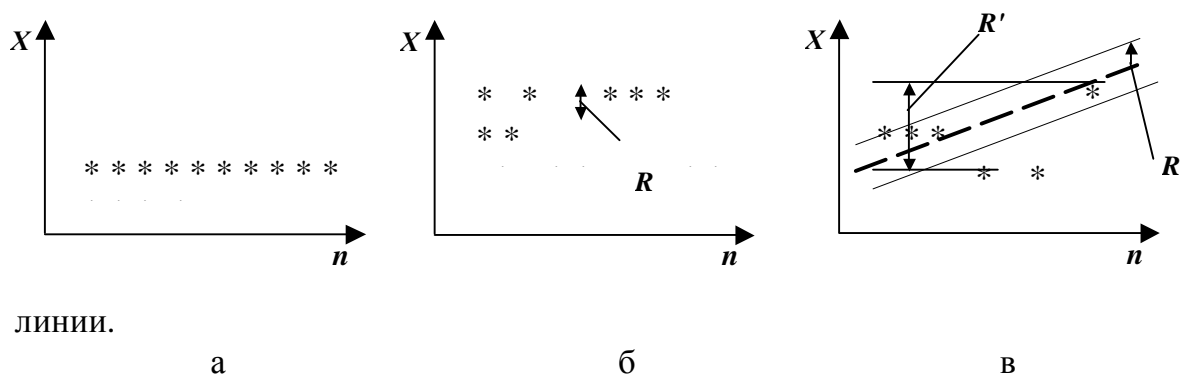
Единообразие средств измерений – состояние средств измерений, характеризующееся тем, что они проградуированы в узаконенных единицах и их метрологические свойства соответствуют нормам.

Многократные измерения (измерения с многократными наблюдениями) одной и той же физической величины с использованием одной методики выполнения измерений (МВИ) называют "**серией измерений**". В качестве оценки сходимости измерений одной серии может быть использован такой параметр, как размах результатов многократных измерений $R' = X_{\max} - X_{\min}$.

Геометрическое представление о размахе R' результатов измерений можно получить на **точечной диаграмме** результатов многократных измерений физической величины, которая строится в координатной системе "результаты наблюдений при измерениях X_i – номер измерения n " в любом удобном масштабе (рис. 1). Идеальная точечная диаграмма (рис. 1а) представляет собой множество точек на одной высоте, и ее можно аппроксимировать прямой, параллельной оси абсцисс, причем все результаты не имеют отклонений от этой прямой.

На рисунках 1б, в приведены диаграммы, которые отличаются от идеальных из-за наличия погрешностей в результатах измерений. Погрешности всех видов ограничивают определенность результатов измерений, причем мерами неопределенностей выступают размахи результатов в сериях. На рис. 1б наблюдается заметное отсутствие сходимости результатов в серии, то есть рассеяние результатов наблюдений относительно возможной горизонтальной аппроксимирующей линии.

Наличие устойчивой тенденции изменения (увеличения) результатов измерений на рис. 1в свидетельствует о влиянии на результаты измерений некоторых систематических факторов, вызывающих систематические погрешности в серии (имеется очевидное нарушение правильности измерений). На этой точечной диаграмме проведена наклонная аппроксимирующая линия, соответствующая наблюдаемой тенденции. *Две эквидистанты фиксируют максимальные отклонения результатов от аппроксимирующей линии*, поскольку проведены через наиболее удаленные от нее точки. На диаграмме показаны два значения рассеяния результатов – *общее (R')*, вызванное комплексным влиянием систематических и случайных воздействий, и освобожденное от систематического влияния рассеяние (R), *вызванное случайными отклонениями* результатов от аппроксимирующей



линии.

Рис.1. Точечные диаграммы результатов измерений с многократными наблюдениями

Выполнение нескольких серий измерений одной и той же физической величины с использованием разных методик выполнения измерений позволяет оценить воспроизводимость измерений в разных сериях. При наличии сравнительно грубой и заведомо более точной МВИ можно получить предварительную оценку систематических постоянных погрешностей, присущих менее точной МВИ.

На рис.2 представлены точечные диаграммы двух серий измерений одной и той же физической величины. Диаграммы построены в одной координатной сетке и *с одинаковым масштабом*, что позволяет непосредственно сопоставить их размахи. Очевидно, что наблюдается низкая воспроизводимость измерений при использовании двух разных МВИ, поскольку не совпадают как средние значения, так и размахи в сериях. Можно предположить, что вторая МВИ точнее первой, поскольку во второй серии рассеяние результатов практически отсутствует ($R2 \approx 0$). Можно также

предположить, что правильность измерений во второй серии выше, хотя утверждать это без дополнительной информации нельзя (теоретически рассуждая, нельзя исключить, что истинное значение измеряемой физической величины ближе к среднему значению первой серии).

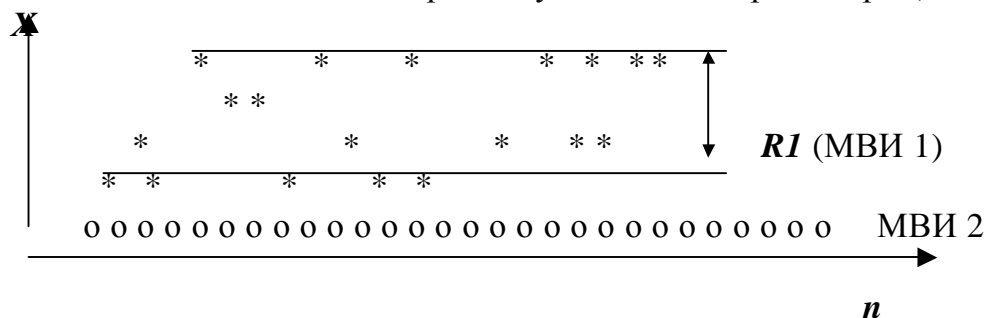


Рис.2. Точечные диаграммы двух серий многократных измерений

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы: оценка неопределенности результатов измерений.

Задачи: 1. Ознакомиться с многократными измерениями физических величин.

2. Применить анализ результатов измерений для сравнения методик выполнения измерений и первичной оценки их характеристик.

МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТЫ

Объекты измерений: детали типа тел вращения, пластин, призм, резисторы, источники постоянного тока.

Изменяемые параметры: линейные размеры, объем, масса, электрическое сопротивление, напряжение, сила тока.

Средства измерений:

Меры длины, угла, объема и массы (линейка измерительная, набор плоскопараллельных концевых мер длины, транспортир, сосуды измерительные, набор разновесов).

Накладные и станковые **приборы** для измерений длины (штангенциркуль, микрометр гладкий, микрометр рычажный или рычажная скоба, измерительные головки со штативом или стойкой и др.).

Весы для измерения массы взвешиванием.

Мультиметр (авометр) для электрических измерений.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задание

1. Выбрать несколько физических величин и выполнить их многократные измерения (измерения с числом наблюдений в каждой серии $n = 3...35$).

2. Выполнить две серии многократных измерений одной и той же физической величины ($n = 16...35$), с использованием разных МВИ.

3. Проанализировать полученные результаты измерений. При анализе использовать точечные диаграммы.

Выполнение измерений

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Поскольку многократным наблюдениям при измерении подлежит одна и та же физическая величина, необходимо обратить особое внимание на однозначность ее воспроизведения при измерениях. Например, измерение линейного размера детали необходимо производить в одном и том же маркированном сечении, измерение низкоомного сопротивления следует проводить между фиксированными точками резистора и т.д.

Измеряемые физические величины выбирают самостоятельно или по указаниям преподавателя. Пробная серия может состоять из 3...10 наблюдений. В случае **если полученные результаты практически неразличимы, серию прекращают при $n = 3...5$** . Высокая сходимость результатов в одной серии может свидетельствовать о высокой помехоустойчивости исследуемой МВИ или низкой чувствительности используемых средств измерений. При заметно различающихся результатах наблюдений серию продолжают до $n = 16...35$.

Поскольку объектом исследований являются не сами измеряемые величины, а рассеяние результатов наблюдений, то при использовании дифференциального метода можно выполнять измерения с настройкой не на меру, а на некоторое условное значение, например, на сам измеряемый объект (на измеряемую физическую величину).

Для одной из физических величин следует выполнить несколько серий измерений с использованием разных МВИ. Различия могут заключаться в применении разных средств измерений (при использовании мультиметра – в переключении диапазонов измерений), а также методов и видов измерений. Предпочтительно выбрать физическую величину, для которой уже проведена серия в 20...35 наблюдений – в таком случае достаточно провести только вторую серию с использованием другой МВИ.

Оформление результатов работы

Результаты многократных наблюдений при измерении каждой из величин оформляют в виде отдельной строки таблицы 1. Результаты двух серий измерений одной величины с использованием разных МВИ вносят в таблицу 2.

Фиксация результатов наблюдений осуществляется с указанием всех значащих цифр, получаемых при измерении величины и единиц физических величин. Стандартные описания погрешностей в данной работе не включают в формы представления результатов измерений.

Примеры записи результатов наблюдений:

- При измерении пластины штангенциркулем с ценой деления нониуса 0,05 мм

$$b = 6,20 \text{ мм};$$

- При измерении диаметра цилиндра индикатором часового типа с ценой деления 0,01 мм на стойке (отсчитывание с округлением до целого деления)
 $h = 20,08$ мм;
- При измерении тем же прибором и отсчитывании с интерполированием доли деления на глаз
 $b = 20,082$ мм.

Краткое (неполное) описание методики выполнения измерений должно включать характеристики вида и метода измерений, наименование применяемых средств измерений и их основные номинальные метрологические характеристики. Например:

Измерения диаметра цилиндрического отверстия D нутромером индикаторным с настройкой по концевым мерам с принадлежностями – измерения прямые абсолютные многократные статические, осуществлялись методом сравнения с мерой, метод дифференциальный, реализуемый как метод замещения.

Средства измерений: Нутромер индикаторный ГОСТ 868-82 с пределами измерений от 18 мм до 50 мм, цена деления 0,01 мм, меры длины концевые плоскопараллельные, набор N 1, класс точности 2 и принадлежности к ним.

При необходимости описание дополняется схемой измерения, схемой измеряемого объекта с указанием контрольных сечений или точек. На рис 3 показаны примеры простейших схем (необходимость в схеме для указания двух очевидно расположенных контрольных сечений столь простой детали сомнительна).

По результатам наблюдений каждой серии измерений заполняют отдельную строку в табл. 1 и строят точечную диаграмму в координатах "результат измерения X_i – номер измерения n ". По оси ординат диаграммы предпочтительно откладывать не результаты измерений, а отклонения результатов от некоторого условного значения. Масштаб желательно выбрать таким, чтобы размах R' результатов измерений можно было оценить **двумя значащими цифрами**.

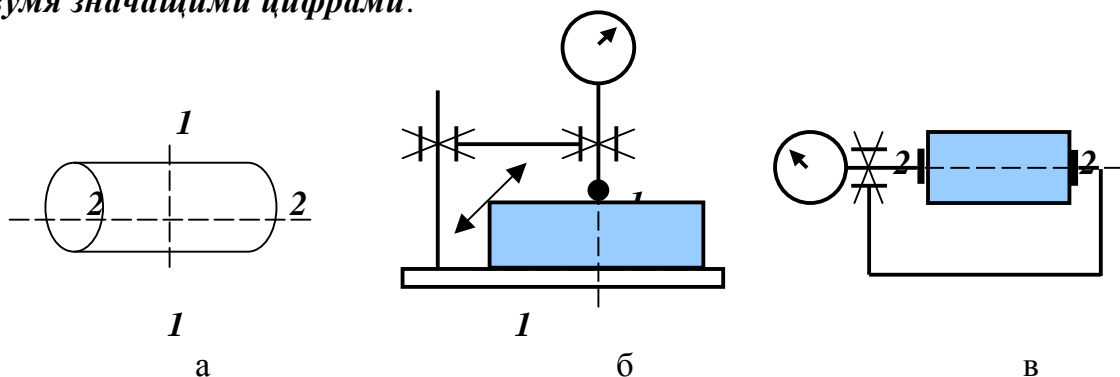


Рис. 3. Схемы контрольных сечений детали и схемы измерений ее размеров
 а – измеряемая деталь (цилиндр) и контрольные сечения (1 – 1 и 2 – 2);
 б – схема измерения диаметра d детали в сечении **1-1** измерительной головкой ИЧ-10 кл. 1 ГОСТ 577-68 на стойке С-III ГОСТ 10197-70 с настройкой по концевым мерам длины кл. 3;
 в – схема измерения длины l детали в сечении **2-2** рычажным микрометром МР (0...25) ГОСТ 4381-80.

ТОЧЕЧНЫЕ ДИАГРАММЫ РЕЗУЛЬТАТОВ МНОГОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

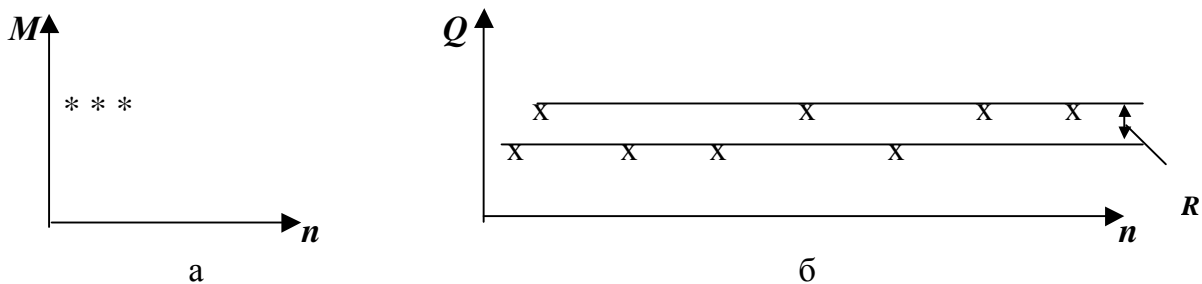


Рис.4. Точечные диаграммы двух серий многократных измерений разных ФВ.
 а – тенденция изменения результатов и размах практически отсутствуют, поэтому $n=3$;
 б – тенденция изменения результатов практически отсутствует, размах $R' = 0,XX$ (указать значение по возможности с двумя значащими цифрами).

Анализ результатов по каждой отдельной серии (подпись к рис. 4) включает оценку размаха R' и оценку наличия тенденции изменения результатов измерений. При наличии явно выраженной тенденции на диаграмму наносят аппроксимирующую линию и дополнительно оценивают размах R результатов отклонений от нее, алгебраически складывая максимальные отклонения.

По результатам наблюдений двух серий измерений одной и той же величины заполняют табл. 2 и строят две точечные диаграммы с одинаковым масштабом в одной координатной системе.

Сравнительный анализ результатов нескольких серий измерений одной физической величины включает оценки размахов $R'i$, Ri и оценку наличия и вида тенденций изменения результатов наблюдений по каждой из серий. Сходимость измерений в каждой серии характеризуется размахом результатов общими и с учетом тенденции изменения (если она обнаружена), воспроизводимость измерений двух серий – по степени совпадения размахов и аппроксимирующих линий.

ТОЧЕЧНЫЕ ДИАГРАММЫ СЕРИЙ МНОГОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ОДНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ

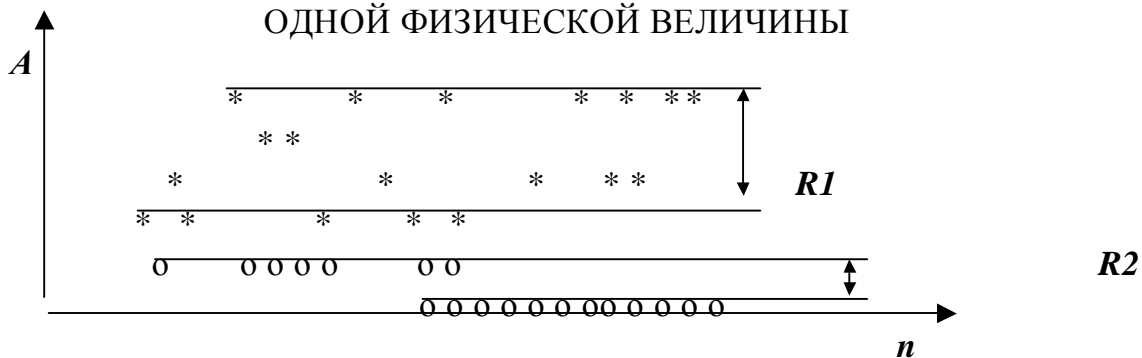


Рис.5. Точечные диаграммы двух серий многократных измерений одной ФВ. Тенденции изменения результатов отсутствуют. Первая серия измерений (с использованием МВИ1) характеризуется размахом $R1 =$, вторая серия (с МВИ2) – размахом $R2 =$, причем $R2 < R1$. Кроме того, между сериями наблюдается заметное расхождение средних значений (всюду, где можно, указывают значения).

Таблица 1

МНОГОКРАТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Физическая величина	Номер наблюдения n									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диаметр d , мм	12,2	12,3	12,2	12,3	12,3	12,2				
Масса M , г	166	166	166							

Таблица 2

СЕРИИ МНОГОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ
(толщины ленты t , мм)

№ МВИ	Номер наблюдения n									
	1	2	3	4	5	6	7
МВИ1										
МВИ2										

АНАЛИЗ ДАННЫХ

При измерении массы M тенденция изменения и рассеяние результатов практически отсутствуют, результаты измерений величины Q характеризуются отсутствием тенденции изменения и наличием размаха $R = \dots$ (указывают значение).

В обеих сериях измерений величины A тенденции изменения результатов практически отсутствуют. Первая серия, выполненная с использованием МВИ1, характеризуется размахом $R1 = \dots$ (здесь и далее указывают значения), вторая серия (с МВИ2) – размахом $R2 = \dots$, причем $R2 < R1$. Кроме того, между сериями наблюдается заметное расхождение средних значений $X1_{cp} - X2_{cp} = \dots$.

Отчет о лабораторной работе № 4
ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ
ИЗМЕРЕНИЙ

Цель работы: оценка неопределенности результатов измерений.

Задачи работы:

1. Ознакомиться с многократными измерениями физических величин.
2. Применить анализ результатов измерений для сравнения методик выполнения измерений и первичной оценки их характеристик.

Объекты измерений:

(наименование, обозначение или краткое описание)

измеряемые параметры

(наименование, краткое описание или обозначение на эскизах)

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Краткое описание методик выполнения измерений со схемами измерений и эскизами объектов:

Таблица 1

МНОГОКРАТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Физическая величина	Номер наблюдения <i>n</i>									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Таблица 2

СЕРИИ МНОГОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ

№ МВИ	Номер наблюдения <i>n</i>									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
МВИ1										
МВИ2										

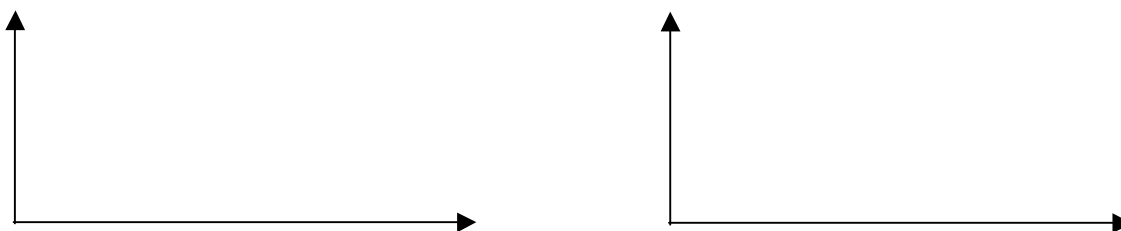
Продолжение таблицы 2

№ МВИ	Номер наблюдения <i>n</i>									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
МВИ1										
МВИ2										

Окончание таблицы 2

№ МВИ	Номер наблюдения <i>n</i>									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
МВИ1										
МВИ2										

ТОЧЕЧНЫЕ ДИАГРАММЫ РЕЗУЛЬТАТОВ МНОГОКРАТНЫХ
ИЗМЕРЕНИЙ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН



ТОЧЕЧНЫЕ ДИАГРАММЫ СЕРИЙ МНОГОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
ОДНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ



АНАЛИЗ ДАННЫХ

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Функциональный анализ методики выполнения измерений (МВИ) проводят с целью выявления источников составляющих погрешности измерения, оценки их характера и значений.

Погрешность измерения – отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины. Методы выявления и оценки погрешностей можно разделить на **аналитические** (теоретические) и **экспериментальные**. В некоторых случаях используют **смешанные** методы (объединение теоретических и экспериментальных). Оценки погрешностей для типовых измерений обычно можно найти в информационных источниках.

Аналитические методы выявления и оценки погрешностей базируются на функциональном анализе методики выполнения измерений. Применению методов выявления и оценки погрешностей обычно предшествует гипотеза о наличии погрешностей от того или иного источника, включая:

- **инструментальные погрешности,**
- **методические погрешности,**
- **погрешности из-за отличия условий от нормальных ("погрешности условий"),**
- **субъективные погрешности.**

Аналитические методы чаще всего используют для расчета инструментальных и методических составляющих погрешностей, а также погрешностей из-за несоответствия условий измерений нормальным. Для расчетов строят специальные модели.

К **инструментальным погрешностям** относят все погрешности средств измерений и вспомогательных устройств: погрешности прибора, погрешности используемых для его настройки мер, погрешности устройств базирования приборов для линейно-угловых измерений, соединительных проводов для подключения электроизмерительных приборов и т.д. Аналитические расчеты **средств измерений** на точность проводятся для оценки их теоретических погрешностей и допустимых технологических погрешностей изготовления и сборки деталей, что является обязательными составными частями проектирования.

Погрешности из-за несоблюдения нормальных условий измерений вызваны воздействием на измеряемый объект и средства измерений любой **влияющей физической величины**, выходящей за пределы области нормированных значений. Температурные, электромагнитные и другие поля, атмосферное давление, избыточная влажность, наличие вибраций и множество других факторов могут привести к искажению измеряемой величины и/или измерительной информации о ней. Для оценки **погрешности "условий"** в общем случае следует учитывать воздействие

влияющих величин и *на средства измерений, и на измеряемые объекты*. Для расчета воздействия влияющей величины U на результат измерения нужно знать функцию $f(y)$ изменения измеряемой физической величины и/или сигнала средства измерений при изменении аргумента (влияющей величины y) и значение аргумента y . Например, изменение линейного размера (диаметра или высоты измеряемой детали) под воздействием температуры, отличной от нормальной, обычно связывают с так называемой "стержневой моделью" и рассчитывают с использованием элементарной зависимости

$$D_l = a (t_i - t_{20}),$$

где D_l – приращение длины (положительное или отрицательное),

a – температурный коэффициент линейного расширения;

t_i – температура при измерении;

t_{20} – номинальное значение нормальной температуры при измерении.

Для оценки влияния температуры на средства измерений необходимо проанализировать действие температуры на измерительную цепь, выявить те элементы, воздействие на которые приведет к искажению функции измерительного преобразования, и определить характер искажения. Этот путь часто оказывается непродуктивным, потому что для построения аналитической модели сложного средства измерений приходится задаваться множеством допущений, при этом не всегда удается обеспечить их достаточную строгость. Чаще прибегают к *экспериментальной* оценке погрешности.

Методические погрешности возникают из-за принятых при измерении или обработке результатов теоретических допущений и упрощений, а также из-за несоответствия реального объекта измерений принятой модели. Оценка методической погрешности можно рассмотреть на примере измерения массы объекта взвешиванием (метод сравнения с мерой) на двухплечих весах. Для этого следует построить модель уравнивания с учетом архимедовых сил, которые обусловлены вытеснением воздуха и объектом измерения, и гирями. Погрешности из-за несоответствия реального объекта измерений принятой модели можно рассматривать на примерах измерений длины, плотности, температуры и других физических величин. Так при измерении диаметра детали измерительной головкой на стойке методические погрешности могут быть обусловлены неидеальной формой номинально цилиндрической поверхности. Методическая погрешность при измерении седлообразной детали (рис. 1 б) примерно равна отклонению образующей от прямолинейности.

Субъективные погрешности могут включать погрешности *отсчитывания* результата и погрешности *манипулирования* средствами измерений и измеряемым объектом (устройствами совмещения, настройки и корректировки нуля, арретирования, базирования накладного СИ или детали на станковом СИ). Для оценки *погрешностей отсчитывания* результатов с аналоговых приборов можно построить геометрическую модель образования

погрешности из-за параллакса (если плоскости шкалы и указателя не совпадают), а также модели округления или интерполирования дольной части деления. Элементарная модель округления отсчета при положении указателя между отметками шкалы показывает, что в наихудшем случае (положение указателя точно посередине) погрешность округления не превысит половины цены деления (j) шкалы аналогового прибора, а при интерполировании дольной части деления "на глаз" будет еще меньше. В последнем случае более строгая аналитическая оценка невозможна, поэтому погрешность интерполирования оценивают *экспериментальными методами* или заимствуют *из информационных источников*.

Уровень полноты выявления и оценки составляющих погрешностей зависит от получаемой информации и может колебаться от оценки по шкале наименований до оценки по шкале отношений. Примерами качественных оценок по шкале наименований могут быть утверждение о наличии погрешности, возникающей из-за определенных причин, заключение о характере погрешности ("систематическая постоянная погрешность длины объекта при отличии его температуры от нормальной" или "прогрессирующая погрешность при монотонном изменении температуры объекта"). Использование шкалы порядка может выражаться, например, в оценках уровня значимости: составляющие погрешности второго порядка малости считают пренебрежимо малыми. Высшим уровнем оценок погрешностей будет получение их числовых значений.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы: исследование источников погрешностей.

- Задачи:**
1. Проанализировать выбранные методики выполнения измерений нескольких ФВ и выявить возможные источники и причины возникновения погрешностей.
 2. Экспериментально подтвердить наличие погрешностей, возникающих из-за выявленных причин.

МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТЫ

Объекты измерений: детали типа тел вращения, пластин, призм, резисторы, источники постоянного тока.

Изменяемые параметры: линейные размеры, объем, масса, электрическое сопротивление, напряжение, сила тока.

Средства измерений:

Меры длины, угла, объема и массы (линейка измерительная, набор плоскопараллельных концевых мер длины, транспортир, сосуды измерительные, набор разновесов).

Накладные и станковые **приборы** для измерений длины (штангенциркуль, микрометр гладкий, микрометр рычажный или рычажная скоба, измерительные головки со штативом или стойкой и др.).

Весы для измерения массы взвешиванием.

Мультиметр (авометр) для электрических измерений.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задание

1. Выбрать физические величины, объекты измерений и МВИ для функционального анализа.
2. Выполнить функциональный анализ выбранных МВИ.
3. Осуществить моделирование для экспериментального подтверждения наличия и характера погрешностей, выявленных при функциональном анализе МВИ.

Выполнение исследований

Задачей *аналитического* этапа исследований является определение наличия и (по возможности) характера составляющих погрешностей, происходящих от любого источника. При этом наличие комплексных погрешностей обобщенных источников, например таких, как *погрешности средств измерений* или "*условий*" являются очевидными и обоснованию не подлежат. Анализ проводится с целью констатации наличия или отсутствия погрешностей от конкретных источников в каждой из методик выполнения измерений. Например, если измерения осуществляют методом сравнения с мерой, в инструментальные погрешности входят не только погрешности прибора, но и погрешности используемых мер или композиций мер. Возможно ли возникновение *значимых* инструментальных составляющих погрешности от вспомогательных устройств, таких как стойка или штатив средства линейных измерений, присоединительные провода электрических приборов и др. необходимо выяснить в ходе анализа.

Поскольку любые МВИ дают материал для функционального анализа, выбор объектов измерений, измеряемых физических величин и предлагаемых МВИ носит произвольный характер. Для частного функционального анализа погрешностей от разных источников подбирают такие МВИ, которые позволяют эффективно моделировать проявления погрешностей.

Так для подтверждения наличия *погрешностей прибора* можно измерять этим прибором размеры "точных" мер методом непосредственной оценки с использованием нескольких аналогичных МВИ. В этом случае погрешность измерения $\Delta = X - X_m$, значит если одну и ту же меру измерять несколькими МВИ, различия полученных результатов будут свидетельствовать о неравенстве погрешностей измерений:

$$X_1 \neq X_2 \neq X_3 \Rightarrow \Delta_1 \neq \Delta_2 \neq \Delta_3 .$$

Если сопоставляемые МВИ отличаются только характеристиками применяемых средств измерений, а методические погрешности, погрешности условий и субъективные практически одинаковы, то можно считать, что различия погрешностей измерений вызваны неодинаковыми погрешностями применяемых СИ, то есть

$$\Delta_1 \neq \Delta_2 \neq \Delta_3 \Rightarrow \Delta_{\text{СИ } 1} \neq \Delta_{\text{СИ } 2} \neq \Delta_{\text{СИ } 3} .$$

А если неинструментальные составляющие погрешности (методические, условий и субъективные) пренебрежимо малы по сравнению с погрешностью средства измерений, разность результата измерения и

значения меры может быть принята за оценку погрешности исследуемого прибора

$$\Delta_1 \approx \Delta_{\text{СИ } 1}, \Delta_2 \approx \Delta_{\text{СИ } 2}, \Delta_3 \approx \Delta_{\text{СИ } 3}.$$

Погрешности прибора в каждой исследуемой точке могут иметь стохастический (случайный) характер, но при незначимой случайной составляющей эту погрешность можно рассматривать как систематическую постоянную. Стабильность инструментальных погрешностей в разных точках диапазона измерений свидетельствует о наличии постоянной или переменной погрешности функции преобразования исследуемого СИ.

Для исследования **погрешностей мер** можно выполнить альтернативные измерения однозначных мер и имеющих те же номиналы ансамблей мер (например, одиночная гиря – ансамбль той же массы, отдельная концевая мера длины – блок мер той же длины). В таком эксперименте для регистрации несоответствия можно использовать прибор с высокой чувствительностью, настраивая его на один из сопоставляемых объектов. Расхождение результатов вызвано погрешностями мер (для блока концевых мер длины к погрешностям размеров отдельных мер блока добавляются и погрешности их притирки) и погрешностями прибора, используемого в качестве индикатора отклонений. Если расхождения результатов альтернативных измерений стабильны, погрешности прибора можно считать одинаковыми для противопоставляемых случаев, а разности результатов рассматривать как следствие проявления погрешностей мер.

Погрешность отдельной меры или однократно составленного ансамбля мер – систематическая постоянная, характер погрешностей многократно составляемых ансамблей мер зависят от особенностей процесса сбора ансамбля.

Другие возможные методики исследования инструментальных составляющих погрешности измерений исполнители разрабатывают самостоятельно и согласуют с руководителем.

Для моделирования **методической погрешности** из-за некорректной идеализации объекта измерений можно измерять деталь с явно выраженной погрешностью формы, например, измерять высоту (толщину) изогнутой пластины накладным и/или станковым СИ. Измерение накладным прибором дает только значения толщины такой пластины. При базировании пластины на столе станкового СИ вогнутой поверхностью фактически измеряют ее высоту от нижней прилегающей плоскости (рис. 1 а). Наличие методической погрешности подтверждается разностью между результатами измерения высоты и собственно толщины пластины, например, измеренной накладным прибором. Разность результатов измерений для конкретного объекта будет постоянной, что позволяет говорить о наличии постоянной систематической погрешности его измерений.

Можно также измерять диаметр седлообразной номинально цилиндрической поверхности вала (рис.1 б). При измерении седлообразной ступени вала станковым СИ определяют не толщину вала, а высоту верхней образующей над базовой плоскостью. Методическая погрешность для

конкретного сечения данной детали постоянна и имеет максимальное значение в самом узком сечении измеряемой поверхности.

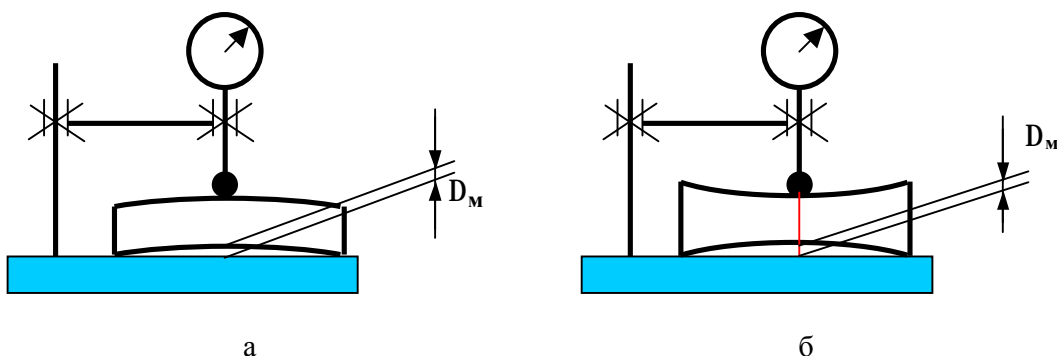


Рис. 1. Методические погрешности из-за неидеальности объектов линейных измерений

Для моделирования методической погрешности при измерении электрических величин можно выполнить измерение напряжения источника постоянного тока без нагрузки (рис 2 б), измерение высокоомного и низкоомного резисторов с "параллельным подключением" сопротивления оператора (рис 2 г) и т.п. Если сопротивление оператора на несколько порядков больше, чем измеряемое сопротивление резистора, то методическая погрешность при параллельном подключении оператора может оказаться пренебрежимо малой, но она имеет место и может быть рассчитана аналитически.

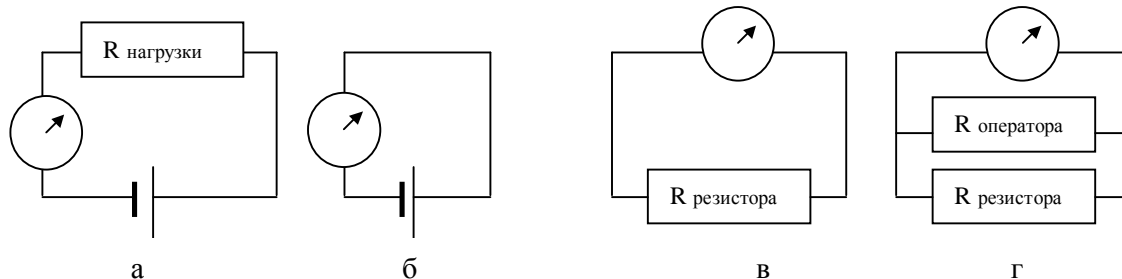


Рис. 2. Моделирование методических погрешностей из-за некорректных допущений: а и в – правильные схемы измерений, б и г – некорректные схемы измерений

Для оценки **погрешностей "условий"** функциональный анализ МВИ начинают с выявления влияющих ФВ. "Подозреваемые ФВ" подвергают аналитической оценке, а также экспериментальной проверке. Так для моделирования погрешности "условий" при измерении линейных размеров можно измерять предварительно нагретую деталь или нагревать средство измерений. Измерение нагретой детали при остывании осуществляют через произвольные промежутки времени и заканчивают исследования после прекращения изменения ее размеров и наблюдаемой стабилизации измеряемого размера (X_n). Тепловое воздействие на средство измерений можно моделировать, используя местный нагрев стойки станкового средства измерений в разных точках (рис. 3). При исследовании СИ с высокой чувствительностью (с ценой деления 0,5 мкм и менее) роль источника тепла успешно играет рука оператора. Для каждой исследуемой точки строят

экспериментальную тенденцию кажущегося изменения размеров измеряемой детали в координатах "время нагревания (остывания) T –показания прибора X " (рис. 4).

Можно также моделировать воздействие магнитных или электромагнитных полей на средства измерений, основанные на соответствующих физических принципах.

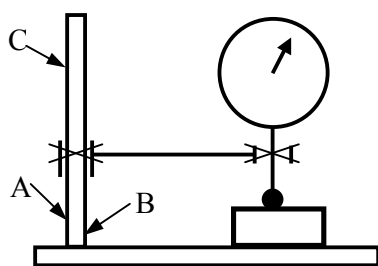


Рис. 3. Схема прибора с указанием точек нагревания

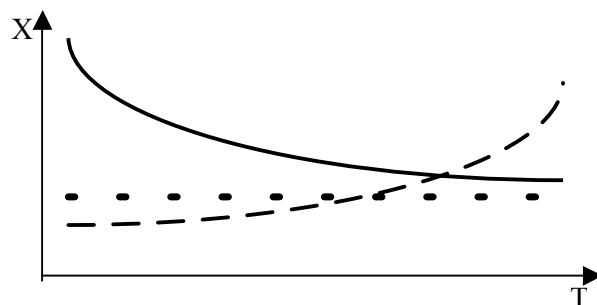


Рис. 4. Графики кажущегося изменения размеров детали при нагревании СИ:

--- в точке А; — в точке В; ●● в точке С.

Воздействие постоянной по значению влияющей величины вызывает постоянную погрешность, а закономерное изменение влияющей величины приводит к переменной во времени систематической погрешности. Стохастические колебания влияющей величины, которую стремятся удержать в области нормальных или рабочих значений, приводят к появлению случайных составляющих погрешностей.

При моделировании **погрешностей отсчитывания** (субъективная составляющая погрешности при использовании аналоговых средств измерений) оценивают погрешности округления и интерполирования при работе разных операторов. Можно также воспроизвести погрешности из-за параллакса при наблюдении под углами, значительно отличающимися от нормального. Рекомендуется при снятии отсчетов разными операторами, каждый результат записывать "секретно" и сравнивать эти результаты только по завершении всего цикла снятия отсчетов при всех положениях указателя.

Погрешности манипулирования средствами измерений можно исследовать на примере измерений одной физической величины либо разными операторами, либо одним оператором с переустановкой детали и т.д. Например можно исследовать процесс манипулирования гладким микрометром, сравнивая результаты измерений разных операторов (навыки работы и скорости вращения барабана индивидуальны).

Возможные варианты разработки методик исследований погрешностей манипулирования:

а) исследование манипулирования средством измерений при настройке прибора на ноль по мере (один оператор настраивает прибор, второй независимо контролирует результаты настройки);

б) исследование манипулирования объектом измерений при выполнении независимых измерений одной и той же физической величины с помощью одной МВИ разными операторами.

Допускается использование других методик, предложенных исследователями.

Оформление результатов работы

Результаты работы оформляют в виде таблиц, схем, графиков и текстовых описаний. При оформлении можно использовать таблицы 1...5. (таблицы приведены с некоторыми примерами заполнения.)

Результаты функционального анализа МВИ должны включать краткое описание методики исследований, применяемой для выявления и оценки погрешностей (в том числе наименование и основные характеристики исследуемого объекта, применяемых средств измерений, источники погрешностей и методику их выявления). При необходимости описание дополняется схемой измерения и эскизом измеряемого объекта с указанием контрольных точек. Примеры описания исследований и результатов приведены ниже.

Пример описания исследования инструментальных погрешностей приборов с использованием конкурирующих МВИ

Объекты сравнительных исследований: штангенглубиномер и глубиномер микрометрический.

Средства исследований: "точные" меры (набор плоскопараллельных концевых мер длины № 1, класс точности 3). Концевые меры используются для образования «точных» измеряемых ступеней заданной глубины (например, 10 мм и 100 мм),

Методика исследований: каждая ступень измеряется в одном месте с использованием обоих приборов. Поскольку эти МВИ отличаются только применяемыми приборами, можно говорить о сравнительном исследовании инструментальной составляющей двух МВИ.

Результаты исследований

Таблица 1

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ ПРИБОРОВ ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ ИЗВЕСТНЫХ ФВ

Исследуемое СИ	Объект измерений и измеряемая ФВ	Результаты измерений				Оценка погрешности
		10,10 мм	9,90 мм	10,0 мм	–	
Штангенглубиномер	Блок концевых мер 10 мм	10,10 мм	9,90 мм	10,0 мм	–	0,10 мм
Глубиномер микрометрический	<i>То же</i>	9,98 мм	9,96 мм	9,97 мм	9,97 мм	0,04 мм

Выводы

Наблюдаемые расхождения результатов измерений (если погрешности измеряемых мер, методические, "условий" и субъективные считать

практически одинаковыми для обеих МВИ), вызваны инструментальными погрешностями приборов, которые у штангенглубиномера примерно в 2,5 раза больше, чем у глубиномера микрометрического.

Пример описания исследования погрешностей мер и ансамблей мер

Объекты исследований: меры массы однозначные в наборе.

Средства исследований: прибор для измерения мер – весы рычажные, которые используются как нуль-индикатор.

Методика исследований: сравнительные измерения номинально одинаковых мер или меры и ансамбля мер с одинаковыми значениями. Различие номинально одинаковых значений подтверждает наличие постоянной систематической погрешности либо одного объекта измерений (если погрешность второго пренебрежимо мала), либо обоих объектов.

Результаты исследований

Таблица 2

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ОДНОЗНАЧНЫХ МЕР И АНСАМБЛЕЙ МЕР

Мера и номинальное значение	<i>Противопоставляемая мера или ансамбль мер</i>	Результаты сопоставлений	Оценка наличия погрешности
M_1 гиря 50 г	M_2 гиря 50 г	$M_1 > M_2$	Обнаружены неодинаковые постоянные погрешности мер M_1 и M_2
M_1 гиря 100 г	M_2 гири 50 г + 20 г + 20 г + 10 г	$M_1 < M_2$	Обнаружены неодинаковые постоянные погрешности меры M_1 и ансамбля M_2

Выводы

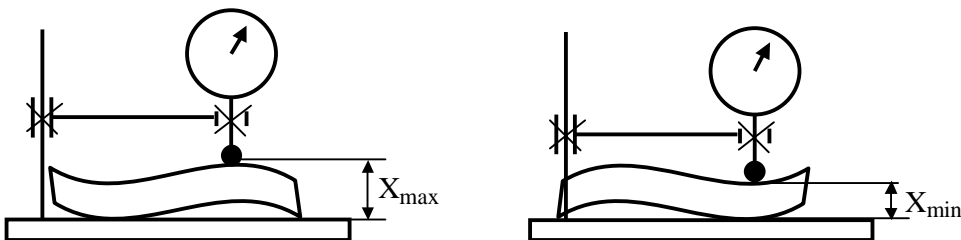
Наблюдаемые расхождения результатов измерений (если погрешности методические, "условий" и субъективные считать практически одинаковыми), вызваны погрешностями мер, постоянными для каждой из мер.

Пример описания исследования методических погрешностей при измерении размеров детали неидеальной формы

Объекты исследований, средства исследований и методика не описаны, приведены только схемы измерений, входящие в методику исследований. При выполнении исследований следует привести достаточно полное описание.

Объекты исследований, средства исследований и методика не описаны, приведены только схемы измерений, входящие в методику исследований. При выполнении исследований следует привести достаточно полное описание.

Схемы измерений



Выводы

Наблюдаемые расхождения результатов измерений (если погрешности инструментальные, "условий" и субъективные считать практически одинаковыми), вызваны методической составляющей, связанной с неправильностью формы детали и постоянной для каждой из исследуемых деталей.

Оценку методической погрешности при измерении изогнутой пластины можно представить как разность между наибольшей высотой и толщиной пластины

$$D_M = X_{\max} - X_{\min}.$$

Пример описания исследования методических погрешностей при измерении электрических величин

Описание объектов исследований, средств исследований и методики здесь не приведены, также как и схемы измерений, входящие в методику исследований.

Выводы

Различие результатов при использовании двух схем измерения свидетельствует о наличии методической погрешности в заведомо некорректном случае. За оценку методической погрешности принимаем разность между результатами измерений при использовании двух схем измерения, считая "точным" значением результат измерения с применением правильной схемы

$$D_M = X_{\text{mod}} - X_{\text{cor}} = \quad (\text{привести числовые значения}).$$

Пример описания исследования погрешностей из-за несоответствия условий измерения нормальным

Таблица 3

ИЗМЕНЕНИЕ РАЗМЕРОВ НАГРЕТОЙ ДЕТАЛИ В ПРОЦЕССЕ ОХЛАЖДЕНИЯ

Результаты измерений X_i , мм	Моменты времени t_i									
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}

График изменения размеров детали при охлаждении



Резюме. Поскольку понижение температуры детали вызывает монотонное изменение ее размера, исследуемую температурную составляющую погрешности измерений можно рассматривать как прогрессирующую во времени.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛИ ПРИ НАГРЕВАНИИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ

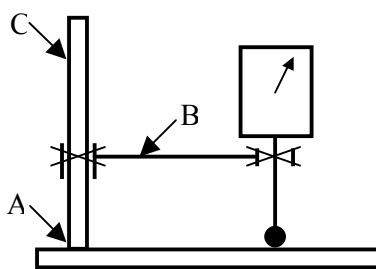
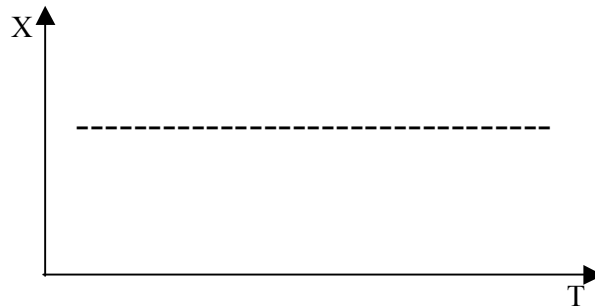


Схема прибора с указанием нагревания.



Графики кажущегося изменения размеров точек детали при нагревании СИ: --- в точке B; (приведен один график).

Резюме. Изменение температуры отдельных элементов прибора может привести к изменениям результатов измерений из-за погрешностей, вызванных температурным полем, причем характер изменения зависит от точки нагревания прибора. Так, нагревание в точке B дает практически неизменные результаты, поскольку удлинение кронштейна не вызывает вертикального смещения измерительной головки. (Далее должны следовать объяснения тенденций, полученных при нагревании прибора в других точках).

Пример описания исследования субъективных погрешностей

Объекты исследований: аналоговые измерительные приборы с отсчетным устройством типа шкала-указатель.

Методика исследований погрешности отсчитывания: искусственно устанавливают показания прибора так, чтобы указатель находился в произвольном положении между отметками шкалы отсчетного устройства, после чего результаты X_1 и X_2 независимо считываются двумя операторами с округлением и с интерполированием доли деления.

Методики исследований погрешности манипулирования:

а) манипулирование средством измерений при настройке прибора на ноль по "точной мере" (один оператор настраивает прибор, второй независимо контролирует результаты настройки);

б) манипулирование объектом измерений при выполнении независимых измерений одной и той же физической величины с помощью одной МВИ (описание), требующей манипулирования объектом (уточнить, какого) и реализуемой разными операторами.

Таблица 4

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОТСЧИТЫВАНИЯ

Прибор – оптиметр	Операто р	Отсчитывание с округлением, целые деления				Отсчитывание с интерполированием, доли деления			
		Операто р 1	28	55	37	42	16,6	25,4	36,8
Операто р 2	28	56	37	41	16,7	25,3	36,7		
Разность результатов		0	1	0	1	0,1	0,1	0,1	

Таблица 5

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОГРЕШНОСТЕЙ МАНИПУЛИРОВАНИЯ

Результаты измерений (прибор – оптиметр)	Операто р	Манипулирование средством измерений, мкм				Манипулирование объектом измерений, мм			
		Операто р 1	0	0			25,67 2	25,67 1	
Операто р 2	0	0,2			25,67 0	25,67 0			
Разность результатов		0	0,2			0,002	0,001		

Резюме. Поскольку при оценке результатов исследований погрешностями инструментальными, методическими, и "условий" пренебрегаем, принимая их практически одинаковыми для обеих МВИ, можно считать, что погрешности операторов проявляются через разность результатов измерений. Максимальные значения разности результатов при отсчитывании с округлением 1 деление, при отсчитывании с интерполированием 0,1 деления, при манипулировании средством измерений 0,2 мкм, при манипулировании объектом измерений 2 мкм.

Отчет о лабораторной работе № 5

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Цель работы: изучение источников погрешностей.

Задачи:

1. Экспериментально подтвердить источники возникновения составляющих погрешностей (инструментальных, методических, "условий" и субъективных).
2. Применить анализ причин возникновения погрешностей.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

**Исследование инструментальных погрешностей
Исследование погрешностей разных МВИ**

Объекты исследований:

Средства исследований:

Методика исследований:

Таблица 1

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ ПРИБОРОВ ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ ИЗВЕСТНЫХ ФВ

Исследуемое СИ	Объект измерений и измеряемая ФВ	Результаты измерений				Оценка погрешности

Резюме. Поскольку при оценке результатов исследований погрешностями измеряемых мер, методическими, "условий" и субъективными пренебрегаем, принимая их практически одинаковыми для обеих МВ.

Исследование погрешностей блока мер

Объекты исследований:

Средства исследований:

Методика исследований:

Таблица 2

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ОДНОЗНАЧНЫХ МЕР И БЛОКОВ МЕР

Мера и номинальное значение	<i>Состав блока мер</i>	Результаты измерений блока мер				Оценка погрешности и блока

Примечание: При оценке погрешностей блока мер погрешностями сопоставляемых одиночных мер, прибора, методическими, "условий" и субъективными пренебрегаем, **условно считая их ничтожно малыми.**

Исследование методических погрешностей

Методические погрешности при измерении размеров детали неидеальной формы

Схемы измерений

Оценка методической погрешности при измерении:

Методические погрешности при измерении электрических величин

Схемы измерений

Использованная при моделировании (mod)

Правильная (cor).

Оценка методической погрешности $D_M = X_{mod} - X_{cor} =$

Исследование погрешностей из-за несоответствия условий измерения нормальным

Таблица 3

ИЗМЕНЕНИЕ РАЗМЕРОВ НАГРЕТОЙ ДЕТАЛИ В ПРОЦЕССЕ ОХЛАЖДЕНИЯ

Результаты измерений X_i , мм	Моменты времени t_i									
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}

График изменения размеров детали при охлаждении



РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛИ ПРИ НАГРЕВАНИИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ

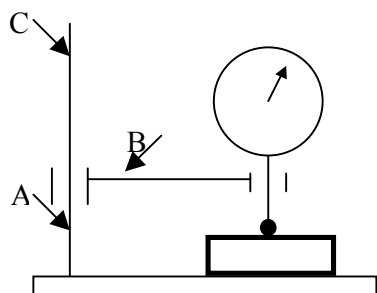


Схема прибора с указанием точек нагревания.



Графики кажущегося изменения размеров детали при нагревании СИ: нагревание в точке А; нагревание в точке В; нагревание в точке С.

Исследование субъективных погрешностей

Объекты исследований: приборы с отсчетным устройством типа шкала-указатель.

Методика исследований погрешности отсчитывания:

Методика исследований погрешности манипулирования средством измерений:

Методика исследований погрешности манипулирования объектом измерений:

Таблица 4

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОТСЧИТЫВАНИЯ

Прибор –	Оператор	Отсчитывание с округлением, целые деления				Отсчитывание с интерполированием, доли деления			
	Оператор 1								
	Оператор 2								
Разность результатов									

Таблица 5

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОГРЕШНОСТЕЙ МАНИПУЛИРОВАНИЯ

Прибор –	Оператор	Манипулирование средством измерений, мкм				Манипулирование объектом измерений, мм			
	Оператор 1								
	Оператор 2								
Разность результатов									

Резюме. Поскольку при оценке результатов исследований погрешностями инструментальными, методическими, и "условий" пренебрегаем, принимая их практически одинаковыми для обеих МВИ, можно считать, что погрешности операторов проявляются через разность результатов измерений. Максимальные значения разности результатов при отсчитывании с округлением _____, при отсчитывании с интерполированием _____, при манипулировании средством измерений _____, при манипулировании объектом измерений _____.

Лабораторная работа № 6
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ И ОЦЕНКИ
ПОГРЕШНОСТЕЙ
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Погрешность измерения – отклонение результата измерения X от истинного значения измеряемой величины Q .

$$\Delta = X - Q.$$

Экспериментальные методы выявления и оценки погрешностей позволяют выявлять любые (систематические, случайные и грубые) погрешности измерений, независимо от их характера. Отличительной особенностью этих методов является работа с фиксированными результатами, а следовательно и фиксированными погрешностями измерений. Индивидуально непредсказуемые ("неопределенные") случайные и грубые погрешности после их реализации можно оценивать количественно.

Очевидно, что результаты с грубыми погрешностями следует исключать из рассмотрения, поскольку они могут существенно исказить оценки собственно результатов измерений, а также систематических и случайных погрешностей.

Экспериментальные методы выявления и оценки погрешностей включают:

1. Определение значения погрешности по результатам измерения точной меры.
2. Определение значения погрешности по результатам измерения той же физической величины с использованием заведомо более точной МВИ.
3. Анализ массива результатов многократных наблюдений при измерении одной физической величины.

Метод определения значения погрешности по результатам измерения точной меры применяют для **оценки всей реализуемой погрешности измерений** или **для оценки инструментальной составляющей** (если погрешности от остальных источников удастся свести к пренебрежимо малым значениям, можно считать погрешность прибора практически равной погрешности измерения). Значение погрешности измерения можно найти только в том случае, если погрешность измеряемой "точной" меры Δ_m пренебрежимо мала по сравнению с искомой погрешностью Δ .

Искомая погрешность Δ определяется из зависимости:

$$\Delta = X - X_m,$$

где X – результат измерения меры,

X_m – "точное" значение меры (номинальное значение меры или значение меры с поправкой по аттестату), для которого можно записать

$$\Delta_m \ll \Delta, \text{ или } \Delta_m \approx 0.$$

Сравнительные измерения **одной и той же физической величины с использованием разных МВИ** позволяют оценить погрешности измерений испытуемой МВИ **при условии пренебрежимо малой погрешности**

"точной" МВИ по сравнению с испытуемой. Пример применения такого метода: проверка показаний часов по сигналам точного времени.

В этом случае можно записать:

$$\Delta = X - X_2,$$

где X – результат измерения ФВ с использованием исследуемой МВИ,
 X_2 – "точное" значение той же ФВ, полученное с использованием МВИ₂, погрешность которой пренебрежимо мала по сравнению с искомой погрешностью Δ

$$\Delta_2 \ll \Delta, \text{ или } \Delta_2 \approx 0.$$

В настоящей работе не рассматриваются критерии выбора МВИ с пренебрежимо малыми погрешностями. При параллельном использовании двух МВИ для измерений одной и той же физической величины погрешность более точной МВИ считают пренебрежимо малой, если она примерно втрое меньше погрешности испытуемой МВИ.

Методы выявления погрешностей измерений и их составляющих, основанные на анализе массивов результатов измерений включают такие разновидности, как статистический и функциональный анализ результатов измерений. Наиболее простой разновидностью этого метода является анализ точечных диаграмм результатов многократных наблюдений (серии измерений) одной и той же физической величины. Кроме того, можно анализировать точечные диаграммы результатов нескольких серий измерений одной и той же физической величины.

Точечную диаграмму строят в координатах "результат измерения X_i – номер измерения N ". Идеальная точечная диаграмма (рис. 1) представляет собой множество точек, расположенных на одной высоте, поскольку все результаты многократных измерений одной и той же величины должны быть одинаковы и равны ее истинному значению Q . Реальные точечные диаграммы отличаются наличием рассеяния результатов, они могут быть смещены относительно истинного значения, на них также могут проявляться устойчивые тенденции изменения результатов во времени (наклон, мода, гармонические изменения расположения точек).

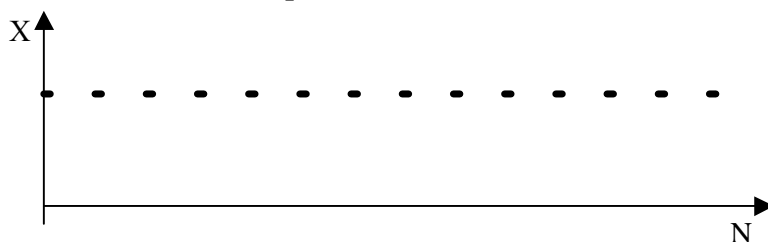


Рис. 1. Идеальная точечная диаграмма

Можно соединить точки на диаграмме, но ломаная линия соединения хотя и может сделать тенденцию более наглядной, не имеет физического содержания, поскольку между любыми соседними результатами измерений не может быть никаких "промежуточных" результатов. **Точечная диаграмма не является графиком результатов измерений**, поскольку по оси абсцисс не откладывают аргумент какой либо функции. Любая возможная тенденция

изменения результатов, которую оформляют как проходящую "посредине точек диаграммы" геометрически правильную прямую или кривую (аппроксимирующая линия), свидетельствует только об изменении во времени аргументов, вызывающих погрешности измерений. **Проведение аппроксимирующей линии и оценка тенденции возможны только на основе предположения равномерного изменения аргумента от измерения к измерению.**

Сравнение тенденции реальной диаграммы с идеальной дает возможность судить о наличии и характере изменения систематической погрешности. Если систематическое изменение результатов измерений не наблюдается, это свидетельствует не о правильности результатов, а об отсутствии **переменной** систематической составляющей. Поскольку систематическая погрешность есть в любых результатах измерений, можно полагать, что в подобной серии есть **постоянная систематическая составляющая**, которая может быть значимой или пренебрежимо малой. Такую погрешность можно оценить только при получении заведомо более точной информации об измеряемой физической величине.

При построении диаграммы по оси ординат предпочтительно откладывать не результаты измерений, а отклонения результатов от некоторого условного значения. Масштаб желательно выбрать таким, чтобы размах R результатов измерений можно было оценить двумя значащими цифрами.

Тенденции изменения результатов на точечной диаграмме свидетельствуют о наличии переменных систематических погрешностей. Монотонное изменение (рис. 2) соответствует прогрессирующей систематической погрешности (результаты аппроксимируют наклонной прямой), немонотонное (рис. 3) свидетельствует о наличии в результатах гармонической составляющей (как правило аппроксимируют периодическими функциями). **Отклонения результатов от аппроксимирующей линии могут рассматриваться как случайные составляющие погрешности измерения.** Грубой оценкой случайной погрешности может служить размах отклонений от аппроксимирующей линии R .

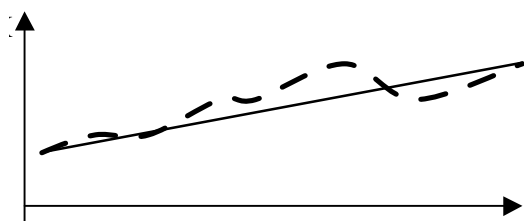


Рис. 2. Точечная диаграмма с наклоном



Рис. 3. Точечная диаграмма с модой

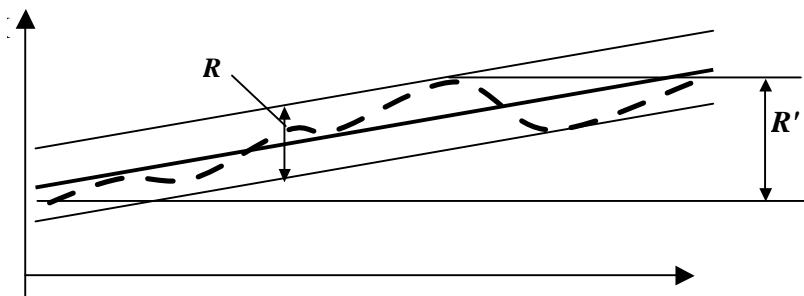


Рис. 4. Прогрессирующая тенденция и эквидистанты на диаграмме

На точечной диаграмме с монотонной тенденцией (рис. 4) проведена аппроксимирующая линия – средняя по отношению к экспериментальным точкам наклонная прямая, соответствующая наблюдаемой тенденции изменения результатов наблюдений. На диаграмме показаны два значения рассеяния результатов – общий размах (R'), обусловленный комплексным влиянием систематических и случайных погрешностей, и *свободный от переменных систематических погрешностей* размах R , вызванный случайными отклонениями результатов от аппроксимирующей линии. Для определения значения размаха R через наиболее удаленные от аппроксимирующей линии вверх и вниз точки проведены две эквидистанты. При линейной аппроксимации эквидистанты – параллельные прямые, при нелинейной они могут быть отрезками парабол, синусоидами (гармоническая тенденция) и т.д.

Анализ точечных диаграмм *может быть дополнен* статистической обработкой номинально одинаковых результатов, имеющих некоторое рассеяние, что позволяет оценить случайную погрешность измерения более строго, чем с помощью размаха R , причем корректность оценки зависит от того, насколько тщательно были исключены переменные систематические погрешности.

Статистическая обработка в отсутствии тенденции изменения результатов в серии позволяет определить оценку среднего квадратического отклонения $\tilde{\sigma}$ от среднего значения результатов серии X_{cp} , используя зависимость

$$\tilde{\sigma} = \sqrt{[1/(n-1)] \cdot \sum (X_i - X_{cp})^2},$$

или (при наличии тенденции изменения результатов) от аппроксимирующей линии

$$\tilde{\sigma} = \sqrt{[1/(n-1)] \cdot \sum e_i^2},$$

где n – число наблюдений в серии;

X_i – i -тый результат в серии измерений;

X_{cp} – среднее значение серии;

e_i – отклонение i -того результата измерений от аппроксимирующей линии.

Сравнительный анализ результатов *нескольких серий измерений одной физической величины* включает оценку тенденций изменения результатов измерений и оценку размахов R_i по каждой из серий, а также их сопоставление. При использовании для анализа точечных диаграмм их обычно строят в одной координатной системе с соблюдением одинакового масштаба для большей наглядности сопоставления, причем выбор масштаба зависит как от сопоставляемых размахов, так и от систематических смещений серий по отношению друг к другу.

Сходимость измерений в одной серии характеризуется размахом результатов. Если в серии обнаружена тенденция изменения результатов, сходимость измерений в принципе может быть повышена за счет исключения систематической погрешности.

Воспроизводимость измерений в двух сериях (рис. 5) оценивается по степени совпадения характера и положения аппроксимирующих линий и по сходству размахов. Если в одной серии нет тенденции изменения результатов (серия 2), а в другой она обнаружена (прогрессирующая тенденция серии 1) воспроизводимость может оказаться низкой. Даже при практически одинаковых размахах отклонений от аппроксимирующих линий ($R_1 \approx R_2$) значимые различия результатов обусловлены большим неисправленным размахом R'_1 и относительными смещениями аппроксимирующих линий.

Сравнительный анализ результатов *нескольких серий измерений одной физической величины* включает оценку тенденций изменения результатов измерений и оценку размахов R_i по каждой из серий, а также их сопоставление. При использовании для анализа точечных диаграмм их обычно строят в одной координатной системе с соблюдением одинакового масштаба для большей наглядности сопоставления, причем выбор масштаба зависит как от сопоставляемых размахов, так и от систематических смещений серий по отношению друг к другу.

Сходимость измерений в одной серии характеризуется размахом результатов. Если в серии обнаружена тенденция изменения результатов, сходимость измерений в принципе может быть повышена за счет исключения систематической погрешности.

Воспроизводимость измерений в двух сериях (рис. 5) оценивается по степени совпадения характера и положения аппроксимирующих линий и по сходству размахов. Если в одной серии нет тенденции изменения результатов (серия 2), а в другой она обнаружена (прогрессирующая тенденция серии 1) воспроизводимость может оказаться низкой. Даже при практически одинаковых размахах отклонений от аппроксимирующих линий ($R_1 \approx R_2$) значимые различия результатов обусловлены большим неисправленным размахом R'_1 и относительными смещениями аппроксимирующих линий.

Сравнительный анализ результатов *нескольких серий измерений одной физической величины* включает оценку тенденций изменения результатов измерений и оценку размахов R_i по каждой из серий, а также их сопоставление. При использовании для анализа точечных диаграмм их обычно строят в одной координатной системе с соблюдением одинакового

масштаба для большей наглядности сопоставления, причем выбор масштаба зависит как от сопоставляемых размахов, так и от систематических смещений серий по отношению друг к другу.

Сходимость измерений в одной серии характеризуется размахом результатов. Если в серии обнаружена тенденция изменения результатов, сходимость измерений в принципе может быть повышена за счет исключения систематической погрешности.

Воспроизводимость измерений в двух сериях (рис. 5) оценивается по степени совпадения характера и положения аппроксимирующих линий и по сходству размахов. Если в одной серии нет тенденции изменения результатов (серия 2), а в другой она обнаружена (прогрессирующая тенденция серии 1) воспроизводимость может оказаться низкой. Даже при практически одинаковых размахах отклонений от аппроксимирующих линий ($R_1 \approx R_2$) значимые различия результатов обусловлены большим неисправленным размахом R'_1 и относительными смещениями аппроксимирующих линий.

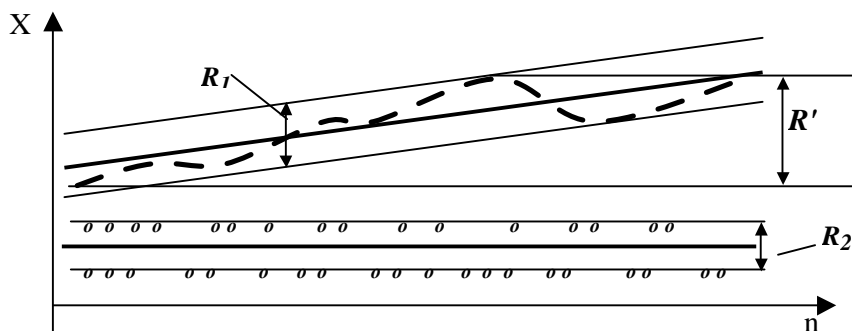


Рис. 5. Диаграммы двух серий измерений одной величины

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы: изучение экспериментальных методов выявления и оценки погрешностей измерений и составляющих погрешностей.

Задачи: 1. Ознакомиться с методами оценки погрешностей измерений по результатам измерений "точных" физических величин (мер).

2. Ознакомиться с методом оценки погрешностей измерений на основе сравнительных измерений одной и той же физической величины с использованием разных по точности методик выполнения измерений (МВИ).

3. Применить анализ результатов многократных измерений (на примере нескольких серий измерений одной и той же физической величины).

МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТЫ

Объекты измерений:

Детали типа тел вращения, пластин, призм, резисторы, источники постоянного тока.

Измеряемые параметры: линейные размеры, объем, масса, электрическое сопротивление, напряжение, сила тока.

Средства измерений:

Меры длины, угла, объема и массы (линейка измерительная, набор плоскопараллельных концевых мер длины, транспортир, сосуды измерительные, набор разновесов).

Накладные и станковые приборы для измерений длины (штангенциркуль, микрометр гладкий, микрометр рычажный или скоба рычажная, измерительные головки со штативом или стойкой и др.).

Весы для измерения массы взвешиванием.

Мультиметр (авометр) для измерений электрических величин.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задание

1. Измерить *методом непосредственной оценки* "точные" физические величины (меры) и оценить значения погрешностей каждого измерения.

2. Провести сравнительные измерения одной и той же физической величины с использованием разных по точности методик выполнения измерений (МВИ) и оценить значения погрешностей измерений более грубой МВИ.

3. Выполнить несколько серий измерений одной и той же физической величины с использованием разных МВИ. Проанализировать результаты измерений, используя для качественной и количественной оценки погрешностей не только точечные диаграммы, но и теоретико-вероятностный математический аппарат.

Выполнение измерений

Однозначную меру (концевая мера длины, гиря, образцовый резистор) или блок мер измеряют методом непосредственной оценки. Разность результатов измерений и номинальных значений измеряемых мер или блоков может рассматриваться как оценка погрешности измерения в случае, если можно пренебречь погрешностями измеряемых мер и воздействием на меры влияющих величин (считаем что составляющая погрешности "условий", вызывающая изменение измеряемой меры практически отсутствует.)

Сравнительные измерения одной и той же физической величины с использованием разных МВИ (испытуемой МВИ и "точной" МВИ) реализуют, например применяя две подобные МВИ, которые заведомо отличаются погрешностями используемых средств измерений: измерительные головки на стойке (индикатор часового типа и микатор); или накладные средства измерений (штангенциркуль и рычажный микрометр). Возможны и другие варианты выбора конкурирующих МВИ. Оценкой искомой погрешности в таком случае можно считать разность результатов измерений, полученных при использовании разных МВИ.

Для сравнительного анализа погрешностей массивов (серий) измерений одной и той же физической величины достаточно получить две неравнорассеянные серии. Каждую серию результатов измерений получают путем многократных наблюдений при измерении *одной и той же*

физической величины. При этом серию измерений прекращают при $n < 10$, если результаты в ней практически неразличимы и продолжают до $n > (20...30)$, если результаты измерений заметно различаются. Полученные массивы результатов измерений используют для построения и анализа точечных диаграмм и статистического анализа результатов измерений.

Серия измерений одной физической величины включает результаты, полученные с помощью одной МВИ в стабильных условиях одним оператором. Для получения **разных** серий измерения должны отличаться использованием различных МВИ, кроме того, серии могут быть выполнены разными операторами или при разных (постоянных или изменяющихся) условиях измерений.

Анализ каждой отдельной серии результатов измерений включает оценки полных размахов R' и оценки тенденций изменения результатов. При наличии явно выраженной тенденции на диаграмму наносят аппроксимирующую линию и дают качественную и количественную оценки тенденций изменения результатов измерений по каждой из серий. Дополнительно оценивают размах R отклонений результатов от аппроксимирующей линии, алгебраически складывая максимальные верхнее и нижнее отклонения (оценка случайной составляющей погрешности измерений в серии).

Сравнительный анализ результатов нескольких серий измерений одной физической величины включает сопоставление оценок размахов $R'i$, Ri и оценок наличия и вида тенденций изменения результатов измерений по каждой из серий. Для более грубой МВИ кроме размахов $R'i$ желательно также определить значение оценки среднего квадратического отклонения результатов от среднего значения или от аппроксимирующей линии $\tilde{\sigma}$.

Оформление результатов работы

Все применяемые в работе МВИ должны быть описаны. Краткое (неполное) описание методики выполнения измерений должно включать характеристики вида и метода измерений, наименование применяемых средств измерений и их основные номинальные метрологические характеристики. При необходимости описание дополняется схемой измерения.

Пример краткой характеристики методики выполнения измерений:

МВИ1 – измерение диаметра D цилиндрического отверстия нутромером индикаторным с настройкой по концевым мерам с принадлежностями – измерение прямое, абсолютное, многократное, статическое, осуществлялось методом сравнения с мерой, метод дифференциальный, реализуемый как метод замещения.

Средства измерений: Нутромер индикаторный с пределами измерений от 18 мм до 50 мм, цена деления 0,01 мм. Меры длины концевые плоскопараллельные, набор $N 1$, класс точности 2 и принадлежности к ним.

Результаты измерений каждой из "точных" величин (концевая мера длины, блок мер и т.д.) с использованием одной МВИ оформляют в виде отдельной строки табл.1.

Отличие результата измерений от номинального значения точной меры может рассматриваться как оценка погрешности измерения, если погрешности мер и погрешности из-за воздействия на измеряемые меры влияющих величин можно считать пренебрежимо малыми по сравнению с оцениваемой погрешностью измерения.

Таблица 1

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ "ТОЧНЫХ" МЕР

Используемые меры		Результаты исследований		
Наименование	Номинальное значение меры ("блока мер")	МВИ №	Результаты измерений	Оценка погрешности
Меры массы однозначные (гири)	100 г	МВИ 2	99,998 г	0,002 г
Концевые угловые меры	30°	МВИ 3	30°02'	2'

Примечание: Погрешностями использованных мер и погрешностями воздействия на меры влияющих величин пренебрегаем как ничтожно малыми.

При выполнении сравнительных измерений одной и той же физической величины с использованием разных МВИ результат оформляют в виде отдельной строки табл.2. Значение погрешности измерений более грубой МВИ оценивают по разности полученных "грубых" и "точных" результатов измерений.

Таблица 2

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХ МВИ

Измеряемая величина	Результаты измерений при использовании		Оценка погрешности исследуемой МВИ
	Исследуемой МВИ №	"точной" МВИ №	
Масса детали	МВИ 4 126,5 г	МВИ 5 126,280 г	0,220 г
Плоский угол	.....	.....	.....

Массивы результатов, полученные при измерениях одной физической величины с использованием двух МВИ приводят в табл. 3.

Таблица 3

МНОГОКРАТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МВИ 6 и МВИ 7

При измерении с использованием	Результаты исследований, мм									
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
МВИ 6	20.100	20.102	20.096	20.102	20.096	20.102	20.096	20.099	20.098	20.101
МВИ 7	20.103	20.102	20.101	20.107	20.123	20.082	20.108	20.101	20.110	20.107
Разность результатов	0,003	0	- 0,005	0,005	- 0,027	0,020	- 0,012	- 0,002	- 0,012	- 0,006

Продолжение таблицы 3

При измерении с использованием	Результаты исследований, мм									
	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀
МВИ 6	20.099	20.101	20.101	20.100	20.097	20.101	20.100	20.103	20.100	20.099
МВИ 7	20.109	20.108	20.109	20.102	20.089	20.101	20.112	20.110	20.111	20.104
Разность результатов	-0,010	-0,007	-0,008	-0,002	0.008	0	-0,012	-0,007	-0,011	-0,005

Окончание таблицы 3

При измерении с использованием	Результаты исследований, мм									
	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀
МВИ 6	20.101	20.100	--	--	--	--	--	--	--	--
МВИ 7	20.103	20.104	20.105	20.105	20.094	20.120	20.089	20.106	20.097	20.121
Разность результатов	-0,002	-0,004								

Для применения графо-аналитического метода оценки полученные результаты серий представляют в виде двух точечных диаграмм в одной системе координат (рис. 6). Результаты сравнительного анализа массивов наблюдений представляют в произвольной форме, отмечая наличие систематических погрешностей и по возможности указывая числовые оценки размахов, средних значений и значений средних квадратических отклонений случайных погрешностей.

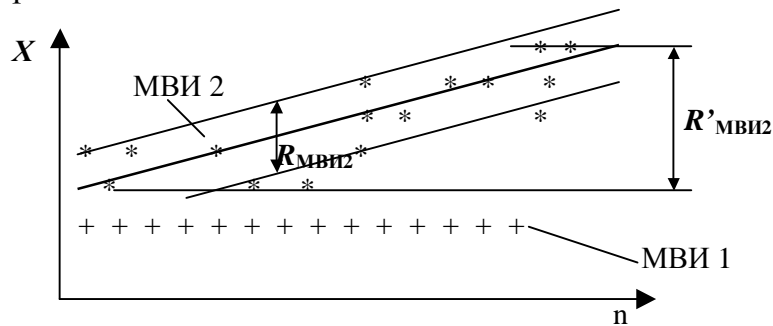


Рис. 6. Пример объединения двух точечных диаграмм

Анализ двух серий измерений (по данным рис. 6):

Из результатов измерений следует, что тенденция изменения и размах результатов при использовании МВИ1 практически отсутствуют ($R'_{\text{МВИ1}} = 0.007 \text{ мм} \approx 0$). В результатах второй серии измерений (при использовании МВИ 2) наблюдается прогрессирующая тенденция, которая представлена на диаграмме аппроксимирующей прямой. Общий размах результатов $R'_{\text{МВИ2}} = 0,066 \text{ мм}$, размах частично исправленных результатов (исключено влияние систематической составляющей) $R_{\text{МВИ2}} = 0,048 \text{ мм}$

$$D_{\max \text{ МВИ2}} = X_{\max \text{ МВИ2}} - X_{\text{МВИ1}} = 0,127 \text{ мм},$$

$$\tilde{\sigma} = \sqrt{[1/(n-1)] \cdot \sum e_i^2} = 0,010 \text{ мм}.$$

Отчет о лабораторной работе № 6

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ И ОЦЕНКИ
ПОГРЕШНОСТЕЙ

Цель работы: изучение экспериментальных методов выявления и оценки погрешностей измерений и составляющих погрешностей.

Задачи:

1. Ознакомиться с методами оценки погрешностей измерений по результатам измерений "точных" физических величин (мер).
2. Ознакомиться с методом оценки погрешностей измерений на основе сравнительных измерений одной и той же физической величины с использованием разных по точности методик выполнения измерений (МВИ).
3. Применить анализ результатов многократных измерений (на примере нескольких серий измерений одной и той же физической величины).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ

Краткое описание используемых МВИ:

- 1.

Таблица 1

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ "ТОЧНЫХ" МЕР

Используемые меры		Результаты исследований		
Наименование	Номинальное значение меры ("блока мер")	МВИ №	Результаты измерений	Оценка погрешности

Примечание: Погрешностями использованных мер и погрешностями воздействия на меры влияющих величин пренебрегаем как ничтожно малыми.

Таблица 2

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХ МВИ

Измеряемая величина	Результаты измерений при использовании		Оценка погрешности исследуемой МВИ
	исследуемой МВИ №	"точной" МВИ №	

**МНОГОКРАТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХ МВИ**

При измерении с использован ием	Результаты исследований, ____									
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
МВИ ____										
МВИ ____										
Разность результатов										

Продолжение таблицы 3

При измерении с использован ием	Результаты исследований, ____									
	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀
МВИ ____										
МВИ ____										
Разность результатов										

Окончание таблицы 3

При измерении с использован ием	Результаты исследований, ____									
	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	X ₂₉	X ₃₀
МВИ ____										
МВИ ____										
Разность результатов										

Анализ двух серий измерений:



ВЫБОР МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Общие требования, предъявляемые к методике выполнения измерений:

- 1. Обеспечение требуемой точности измерений.**
- 2. Обеспечение экономичности измерений.**
- 3. Обеспечение представительности (валидности) результатов измерений.**
- 4. Обеспечение безопасности измерений.**

Точность измерений является необходимым условием для использования их результатов. Несоблюдение этого условия делает невозможным получение действительного значения измеряемой физической величины. Кроме того, для обеспечения единства измерений необходимо, чтобы результат измерений был представлен с указанием погрешностей, которые являются характеристиками достоверности результата.

При оценке экономичности измерений учитывается производительность и себестоимость измерительной операции, включая затраты на организацию условий измерения, необходимую квалификацию оператора, цену универсальных СИ и стоимость их эксплуатации, стоимость разработки и изготовления нестандартизованного СИ, возможность многоцелевого использования выбранных СИ и др. По экономическим параметрам сравнивают только те конкурирующие методики выполнения измерений, которые обеспечивают требуемую точность.

Обеспечение представительности или валидности результатов измерений подразумевает адекватность результатов исследуемому объекту (партии объектов). Очевидна необходимость разных подходов для обеспечения представительности при многократных измерениях одной и той же ФВ, при измерениях номинально одинаковых ФВ, при измерениях разных ФВ или изменяющейся ФВ. Это требование выходит за рамки разработки методики выполнения измерений в узком смысле.

Безопасность измерений зависит от свойств измеряемого объекта и применяемых средств измерений и обеспечивается неметрологическими средствами, хотя указания по безопасности включают в описание методик выполнения измерений.

Цели и задачи измерений

Общая *цель измерения* – *получение действительного значения измеряемой физической величины*. Поскольку необходимо получить значение измеряемой ФВ столь мало отличающееся от истинного, что для конкретной цели измерений или измерительной задачи этим различием можно пренебречь, при выборе МВИ необходимо:

1. Установить допустимую погрешность измерения $[\Delta]$.
2. Определить значение реализуемой в процессе измерения погрешности Δ .

3. Убедиться в том, что реализуемая погрешность Δ не превышает допустимую погрешность измерения $[\Delta]$.

Таким образом, обеспечение точности измерений заключается в установлении соотношения

$$\Delta \leq [\Delta],$$

где $[\Delta]$ – допустимая погрешность измерений;

Δ – предельное значение погрешности, реализуемой в ходе измерений.

Назначение (выбор) допустимой погрешности измерений зависит от поставленной измерительной задачи. Конкретные задачи определяют в зависимости от предполагаемого использования результатов измерений. Можно представить, например, следующие задачи измерений: измерительный контроль, арбитраж, сортировка объектов на группы по заданному параметру, приближенная (ориентировочная) оценка физической величины и исследование физической величины. Назначение (выбор) допустимой погрешности измерения для каждой из задач имеет свои особенности и основывается на определении значения погрешности, пренебрежимо мало влияющей на результат измерения.

Рассмотрим некоторые варианты предложенных задач измерений.

Измерительный приемочный контроль объекта по заданному параметру, когда нормированы его предельные значения. Для случая приемочного контроля объекта по заданному параметру, если он ограничен двумя предельными значениями, допустимая погрешность измерений не должна превышать 1/3 части допуска (Т) параметра:

$$[\Delta] \leq T/3.$$

Такое соотношение будет удовлетворительным при случайном характере контролируемого параметра и случайной погрешности измерений.

При контроле погрешности средства измерения (*поверке СИ*) погрешность измерения не должна превышать 1/3 основной погрешности поверяемого средства измерений, если погрешности поверяемого СИ и погрешности поверки имеют случайный характер:

$$[\Delta] \leq \Delta_{\text{СИ}}/3.$$

Арбитражная перепроверка результатов приемочного контроля.

При арбитражной перепроверке результатов приемочного контроля, с учетом уже приведенных допущений, допустимая погрешность измерений не должна превышать 1/3 часть погрешности измерений параметра при его приемочном контроле ($\Delta_{\text{пр}}$):

$$[\Delta] \leq \Delta_{\text{пр}}/3.$$

Таким образом, измерения параметра при приемочном контроле, при арбитражной перепроверке результатов приемочного контроля или при поверке (приемочном контроле) средств измерений представляют собой тривиальные измерительные задачи, в ходе решения которых допустимую погрешность измерений определяют, исходя из традиционного в метрологической практике соотношения

$$[\Delta] \leq (1/5 \dots 1/3) \cdot B/3,$$

где B – допуск контролируемого параметра, погрешность измерения в ходе приемочного контроля или основная погрешность поверяемого СИ.

При сортировке объектов на группы по заданному параметру допустимую погрешность назначают в зависимости от минимального группового допуска ($T_{гр}$):

$$[\Delta] \leq T_{гр}/3.$$

При ориентировочной (*приближенной*) оценке физической величины можно назначить практически любую допустимую погрешность, которая не приведет к существенному искажению результатов измерений. Обычно в таком случае измерение осуществляют с произвольной погрешностью, которую и принимают за допустимую. Затем оценивают реализуемую погрешность измерений и возможное искажение значения измеряемой физической величины. Формальное описание такой задачи выбора допустимой погрешности измерений:

$$[\Delta] = \Delta.$$

Исследование физической величины, включая исследование точности воспроизведения физической величины и/или исследование изменения физической величины под воздействием переменных (или неопределенных) факторов. При измерении параметра в процессе научного исследования, допустимую погрешность измерений определяют, исходя из конкретной цели исследований.

Можно исследовать точность воспроизведения физической величины на одном объекте (толщина пластины, высота цилиндра и т.д.) или на множестве номинально одинаковых объектов (э.д.с. терморпар одной партии, массы деталей одного типоразмера, диаметры шариков для подшипника качения и др.). Эту задачу можно ограничить оценкой размаха R измеряемых физических величин, или расширить вплоть до выявления вида и числовых характеристик распределения исследуемой случайной величины.

Если необходимо убедиться, что рассеяние параметра исследуемого объекта при многократном воспроизведении не превышает некоторого заранее заданного или искомого значения R_N , удовлетворительным решением задачи может быть соотношение

$$R \leq R_N \text{ при } R \leq 2\Delta,$$

где R – оценка рассеяния параметра, включающая погрешность воспроизведения величины и погрешность ее оценки,

Δ – оценка погрешности измерения, которая в таком случае принимается за допустимое значение погрешности измерения, т.е. $[\Delta] = \Delta$.

В этом случае можно считать доказанным, что размах или поле практического рассеяния физической величины (R_Q) при многократном воспроизведении не превышает значения погрешности измерения, то есть

$$R_Q \ll \Delta$$

Во втором случае обычно строят гистограмму и полигон распределения исследуемой случайной величины, для чего необходимо выявить поле практического рассеяния (R_Q) многократно воспроизводимой физической

величины. Чтобы погрешности измерений не оказали значительного искажающего воздействия на поле рассеяния, при необходимости выбирают все более точные МВИ, добиваясь методом последовательных приближений соотношения

$$\Delta = (1/10 \dots 1/6)R_Q,$$

после чего достигнутое значение Δ принимают за допустимое значение погрешности измерения, т.е.

$$[\Delta] = \Delta.$$

При исследовании изменения физической величины под действием нормируемых переменных аргументов или неопределенных факторов необходимо назначить такую допустимую погрешность измерений, которая была бы пренебрежимо мала по сравнению с исследуемым изменением величины (ε_Q):

$$[\Delta] \ll \varepsilon_Q.$$

К такому значению погрешности также приходят методом последовательных приближений.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы: изучение методов выбора методик выполнения измерений.

Задачи: 1. Научиться выбирать допустимую погрешность измерений определенной (корректно заданной) физической величины.
2. Познакомиться с методами выбора допустимой погрешности измерений для оценки рассеяния неопределенной физической величины.

МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТЫ

Объекты измерений:

Детали типа тел вращения, пластин, призм, резисторы, источники постоянного тока.

Измеряемые параметры: линейные размеры, объем, масса, электрическое сопротивление, напряжение, сила тока.

Средства измерений:

Меры длины, угла, объема и массы (линейка измерительная, набор плоскопараллельных концевых мер длины, транспортир, сосуды измерительные, набор разновесов).

Накладные и станковые приборы для измерений длины (штангенциркуль, микрометр гладкий, микрометр рычажный или скоба рычажная, измерительные головки со штативом или стойкой и др.).

Весы для измерения массы взвешиванием.

Мультиметр (авометр) для измерений электрических величин.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задание

1. Выбрать допустимую погрешность измерительного приемочного контроля заданной физической величины и методику выполнения ее

измерения. Измерить физическую величину и проанализировать результаты измерений.

2. Выбрать допустимую погрешность и методику выполнения измерений для арбитражной перепроверки результатов приемочного контроля по п.1. Повторно измерить физическую величину и проанализировать результаты измерений.

3. Выбрать допустимую погрешность и методику выполнения измерений детерминированной неизвестной физической величины/величин. Выполнить измерения и идентифицировать измеренные величины.

4. Выбрать допустимую погрешность и методику выполнения измерений для исследования неопределенности заданной физической величины (номинально одинаковых величин одного объекта). Выполнить измерения и проанализировать их результаты.

5. Выбрать допустимую погрешность и методику выполнения измерений для исследования неопределенности заданных физических величин (однотипных величин номинально одинаковых объектов). Выполнить измерения и проанализировать их результаты.

Выполнение измерений

Выбор допустимой погрешности измерения при приемочном контроле детерминированной физической величины, если известен ее допуск, представляет собой тривиальную задачу. После назначения допустимой погрешности следует выбрать МВИ, которая обладает погрешностью, не превышающей допустимую. Затем проводят необходимые измерения с использованием выбранной МВИ. Для измерительного контроля линейных размеров до 500 мм и для арбитражной перепроверки его результатов допустимые погрешности измерений нормированы ГОСТ 8.051-81, а МВИ можно выбрать по РД 50-98-86.

Для идентификации неизвестной детерминированной физической величины, например если необходимо определить номинальное значение параметра и известна закономерность построения ряда номинальных значений (внутренние диаметры подшипников качения, диаметры метрических резьб и т.д.), можно назначить допустимую погрешность измерения как некоторую долю ($1/5 \dots 1/3$) градации параметрического ряда на рассматриваемом интервале. Так для определения номинального размера посадочного отверстия подшипника качения диаметром от 20 мм (градация ряда размеров 5 мм), допустимая погрешность измерений может составлять ($1 \dots 2$) мм.

Измерения "однотипных величин" (номинально одинаковых физических величин на одном объекте или на ряде номинально одинаковых объектов), следует начинать с оценки рассеяния однотипных величин одного объекта, а затем переходить к исследованию нескольких объектов. Если предварительно выбранная МВИ не позволила обнаружить значимое рассеяние (R) однотипных величин в пределах одного объекта и размах однотипных величин нескольких объектов (R_n), значит $2\Delta > R$ или $2\Delta > R_n$, и

погрешность измерения слишком велика для уточненной оценки рассеяния.

Если выбранная МВИ позволила обнаружить рассеяние однотипных величин нескольких объектов (R_n), а в пределах одного объекта (R) различия между однотипными величинами не обнаружены, очевидно, что $R_n > R$ и погрешность измерения слишком велика для оценки R , хотя (с некоторыми ограничениями) может быть признана допустимой для выявления R_n .

Если предварительно выбранная МВИ позволила обнаружить рассеяние R однотипных величин в пределах одного объекта и различия между объектами (R_n), причем $R > \Delta$, а $R_n > R$, можно считать, что погрешность измерения выбрана удовлетворительно. При выборе значения $[\Delta]$ используют соотношение $[\Delta] \leq \Delta$. Назначение допустимой погрешности меньшей, чем у предварительно выбранной МВИ, может быть обусловлено необходимостью получить более достоверные значения параметров и характеристик рассеяния однотипных величин одного и/или нескольких объектов.

Оформление результатов работы

Результаты работы оформляют в виде таблиц, графиков и текстовых описаний. При оформлении можно использовать таблицы 1...3 (таблицы приведены с некоторыми примерами заполнения). Краткие описания используемых МВИ при необходимости сопровождают схемами измерений с указанием контрольных точек (сечений).

При измерениях физической величины с целью приемочного контроля группы объектов результаты измерений каждого заданного параметра оформляют в виде отдельной строки таблицы (табл.1).

Таблица 1

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИЕМОЧНОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ

Контролируемый параметр			Приемочный контроль							
Наименование параметра, единицы ФВ	Предельные значения	Допуск	[Δ]	Δ .	Результаты измерения объекта $X_i(\max/\min)$ и заключение о годности					
					X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Твердость поверхности, HRCэ	(60...64)	4	1,2	1	61/60 годен	64/63 годен	62/60 годен	63/62 годен	62/61 годен	61/61 годен

Продолжение таблицы 1

Результат измерения объекта $X_i(\max/\min)$ и заключение о годности											
X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}
59/57 брак	62/62 годе н	61/60 годе н	61/61 годе н	63/62 годе н	62/60 годе н	64/63 годе н	62/61 годе н	62/60 годе н	—	—	—

Если поставлена измерительная задача арбитражной перепроверки данных приемочного контроля, результаты измерений каждого заданного параметра оформляют в виде отдельной строки таблицы (табл.2). В "Заключении" приводят вывод по результатам арбитражных измерений, особо отмечая число забракованных годных объектов (ложный брак) и неправильно принятых объектов (пропуск брака).

Таблица 2

АРБИТРАЖНАЯ ПЕРЕПРОВЕРКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИЕМОЧНОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ

Контролируемый параметр			Арбитраж							
Наименование параметра, единицы ФВ	Предельные значения	$\Delta_{пр к}$	[Δ]	Δ	Результаты измерения объекта $X_i(\max/\min)$ и заключение о годности					
					X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Твердость поверхности, HRCэ	(60...64)	1	0,3	0,3	62/60 годен	65/63 <u>брак</u>	62/61 годен	64/63 годен	63/61 годен	62/62 годен

Продолжение таблицы 2

Результат измерения объекта $X_i(\max/\min)$ и заключение о годности											
X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}
60/58 брак	63/62 годе н	61/61 годе н	62/62 годе н	62/61 годе н	61/60 годе н	64/62 годе н	63/61 годе н	62/61 годе н	—	—	—

Заключение. Обнаружен пропуск брака (деталь №2)

При идентификации параметра (определении конкретного номинального значения из ряда близких нормированных значений) результаты измерений параметра каждого объекта используют для оценки его номинального значения. В таблице 3 результаты измерений указывают под соответствующим номинальным значением параметра.

Таблица 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОМИНАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ

Контролируемый параметр			Идентификация объектов X_i по заданным параметрам							
Наименование параметра, единицы ФВ	градация (min)	Δ	[Δ]	Δ	Результаты измерений, соответствующие номинальным параметрам					
					X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Внутренний диаметр подшипника качения, мм	Ряд номинальных значений	5	—	—	20	25	30	35	40	45
	Измерительная информация	—	1	0,5	—	25,5	30,0	—	—	44,5

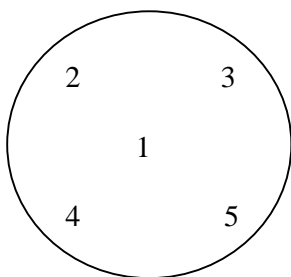
Результаты измерений номинально одинаковых физических величин на одном объекте и на ряде номинально одинаковых объектов (однотипных величин) можно оформлять в виде таблиц и точечных диаграмм с пояснительными схемами или эскизами.

Таблица 4

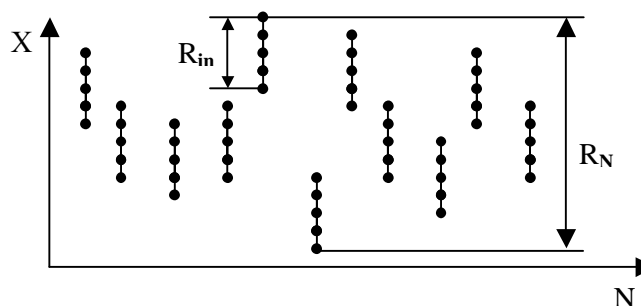
**ИЗМЕРЕНИЯ НОМИНАЛЬНО ОДИНАКОВЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН
ГРУППЫ ОБЪЕКТОВ**

№ объекта	Результаты измерений X_i твердости рабочих поверхностей дисков сцепления в контрольных точках, НВ										
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	R_{in}
1	182	165	170	172	168	—	—	—	—	—	—
2	172	162	164	170	165	—	—	—	—	—	—

Схема контрольных точек



Точечная диаграмма



Анализ результатов измерений включает оценки размахов по результатам измерений ФВ на каждом из объектов R_{in} и на ряде номинально одинаковых объектов R_N , а также их сопоставление. Например, при $R_{n\max} \ll R_N$ можно утверждать, что исследуемый параметр незначительно колеблется в пределах одного объекта, при этом он может значительно различаться у двух однотипных объектов.

При возможности проводят анализ и оценку наличия систематических тенденций. При наличии явно выраженных тенденций у отдельных объектов приводят их качественную оценку (например: "Твердость поверхности уменьшается от середины к периферии"). При наличии тенденций у группы объектов на диаграмму наносят аппроксимирующую линию и оценивают качественно и количественно сами тенденции. Результаты анализа записывают под точечными диаграммами, например:

Результаты измерений толщины на одном диске и ряде номинально одинаковых дисков (МВИ 6, $\Delta = 6$ мкм, $P = 0,95$):

Поскольку $R_{cp\ n} = 10$ мкм, $R_N = 11$ мкм, а $2\Delta = 12$ мкм, можно утверждать, что рассеяние результатов обусловлено погрешностью измерений. Фактическое рассеяние измеряемых параметров и закономерности их изменений не обнаружены, так как они не выходят за пределы погрешностей измерительного эксперимента.

Отчет о лабораторной работе № 7

ВЫБОР МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Цель работы: изучение методов выбора методик выполнения измерений.

Задачи:

1. Научиться выбирать допустимую погрешность измерений определенной (корректно заданной) физической величины.
2. Познакомиться с методами выбора допустимой погрешности измерений для оценки рассеяния неопределенной физической величины.

Методики выполнения измерений:

МВИ 1

МВИ 2

Таблица 1

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИЕМОЧНОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ

Контролируемый параметр			Приемочный контроль								
Наименование параметра, единицы ФВ	Предельные значения	Допуск	[Δ]	Δ.	Результаты измерения объекта $X_i(\max/\min)$ и заключение о годности						
					X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	

Продолжение таблицы 1

Результат измерения объекта $X_i(\max/\min)$ и заключение о годности											
X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈

Таблица 2

**АРБИТРАЖНАЯ ПЕРЕПРОВЕРКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИЕМОЧНОГО
КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ**

Контролируемый параметр			Арбитраж								
Наименование параметра, единицы ФВ	Предельные значения	$\Delta_{пр к}$	[Δ]	Δ	Результаты измерения объекта X_i (max/min) и заключение о годности						
					X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	

Продолжение таблицы 2

Результат измерения объекта X_i (max/min) и заключение о годности											
X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}

Заключение.

Таблица 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОМИНАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ

Контролируемый параметр		Идентификация объектов X_i по заданным параметрам									
Наименование параметра, единицы ФВ	градация (min)	[Δ]	Δ	Результаты измерений, соответствующие номинальным параметрам							
				X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6		
Ряд номинальных значений		—	—								
Измерительная информация	—										

Таблица 4

**ИЗМЕРЕНИЯ НОМИНАЛЬНО ОДИНАКОВЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН
ГРУППЫ ОБЪЕКТОВ**

№ объекта	Результаты измерений X_i _____ (наименование параметра объекта)										
	_____ в контрольных точках (см. схему), _____ (единицы)										
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	R_{in}

Схема контрольных точек

Точечная диаграмма



Анализ результатов измерений

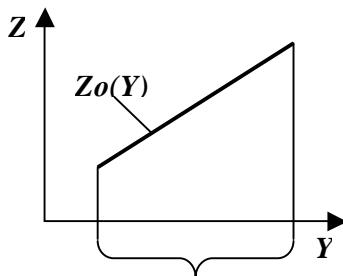
МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В соответствии с ГОСТ 8.009-84 метрологические характеристики средств измерений делятся на следующие группы:

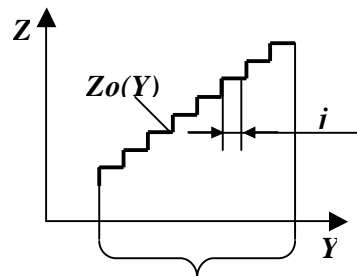
1. Характеристики, предназначенные для определения результатов измерений (без введения поправки). Такие МХ можно назвать номинальными.
2. Характеристики погрешностей СИ. Сюда же можно отнести характеристики чувствительности СИ к влияющим величинам.
3. Динамические характеристики СИ.
4. Неинформативные параметры выходного сигнала СИ.

Номинальные метрологические характеристики мер однозначной и многозначной включают **значения мер**, представляемые именованными числами (одно номинальное значение Y для однозначной меры или N значений многозначной меры Y_i). Для **штриховых многозначных мер** обязательны также **характеристики, связанные со шкалой**, которые рассматриваются ниже (см. МХ аналоговых СИ). Для любых мер кроме номинальных значений **обязательно нормируются характеристики погрешностей**, а другие МХ нормируются только по необходимости.

Для измерительного преобразователя интегральной МХ является **функция преобразования** СИ. Она может быть задана в виде формулы, таблицы или графика, которые представляют номинальную функцию преобразования СИ $Z_o = f(Y)$.



Диапазон преобразований



Диапазон преобразований

Y – сигнал на входе преобразователя; Z – сигнал на выходе преобразователя;
 j – номинальная ступень квантования

Функция преобразования отдельного экземпляра СИ может быть представлена конкретной реализацией, которую называют **статической характеристикой** СИ или градуировочной характеристикой. Она также оформляется в виде таблицы или графика. Под градуировкой здесь понимают определение градуировочной характеристики СИ (не рекомендуемый термин — «тарировка СИ»). Градуировкой в узком смысле называют также нанесение отметок на шкалу прибора, что соответствует воспроизведению на

приборе номинальной функции преобразования СИ. Такому понятию градуировки соответствует технологическая операция нанесения шкалы.

Определение градуировочной характеристики нестандартизованного СИ и оформление ее на шкале прибора соответствует понятию градуировки как метрологического мероприятия, поскольку в этом случае используют полученные в ходе исследований конкретные реализации зависимостей между величинами на входе и на выходе средства измерений.

Анализ показывает, что функция преобразования с одинаковым успехом может использоваться в качестве метрологической характеристики как измерительного преобразователя, так и измерительного прибора.

Набор частных МХ измерительного преобразователя может включать такие номинальные характеристики, как **диапазон измерений** и **пределы измерений** или **диапазон и пределы преобразования**, **чувствительность СИ**, **вид выходного кода и число разрядов кода**, **цена единицы наименьшего разряда кода**, **номинальная ступень квантования**. Остальные МХ выбирают из той же номенклатуры, что и для измерительных приборов.

Диапазон измерений – область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности средства измерений.

Для измерительных преобразователей диапазон измерений может вообще не устанавливаться, если он зависит не от самого преобразователя, а от устройств, с которыми он используется. Например, для таких измерительных преобразователей силы и деформаций как тензопреобразователи, диапазон измеряемых величин зависит от свойств применяемого упругого элемента, а не самого тензопреобразователя. Для предельных электроконтактных преобразователей диапазон измерений полностью зависит от конструкции стойки или скобы, в которую преобразователь установлен.

Для некоторых измерительных преобразователей диапазон измерений может ограничиваться их физическими свойствами. Это касается терморпар, фотоприемников лучистой энергии, емкостных и других преобразователей.

Пределы измерений (нижний и верхний) **соответствуют наименьшему и наибольшему значениям диапазона измерений**.

Для измерительных преобразователей могут использоваться и такие МХ как **диапазон и пределы преобразований**, которыми ограничена функция преобразования.

Чувствительность СИ характеризует отношение сигнала на выходе измерительного преобразователя, отображающего измеряемую величину, к вызывающему его сигналу на входе преобразователя.

Для преобразователей с дискретным (цифровым, числовым) устройством выдачи измерительной информации вместо диапазона и пределов измерений или преобразований приходится использовать такие МХ, как **вид выходного кода и число разрядов кода**. Эти МХ ограничивают сверху и снизу возможности выдачи сигнала измерительной информации.

Цена единицы наименьшего разряда кода или **номинальная ступень квантования**, если она больше цены единицы наименьшего разряда кода,

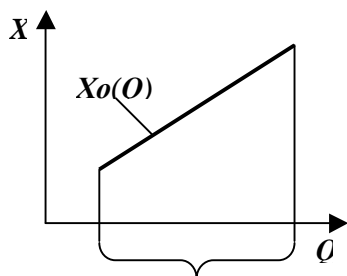
для устройств с дискретной выдачей измерительной информации ограничивает снизу фиксируемый уровень изменения входного сигнала.

Поскольку измерительные преобразователи выдают измерительную информацию в форме, не поддающейся непосредственному восприятию оператором, реальные значения их МХ обычно определяют с подключением к этим СИ устройств отображения информации, после чего они превращаются в измерительные приборы. Поэтому далее будем рассматривать оставшиеся метрологические характеристики этих СИ совместно с МХ измерительных приборов.

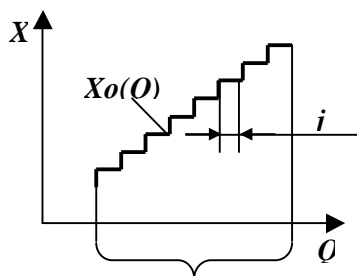
Для измерительных приборов с неименованными устройствами отображения информации или выходными устройствами, градуированными не в единицах измеряемой физической величины, **интегральной МХ является функция преобразования СИ**. Она может быть задана в виде формулы, таблицы или графика. Для конкретного экземпляра прибора может также использоваться и градуировочная характеристика.

Частные номинальные метрологические характеристики измерительного прибора включают:

- **диапазон измерений**;
- **пределы измерений (нижний и верхний)**;
- **диапазон показаний** – область значений шкалы, ограниченная конечным и начальным значениями шкалы. Иногда используют также термины "диапазон шкалы" и "пределы шкалы", которые особенно удобны для характеристики приборов с несколькими парами устройств шкала-указатель. Для приборов с дискретным (цифровым, числовым) устройством отображения измерительной информации диапазон показаний определяется видом выходного кода и числом разрядов кода;
- **цена деления шкалы** или для приборов с дискретным (цифровым) устройством отображения измерительной информации – **цена единицы наименьшего разряда кода** либо **номинальная ступень квантования**, если она больше цены единицы наименьшего разряда кода.



Диапазон измерений



Диапазон измерений

Q – сигнал на входе прибора (ФВ); X – сигнал на выходе (показания) прибора;
 j – номинальная ступень квантования

В характеристики погрешностей измерительного прибора или преобразователя входят:

- значение погрешности СИ (если доминирующей составляющей является случайная составляющая погрешности, а не исключенной систематической погрешностью СИ можно пренебречь);
- значение случайной составляющей погрешности СИ;
- значение среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности СИ;
- значение среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности СИ и нормализованная автокорреляционная функция или функция спектральной плотности случайной составляющей погрешности СИ;
- значение случайной составляющей погрешности СИ от гистерезиса (от вариации выходного сигнала);
- значение систематической составляющей погрешности СИ;
- значение систематической составляющей погрешности СИ, *или* значение среднего квадратического отклонения систематической составляющей погрешности СИ и математическое ожидание систематической составляющей погрешности СИ.

При определении оценок систематической составляющей погрешности СИ необходимо учитывать, что *систематические составляющие конкретного экземпляра СИ рассматриваются как случайные величины на множестве СИ данного типоразмера.*

Устанавливать значения среднего квадратического отклонения и математического ожидания систематической составляющей погрешности СИ целесообразно только в тех случаях, когда можно пренебречь их изменением во времени или при возможности выявления функции изменения данных характеристик при определенных значениях аргументов (например, влияющих величин).

Характеристики чувствительности СИ к влияющим величинам:

- функции влияния ФВ — зависимость изменения МХ СИ от изменения влияющей величины или от изменения совокупности влияющих величин;
- изменения значений МХ СИ, вызванные изменениями влияющих величин в установленных пределах.

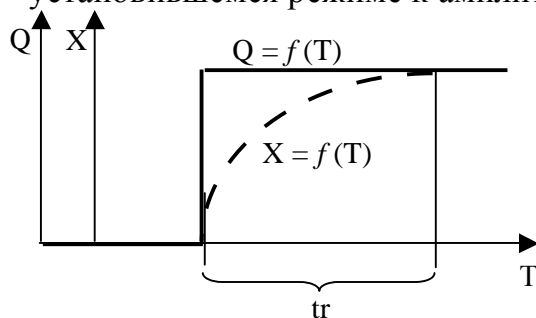
Характеристики средств измерений, отражающие способность влиять на инструментальную составляющую погрешности измерений вследствие взаимодействия СИ с любым подключенным к их входу или выходу компонентам (таких, как объект измерений, дополнительное средство измерений и т.п.). Примерами характеристик этой группы являются входной и выходной импедансы линейного измерительного преобразователя.

Динамические характеристики, входящие в МХ конкретного средства измерений, делятся на *полную динамическую характеристику* и *частные динамические характеристики*.

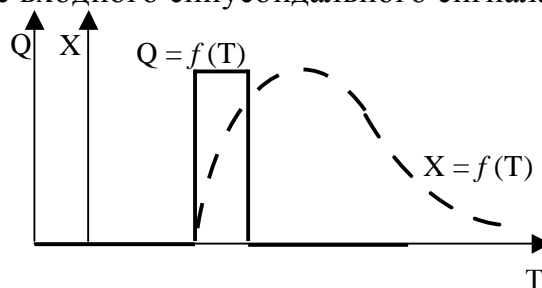
Примеры полных динамических характеристик СИ:

- *переходная характеристика $h(t)$* – временная характеристика средства измерений, полученная при ступенчатом изменении входного сигнала;

- **импульсная переходная характеристика $g(t)$** – временная характеристика средства измерений, получаемая при в результате приложения ко входу средства измерений входного сигнала в виде дельта-функции (функции Дирака);
- **амплитудно-частотная характеристика $A(\omega)$** – зависящее от круговой частоты отношение амплитуды выходного сигнала линейного СИ в установившемся режиме к амплитуде входного синусоидального сигнала.



Переходная характеристика



Импульсная переходная характеристика

Частные динамические характеристики аналоговых СИ, которые можно рассматривать как имеющие линейную функцию преобразования, – любые функционалы или параметры полных динамических характеристик. Примерами таких характеристик являются:

- **время реакции t_r** (для измерительного преобразователя – время установления выходного сигнала, для показывающего измерительного прибора – время установления показаний);
- **погрешность датирования отсчета t_d аналого-цифрового преобразователя или цифрового измерительного прибора** – случайная величина – интервал времени, начинающийся в момент начала цикла преобразования АЦП или ЦИП и заканчивающийся в момент, когда значение изменяющейся измеряемой ФВ и значение выходного цифрового сигнала в данном цикле преобразования оказались равны;
- **максимальная частота (скорость) измерений f_{max}** .

Дополнительными метрологическими характеристиками СИ могут быть **неинформативные параметры выходного сигнала средства измерений**. Например, для устройств с электрическим преобразованием измерительной информации в выходном каскаде принципиально важными являются сила или напряжение опорного электрического тока, который модулируется для получения соответствующего сигнала.

Для разработчиков СИ могут понадобиться такие МХ СИ, которые обычно не входят в нормируемый комплекс, но должны быть учтены при проектировании, например:

Длина деления шкалы – расстояние между осями или центрами двух соседних отметок шкалы, измеренное вдоль базовой линии.

Порог чувствительности СИ, который характеризуется наименьшим изменением измеряемой величины, вызывающей заметное изменение

выходного сигнала средства измерений. Порогом чувствительности определяется зона нечувствительности СИ.

Вариация показаний измерительного прибора – разность показаний прибора в одной и той же точке диапазона измерений при плавном подходе «справа» и «слева» к этой точке.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы: ознакомление с метрологическими характеристиками средств измерений, изучение методов получения (оценки значений) МХ СИ.

- Задачи:**
1. Классифицировать имеющиеся СИ по различным основаниям.
 2. Научиться определять основные метрологические характеристики выбранных СИ разных видов, включая аналоговые и цифровые приборы.
 3. Научиться строить номинальные функции преобразования и градуировочные характеристики различных СИ.

МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТЫ

Объекты измерений:

Детали типа тел вращения, пластин, призм, резисторы, источники постоянного тока.

Изменяемые параметры: линейные размеры, объем, масса, электрическое сопротивление, напряжение, сила тока.

Средства измерений:

Меры длины, угла, объема и массы (линейка измерительная, набор плоскопараллельных концевых мер длины, транспортир, сосуды измерительные, набор разновесов).

Накладные и станковые приборы для измерений длины (штангенциркуль, микрометр гладкий, микрометр рычажный или скоба рычажная, измерительные головки со штативом или стойкой и др.).

Весы для измерения массы взвешиванием.

Мультиметр или авометр для измерений электрических величин.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задание

1. Определить метрологические характеристики предложенных однозначных мер.
2. Определить метрологические характеристики предложенных многозначных мер, в том числе штриховых.
3. Определить интегральные и частные метрологические характеристики приборов.

Выполнение исследований

Некоторые метрологические характеристики СИ можно определить, изучив сами средства измерений или документацию на них. На однозначных мерах обычно указывают их номинальные значения, на шкалах приборов и штриховых мер можно прочесть нижний и верхний пределы, часто – цену

деления. Иногда на средствах измерений указывают класс точности. Очевидно, что при оценке метрологических характеристик ряда СИ можно обойтись без выполнения измерений, воспользовавшись информацией имеющейся на самом средстве измерений либо полученной из нормативных или справочных источников.

При необходимости более полного исследования метрологических характеристик производят измерения физических величин. В ходе измерений основное внимание необходимо уделять не результатам, а изучению метрологических характеристик СИ.

При построении номинальной статической характеристики можно воспользоваться эмпирическими или справочными данными, а для получения градуировочной характеристики следует разработать методику исследований и выполнить необходимые измерения. В частности, для получения градуировочной характеристики прибора можно измерять им заведомо более точные меры в нормальных условиях. Точность МВИ при исследовании выбирают в соответствии с поставленной измерительной задачей (см. лабораторную работу № 6).

Представительность результатов зависит от интервалов между контрольными точками, которые могут корректироваться в ходе измерительного эксперимента. Значения мер должны распределяться на весь диапазон измерений прибора, причем число и расположение контрольных точек определяют в зависимости от конструктивных особенностей прибора и от результатов предварительных исследований. Если при исследованиях обнаруживают закономерности отклонений градуировочной характеристики прибора от номинальной функции преобразования, методику корректируют для получения уточненного представления об искажениях. Например, при наличии моды обычно сеть контрольных точек делают гуще в области ее ожидания. При отсутствии точек перегиба и тенденций изменения отклонений, в условиях монотонных изменений точки можно располагать более редко. Так, при явно выраженной мультипликативной погрешности интервалы могут быть сравнительно большими, а при наложении на нее периодической составляющей интервалы необходимо уменьшить до доли периода. При возможности градуировочную характеристику прибора исследуют на наличие гистерезисной составляющей погрешности. Для этого каждую из величин последовательно измеряют при изменении показаний прибора в двух противоположных направлениях (с большего на меньшее и с меньшего на большее значения показаний).

Для определения чувствительности СИ можно воспользоваться теми же данными, которые были получены для построения номинальной статической характеристики или (для аналоговых приборов) разделить длину деления на цену деления. Длина деления оценивается прямыми или косвенными измерениями, выполняемыми с помощью линейки. При расчете круговой базовой линии шкалы следует ориентироваться на длину окружности, проходящей через середины отметок шкалы (для шкал со штриховыми отметками это середины самых коротких штрихов).

При необходимости определить порог чувствительности СИ или вариацию показаний СИ (в том числе от гистерезиса – Н), разрабатывают такие специальные МВИ, погрешности которых не превышают определенной доли искомых значений.

Оформление результатов работы

Результаты работы оформляют в виде таблиц, графиков и текстовых описаний. Недоступные данные в таблице представляют прочерком.

Описание методики исследований, применяемой для определения метрологических характеристик, должно включать методику выполнения измерений, характеристику вида и метода измерений, наименование применяемых для оценки МХ средств измерений и их основные метрологические характеристики. При необходимости описание дополняется схемой измерения.

Пример описания методики исследований градуировочной характеристики пружинного динамометра: Динамометр исследуют путем взвешивания гирь 3 кл. точности. Расположение контрольных точек равномерное по всему диапазону от 0 до 10 кг через 2 кг, за исключением участка (0...1) кг, на котором контрольные точки располагаются через каждые 0,2 кг. Взвешивание всех мер повторяют дважды (вначале последовательно нагружают, затем разгружают весы) для выявления гистерезисных явлений.

Таблица 1
МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕР

Наименование	Номинальное значение/значения	Погрешность Δ	Примечание
Мера угловая концевая однозначная	30° 15'	30"	--
Мера угловая многозначная штриховая (транспортёр)	0° ... 180°	--	Мера не является рабочим СИ и Δ не нормирована

Таблица 2
МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНАЛОГОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Наименование прибора	Диапазон / поддиапазоны измерений	Диапазон / диапазоны показаний	Цена деления шкалы/ шкал	Погрешность /погрешности
Оптикатор на стойке С-1	(0...160) мм	(-50...+50) мкм	0,5 мкм	0,2 мкм на 100 делен.; 0,4 мкм на всем диапазоне

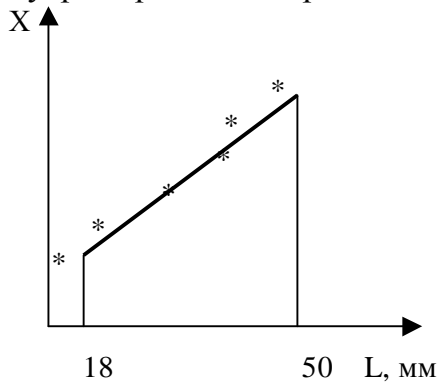
Таблица 3

**МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИФРОВЫХ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ**

Наименование прибора	Диапазон/ поддиапазоны измерений	Выходной код			Погрешность/ погрешности
		вид кода	число разрядов	номинальная ступень квантования /цена единицы наим. разряда	
1. Длинномер вертикальный цифровой	(0...200) мм	десятичн	6	1 мкм/1 мкм	1,5 мкм

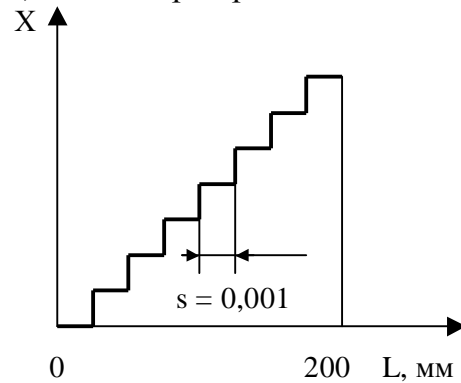
**НОМИНАЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И
ГРАДУИРОВОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ
ПРИБОРОВ**

а) нутромер индикаторный



* – точки градуировочной характеристики СИ

б) длинномер вертикальный цифровой



s - номинальная ступень квантования

Вывод: градуировочная характеристика нутромера индикаторного не имеет явно выраженных закономерностей. Случайные отклонения не превышают (указать значения).

Отчет о лабораторной работе № 8

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Цель работы: ознакомление с метрологическими характеристиками средств измерений, изучение методов получения (оценки значений) МХ СИ.

Задачи работы:

1. Классифицировать имеющиеся СИ по разным основаниям.
2. Научиться определять основные метрологические характеристики выбранных СИ разных видов, включая аналоговые и цифровые приборы.
3. Научиться строить номинальные функции преобразования и градуировочные характеристики различных СИ.

Таблица 1

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕР

Наименование	Номинальное значение/значения	Погрешность Δ	Примечание

Таблица 2

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНАЛОГОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Наименование прибора	Диапазон / поддиапазоны измерений	Диапазон /диапазоны показаний	Цена деления шкалы/ шкал	Погрешность /погрешности

Таблица 3

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИФРОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Наименование прибора	Диапазон/ поддиапазоны измерений	Выходной код			Погрешность/ погрешности
		вид кода	число разрядов	номинальная ступень квантования /цена единицы наим. разряда	

НОМИНАЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ГРАДУИРОВочНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Описание методик исследования



Выводы:

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

5.1 График самостоятельной учебной работы студентов

Номер недели	Номер темы	Самостоятельная работа студентов		Формы контроля
		Содержание	час.	
1	2	3	4	5
1	1	Шкала измерений. Основные типы шкал измерений. Сравнительный анализ шкал измерений. Шкалы измерений времени и температуры.	4	Экзамен.
2	1	Эталон. Классификация эталонов. Эталоны единиц основных величин SI.	4	Экзамен.
3	1	Предварительная подготовка к лабораторным занятиям.	2	Проверка отчета и защита лабораторной работы. Экзамен.
4	1	Улучшение точности СИ.	2	Экзамен.
5	1	Предварительная подготовка к лабораторным занятиям и составление отчета по выполненной лабораторной работе.	2	Проверка отчета и защита лабораторной работы. Экзамен.
6	1	Применение микропроцессоров в СИ.	2	Экзамен.
7	2	Передача единицы измерения. Государственная поверочная схема. Локальные схемы передачи единицы измеряемой величины Предварительная подготовка к лабораторным занятиям и составление отчета по выполненной лабораторной работе.	4	Проверка отчета и защита лабораторной работы. Экзамен.
8	2	Утверждение типа СИ. Поверка, калибровка. Запас по точности. Доверительная вероятность поверки, калибровки.	4	Экзамен.
9	2	Предварительная подготовка к лабораторным занятиям и составление отчета по выполненной лабораторной работе.	2	Проверка отчета и защита лабораторной работы. Экзамен.
10	2	Закон « Об обеспечении единства измерений». Цель и основные задачи. Зоны распространения ГМК.	2	Экзамен.

1	2	3	4	5
11	3	Закон «О техническом регулировании». Технические регламенты. Назначение, содержание, применение и виды ТР. Предварительная подготовка к лабораторным занятиям и составление отчета по выполненной лабораторной работе.	4	Экзамен. Проверка отчета и защита лабораторной работы.
12	3	Порядок разработки, принятия, изменения и отмены ТР. Ответственность за невыполнение ТР.	4	Экзамен.
13	4	Предварительная подготовка к лабораторным занятиям и составление отчета по выполненной лабораторной работе.	2	Экзамен. Проверка отчета и защита лабораторной работы.
14	3	Закон «О техническом регулировании». Правила разработки и утверждения национальных стандартов.	2	Экзамен.
15	3	Предварительная подготовка к лабораторным занятиям и составление отчета по выполненной лабораторной работе.	2	Экзамен. Проверка отчета и защита лабораторной работы.
16	4	Закон «О техническом регулировании». Ответственность за нарушение правил выполнения работ по сертификации.	2	Экзамен.
17	4	Предварительная подготовка к лабораторным занятиям и составление отчета по выполненной лабораторной работе.	2	Экзамен. Проверка отчета и защита лабораторной работы. Экзамен.
18	4	Закон «О техническом регулировании». Права и обязанности заявителя в области обязательного подтверждения соответствия	2	Экзамен.

5.2 Методические указания к выполнению и оформлению самостоятельной работы

1. Самостоятельная работа студентов заключается в самостоятельной проработке некоторых тем учебного материала по рекомендуемой литературе.
2. При самостоятельном изучении тем необходимо вначале прочитать рекомендуемую литературу и составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме. Конспект является отчетом по самостоятельной работе и предъявляется для проверки преподавателю (в течении семестра согласно графику и в конце семестра перед Экзаменом).
3. Отчет по самостоятельной работе выполнять ручкой с синей или черной пастой в школьной тетради. Для замечаний преподавателя оставить чистой первую страницу и поля на рабочих страницах тетради.
4. Работа по устранению замечаний преподавателя выполняется в той же тетради после проверенной работы под заголовком «Исправления и дополнения» и предоставляется на повторную проверку.
5. Студент должен быть готов во время Экзамена дать пояснения по существу вопросов, входящих в работу.
6. **При отсутствии отчета по самостоятельной работе студент к сдаче Экзамена не допускается.**

Рекомендуемая литература Основная

1. Лифиц, И.М. Стандартизация, метрология и сертификация. М: Юрайт.– 2004.
2. Сергеев, А.Г., М. В. Латышев, В. В. Терегеря. Метрология, стандартизация, сертификация. М.: Логос, 2001.
3. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений», 1993.
4. Федеральный закон «О техническом регулировании», 2003.

Дополнительная

1. Никифоров А. Д. Метрология, стандартизация, сертификация. М.: «Высшая школа», 2003.
2. Крылова, Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии: Учеб. для вузов: - М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2000.
3. Российская метрологическая энциклопедия. Гл. ред. Ю.В. Тарбеев. - СПб.: Лики России, 2001.
4. Афонина А.В., Курноскина О.Г., Мизюн Н.В. Комментарий к Федеральному закону «О техническом регулировании» (постатейный)/ Под ред. А.Н. Гришечкина. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2005.

6. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Метрология. Предмет и задачи метрологии. Направления развития современной метрологии.
2. Свойства и величины. Классификация величин.
3. Физическая величина (ФВ). Значение ФВ. Единицы измерения ФВ. Понятие размерности ФВ.
4. Шкала измерений. Основные типы шкал и их сравнительный анализ.
5. Принципы построения системы единиц. Международная система единиц (SI), ее достоинства и недостатки. Кратные и дольные единицы измерения.
6. Измерение. Элементы измерительной процедуры. Структурная схема взаимосвязи элементов процесса измерения.
7. Виды и методы измерений, их классификация и краткая характеристика.
8. Средство измерений (СИ). Классификация СИ. Структура и основные компоненты СИ.
9. Основные нормируемые характеристики СИ, их классификация.
10. Статические и динамические характеристики и параметры СИ.
11. Структура и принцип работы электроизмерительных приборов.
12. Измерительные преобразователи. Назначение ИП. Электрические измерения неэлектрических величин.
13. Информационно-измерительные системы, их классификация. Структуры ИИС.
14. Результат измерения. Истинное и действительное значение измеряемой ФВ. Погрешность результата измерения.
15. Классификация погрешностей измерения.
16. Случайная погрешность измерений. Способы обнаружения, учета и устранения.
17. Систематическая погрешность измерений. Способы обнаружения, учета и устранения.
18. Формирование результата измерения. Обработка результатов прямых и косвенных измерений. Правила округления результатов и погрешностей измерений.
19. Методика выполнения измерений. Назначение МВИ. Содержание документа на МВИ.
20. Эталон. Классификация эталонов.
21. Эталоны единиц основных величин SI.
22. Метрологическое обеспечение: объекты и основы.
23. ГСИ. Основные объекты и задачи.
24. Закон РФ «Об обеспечении единства измерений». Основные цели и задачи.
25. Структура и функции метрологической службы предприятий, организаций, учреждений, являющихся юридическими лицами.
26. Стандартизация, её сущность и задачи. Научная база стандартизации.

- 27.Федеральный закон «О техническом регулировании». Принципы стандартизации.
- 28.Федеральный закон «О техническом регулировании». Органы и службы по стандартизации, их функции.
- 29.Федеральный закон «О техническом регулировании». Правила разработки и утверждения национальных стандартов.
- 30.Федеральный закон «О техническом регулировании».. Назначение, содержание, применение и виды технических регламентов. Порядок разработки, принятия, изменения, и отмены ТР. Ответственность за невыполнение ТР.
- 31.Научная база стандартизации.
- 32.Государственный контроль (надзор) за соблюдением требований государственных стандартов.
- 33.Основные цели и объекты сертификации. Международные и национальные стандарты и руководства в области сертификации.
- 34.Организационная структура государственной системы сертификации.
- 35.Схемы сертификации, рекомендованные ИСО, используемые в российских правилах сертификации. Содержание и отличительные признаки каждой схемы.
- 36.Концепция совершенствования системы сертификации и перехода к механизму подтверждения соответствия.
- 37.Системы обязательной сертификации. Цель систем обязательной сертификации.
- 38.Добровольная сертификация. Системы добровольной сертификации. Правила и процедуры системы добровольной сертификации.
- 39.Правила и порядок поведения сертификации.
- 40.Обязанности и функции органа по сертификации.
- 41.Ответственность за нарушение правил выполнения работ по сертификации.
- 42.Права и обязанности заявителя в области обязательного подтверждения соответствия.

7. ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ БИЛЕТЫ

7.1. Общие положения.

Экзаменационные билеты составляются ежегодно на основе экзаменационных вопросов и утверждаются на заседании кафедры. Билет формируется в виде двух теоретических вопросов на разные темы и одной задачи на одну из тем практических занятий.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие и защитившие лабораторные работы, выполнившие программу практических занятий и самостоятельной работы по дисциплине. В порядке исключения к экзамену может также быть допущен студент, не выполнивший в общей сложности одну или две лабораторные или практические работы, в этом случае он отвечает на дополнительные вопросы по теме этих работ. Для подготовки ответа студенту отводится 40 мин.

В пункте 7.2 приведены примеры формирования экзаменационных билетов.

7.2. Примеры экзаменационных билетов

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
«___» _____ 2007 г.

Кафедра АПП и Э
Факультет Энергетический

Заведующий кафедрой

Курс 3, спец. 220301

Утверждаю: _____

Дисциплина «Метрология,
стандартизация и сертификация»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1

1. Метрология. Предмет и задачи метрологии. Направления развития современной метрологии.
2. Федеральный закон «О техническом регулировании». Принципы стандартизации.
3. Задача

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
«___» _____ 2007 г.

Кафедра АПП и Э
Факультет Энергетический

Заведующий кафедрой

Курс 3, спец. 220301

Утверждаю: _____

Дисциплина «Метрология,
стандартизация и сертификация»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №2

1. Свойства и величины. Классификация величин. Физическая величина (ФВ). Значение ФВ. Единицы измерения ФВ. Понятие размерности ФВ.
2. Организационная структура государственной системы сертификации.
3. Задача.

8. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

8.1 Методические рекомендации

Контроль знаний проводится для оценки уровня подготовки студентов и осуществляется в трех видах: входной контроль, промежуточный контроль, контроль остаточных знаний.

На первом занятии проводится входной контроль остаточных знаний по математике и электротехнике. Входной контроль по математике предусматривает решение трех задач по темам: «Матричные уравнения», «Линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами», «Определенные интегралы». Входной контроль по электротехнике проводится в тестовой форме.

Промежуточный контроль знаний студентов по дисциплине предусматривает две контрольные точки, оценки по которым выставляются с учетом оценок полученных при защите лабораторных работ, по результатам проверки самостоятельной работы, а также оценок за решение индивидуальных задач на практических занятиях. Результаты фиксируются в журналах успеваемости и учитываются при допуске к сдаче экзамена.

Тесты для проверки остаточных знаний (после окончания изучения дисциплины) могут быть использованы во время самоаттестации и аттестации вуза, а также в качестве входного контроля знаний для последующих специальных дисциплин.

В пунктах 8.2 и 8.3 приводятся примеры вариантов заданий для входного контроля и проверки остаточных знаний соответственно.

8.2 Входной контроль знаний

Пример контрольного задания по математике

1. Решить систему уравнений матричным способом

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + x_3 = 4; \\ -2x_1 + x_2 - 3x_3 = 2; \\ 3x_1 - x_2 + 2x_3 = 1. \end{cases}$$

2. Решить дифференциальное уравнение

$$\frac{d^2y}{dt^2} + 2\frac{dy}{dt} + y = 5x + 1.$$

$$\text{при } y(0) = \frac{dy}{dt}(0) = 0.$$

3. Найти значение интеграла

$$\int_0^1 xe^{-2x} dt.$$

Пример теста по электротехнике

К каждому заданию даны несколько ответов, из которых только один верный. Выполнив задание, выберите верный ответ и укажите его номер в бланке ответов.

1. Как называется точка электрической цепи, где соединяются 3 и более ветви?

- а) контур б) узел в) ячейка г) сечение д) участок

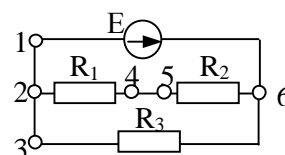
2. Как определяется эквивалентное сопротивление цепи при последовательном соединении проводников?

а) $R_{\text{экв}} = \sqrt{R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_n^2}$ б) $R_{\text{экв}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ в) $R_{\text{экв}} = R_1 = R_2 = \dots = R_n$

г) $R_{\text{экв}} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{R_1 \cdot R_2 \cdot \dots \cdot R_n}$ д) $\frac{1}{R_{\text{экв}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$

3. К каким точкам следует подключить вольтметр, если необходимо измерить напряжение на резисторе сопротивлением R2?

- а) 1–2 б) 2–4 в) 4–5
г) 2–3 д) 5–6



4. Из предложенных вариантов выберите выражение, определяющее закон Ома для цепи переменного тока?

а) $u = U_m \sin \omega t$ б) $I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X^2}}$ в) $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

г) $I = \sum_{i=1}^n I_i$ д) $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

5. Как в электрических схемах обозначается катушка индуктивности?

- а) б) в) г) д)

6. Как определяется реактивная мощность потребляемая цепью переменного тока?

а) $IU \cdot \sin \varphi$ б) $IU \cdot \cos \varphi$ в) IU г) $IU \cdot \operatorname{tg} \varphi$ д) $IU \cdot \operatorname{ctg} \varphi$

7. Для измерения какой физической величины предназначен прибор, на шкале которого имеется обозначение W ?

- а) Напряжения. б) Сопротивления. в) Электроэнергии.
г) Силы тока. д) Активной мощности.

8. При подключении к сети с напряжением 220 В через лампу протекает ток 1,25 А. Какова мощность лампы?

- а) 218,75 Вт б) 140,8 Вт в) 275 Вт г) 176 Вт д) 343,75 Вт

9. Определить значение тока в цепи по показанию амперметра с пределом измерения 2,5 А, если шкала прибора имеет 100 делений. Стрелка указывает на 60-е деление.

- а) 1 А б) 0,25 А в) 1,2 А г) 0,6 А д) 1,5 А

10. Установите соответствие между физическими величинами и их обозначениями.

Обозначения	Физические величины
1. Q	а. Полная мощность
2. U	б. Активная мощность
3. S	в. Реактивная мощность
4. P	г. Активное сопротивление
5. R	д. Напряжение

8.3. Тестовое задание для проверки остаточных знаний

- К основным единицам Международной системы СИ не относятся:
 - кулон
 - кельвин
 - секунда
- В каких единицах в системе СИ измеряется сила света
 - в люменах
 - в канделах
 - в люксах
- Какие измерения называются прямыми?
 - в которых искомое значение находят непосредственно их опытных данных сравнением данной величины с мерой этой величины
 - в которых искомое значение находят непосредственно их опытных данных.
 - в которых искомое значение находят их опытных данных.
- Какое утверждение не является постулатом теории измерений?
 - истинное значение измеряемой величины постоянно
 - существует несоответствие измеряемой величины исследуемому свойству объекта
 - истинное значение физической величины определяется опытным путем.
- В чем измеряется абсолютная погрешность?
 - в процентах
 - в единицах измеряемой величины
 - в относительных единицах
- Погрешность средства измерений – это
 - класс точности средства измерений, выраженный в единицах измеряемой величины
 - разность между двумя значениями измерений одной и той же величины
 - разность между показаниями средства измерений и истинным значением

7. Для какой случайной величины можно найти дифференциальный закон распределения вероятностей?
- а) для дискретной случайной величины
 - б) для непрерывной случайной величины
 - в) для любой случайной величины
8. Математическое ожидание неслучайного числа равно
- а) самому числу
 - б) нулю
 - в) корню квадратному из числа
9. Случайной называется величина
- а) которая в результате опыта может принять то или иное значение
 - б) которая изменяется во времени
 - в) закон изменения которой неизвестен
10. Дисперсия равна ...
- а) квадрату математического ожидания
 - б) квадрату среднего квадратического отклонения
 - в) сумме квадратов математического ожидания и среднего квадратического отклонения.
11. Стандартизация – это деятельность по установлению норм, правил и характеристик в целях обеспечения
- а) единства стоимости продукции;
 - б) единства измерений;
 - в) конкуренции между производителями.
12. В чем основное отличие систем стандартизации в России и за рубежом?
- а) за рубежом применение стандартов носит добровольный характер;
 - б) за рубежом применение стандартов носит обязательный характер;
 - в) за рубежом применение стандартов носит рекомендательный характер.
13. Документы в области стандартизации оформляются в виде
- а) нормативных документов;
 - б) методических рекомендаций;
 - в) Законов РФ.
14. Один из принципов стандартизации – это
- а) разработка документов по стандартизации на основе консенсуса всех заинтересованных сторон;
 - б) разработка документов по стандартизации на основе обеспечения интересов потребителей;
 - в) разработка документов по стандартизации на основе обеспечения интересов производителей продукции, работ и услуг.
15. Какой Закон РФ входит в законодательную базу ГСС?
- а) «О стандартизации»;
 - б) «О техническом регулировании»;
 - в) «О сертификации продукции и услуг».

- 16.** Обозначение государственного стандарта состоит из
- а) индекса, регистрационного номера и отделенных тире цифр, обозначающих год принятия ГОСТ
 - б) индекса, регистрационного номера и отделенных тире двух последних цифр, обозначающих год принятия ГОСТ
 - в) индекса, цифр, обозначающих год принятия ГОСТ
- 17.** Технические условия разрабатываются в том случае, когда
- а) стандарт создать невозможно
 - б) стандарт создавать нецелесообразно
 - в) возможно совместное действие стандарта и технических условий
- 18.** Основное назначение стандарта предприятия – это ...
- а) решение внутренних задач предприятия
 - б) улучшение качества продукции
 - в) повышение конкурентной способности продукции
- 19.** Статус какого документа имеют технические условия?
- а) нормативного
 - б) технического
 - в) двойной статус
- 20.** Основными методами стандартизации являются:
- а) унификация, типизация, агрегатирование
 - б) унификация построения параметрических рядов, типизация, агрегатирование
 - в) унификация построения рядов, типизация, агрегатирование, создание узлов.
- 21.** Процедура, посредством которой третья сторона дает письменную гарантию, что продукция, процесс, услуга соответствует заданным требованиям, называется
- а) стандартизация
 - б) сертификация
 - в) аттестация
- 22.** Оценка соответствия это ..
- а) деятельность по установлению норм, правил и характеристик в целях обеспечения единства измерений
 - б) техническая операция, заключающаяся в определении одной или нескольких характеристик данной продукции в соответствии с установленной процедурой по принятым правилам
 - в) систематическая проверка степени соответствия заданным требованиям
- 23.** Процедура сертификации производства осуществляется по правилам установленным
- а) Государственной метрологической службой
 - б) Госстандартом РФ
 - в) испытательной лабораторией

- 24.** Составление заявки на проведение сертификации является функцией ...
- а) изготовителя продукции
 - б) испытательной лаборатории
 - в) органа по сертификации
- 25.** Основным аспектом обязательной сертификации являются
- а) практичность и экономичность
 - б) безопасность и экологичность
 - в) практичность и эстетичность

9. КРИТЕРИЙ ЭКЗАМЕНАЦИОННОЙ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

Оценка	Полнота, системность, прочность знаний	Обобщенность знаний
«Отлично»	Изложение полученных знаний в устной или письменной форме полное, в системе, в соответствии с требованиями учебной программы; допускаются единичные несущественные ошибки, самостоятельно исправляемые студентами.	Выделение существенных признаков изученного с помощью операций анализа и синтеза; выявление причинно-следственных связей; формулировка выводов и обобщений; свободное оперирование известными фактами и сведениями с использованием сведений из других предметов.
«Хорошо».	Изложение полученных знаний в устной или письменной форме полное, в системе, в соответствии с требованиями учебной программы; допускаются отдельные несущественные ошибки, исправляемые студентами после указания преподавателя на них.	Выделение существенных признаков изученного с помощью операций анализа и синтеза; выявлений причинно-следственных связей; формулировка выводов и обобщений, в которых могут быть отдельные несущественные ошибки; подтверждение изученного известными фактами и сведениями.
«удовл»	Изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего программного материала; допускаются отдельные существенные ошибки, исправление с помощью преподавателя.	Затруднения при выполнении существенных признаков изученного, при выявлении причинно-следственных связей и формулировке выводов.
«неуд.»	Изложение учебного материала неполное, бессистемное, что препятствует усвоению последующей учебной информации; существенные ошибки, неисправляемые даже с помощью преподавателя.	Бессистемное выделение случайных признаков изученного; неумение производить простейшие операции анализа и синтеза; делать обобщения, выводы.