МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Физические методы контроля»

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

Методические указания к практическим занятиям для студентов специальности 7-06-0716-03 «Приборостроение» очной и заочной форм обучения

Могилев 2025

УДК 53.08
ББК 31.21
Н37

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Физические методы контроля» «24» апреля 2025 г., протокол № 7

Составитель канд. техн. наук, доц. Н. В. Герасименко

Рецензент канд. физ.-мат. наук, доц. С. О. Парашков

В методических рекомендациях приведены краткие теоретические сведения, а также темы докладов к практическим занятиям по курсу «Научно-техническое обеспечение измерений».

Учебное издание

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

Ответственный за выпуск	А. В. Хомченко
Корректор	А. А. Подошевко
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 16 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2025

Содержание

Введение 4
1 Практическое занятие № 1. Изучение закономерностей подобия 5
2 Практическое занятие № 2. Изучение передаточных характеристик и моделей измерительных устройств 6
3 Практическое занятие № 3. Исследование шумов и естественных пределов измерений в измерительных системах 7
4 Практическое занятие № 4. Изучение научно-технического обеспечения измерений времени 8
5 Практическое занятие № 5. Изучение научно-технического обеспечения контроля геометрических свойств объектов 8
6 Практическое занятие № 6. Изучение принципов оптических измерений и оптических методов контроля 9
7 Практическое занятие № 7. Изучение применений лазеров и лазерной техники в задачах измерений 10
8 Практическое занятие № 8. Изучение принципов измерения температуры и тепловых полей 11
9 Практическое занятие № 9. Изучение принципов измерения электрических величин 12
10 Практическое занятие № 10. Изучение принципов измерения параметров электрических полей 13
11 Практическое занятие № 11. Изучение принципов измерения параметров магнитных полей 14
12 Практическое занятие № 12. Изучение принципов обеспечения электромагнитной совместимости 15
13 Практическое занятие № 13. Изучение принципов измерения параметров акустических полей в задачах неразрушающего контроля и акустики помещений 16
14 Практическое занятие № 14. Изучение принципов измерений в атомной энергетике 17
15 Практическое занятие № 15. Изучение обеспечения измерений в задачах радиационного неразрушающего контроля 18
16 Практическое занятие № 16. Компьютерные технологии и измерительные задачи 19
17 Практическое занятие № 17. Искусственный интеллект в измерительных системах 20
18 Практическое занятие № 18. Анализ задач оптимизации в измерительной технике. Методы планирования эксперимента 21
19 Практическое занятие № 19. Квантовые измерения и будущее измерительной техники 22
Список литературы 23

Введение

В современном мире развитие науки и техники невозможно представить без точных и надежных измерений, являющихся основой для создания инновационных приборов, систем автоматизации и управляемых процессов. Освоение методов и средств научно-технического обеспечения измерений является ключевым компонентом профессиональной подготовки студентов углубленного высшего образования по специальности «Приборостроение». Содержание учебной дисциплины ориентировано на формирование глубокого понимания современных технологий измерений, методов их реализации и анализа, а также на развитие навыков проектирования и эксплуатации измерительных систем. Владение этими знаниями обеспечит будущим инженерам возможность создавать высокоточные приборы и системы, способные удовлетворять требования передовых научных исследований и промышленного производства, что является важнейшей задачей развития современной приборостроительной отрасли.

1 Практическое занятие № 1. Изучение закономерностей подобия

1.1 Методические указания для подготовки к занятию

Для успешной подготовки к занятию рекомендуется изучить основы теории подобия (геометрическое, кинематическое, динамическое), проанализировать критерии подобия в механике и гидродинамике (Рейнольдса, Фруда, Эйлера), проанализировать, как критерии подобия применяются в экспериментальных исследованиях.

Примерные темы докладов

1 Основы теории подобия: история и современное применение.
2 Виды подобия: сравнение и примеры.
3 Критерии подобия в гидродинамике.
4 Применение в аэродинамических испытаниях.
5 Моделирование тепловых процессов.
6 Подобие в механике деформируемого тела.
7 Подобие в задачах неразрушающего контроля и диагностики.
8 Методы масштабирования конструкций.
9 Ограничения теории подобия.
10 Применение в биомеханике и биомедицинской технике.
11 Цифровое моделирование и подобие, использование искусственного интеллекта.

Контрольные вопросы

1 Какие виды подобия существуют?
2 Сформулируйте основные теоремы подобия.
3 Что такое критерий подобия? Примеры.
4 Как число Рейнольдса характеризует течение?
5 Почему важно число Фруда для свободной поверхности?
6 Применение подобия в теплообмене.
7 Какие параметры учитывать при переходе к натуре?
8 Ограничения теории подобия.
9 Влияние масштабных коэффициентов.
10 Современные методы дополняющие теорию подобия.

2 Практическое занятие № 2. Изучение передаточных характеристик и моделей измерительных устройств

2.1 Методические указания

Для успешной подготовки к занятию рекомендуется ознакомиться с понятием передаточной характеристики измерительных устройств, проанализировать математические модели измерительных преобразователей, используемых в неразрушающем контроле и электромеханических системах, изучить их статические и динамические характеристики, границы применимости линейных моделей. Изучить методы экспериментального определения характеристик измерительных преобразователей.

Примерные темы докладов

1 Основные виды передаточных характеристик измерительных устройств.
2 Математические модели идеального и реального измерительного преобразователя.
3 Статические характеристики: чувствительность, порог чувствительности.
4 Динамические характеристики и переходные процессы.
5 Методы линеаризации нелинейных характеристик.
6 Влияние внешних факторов на передаточные характеристики.
7 Цифровая обработка передаточных характеристик.
8 Метрологические требования к передаточным характеристикам.
9 Калибровка и поверка по передаточным характеристикам.
10 Современные методы моделирования измерительных устройств.

Контрольные вопросы

1 Дайте определение передаточной характеристики измерительного устройства.
2 Какие виды математических моделей измерительных устройств вы знаете?
3 Чем отличаются статические и динамические характеристики?
4 Как определяется чувствительность измерительного устройства?
5 Что такое порог чувствительности и как он определяется?
6 Какие методы линеаризации характеристик применяются на практике?
7 Как внешние факторы влияют на передаточные характеристики?
8 Какие требования предъявляются к передаточным характеристикам?
9 Как проводится поверка по передаточным характеристикам?
10 Какие современные методы моделирования измерительных устройств наиболее перспективны?

3 Практическое занятие № 3. Исследование шумов и естественных пределов измерений в измерительных системах

3.1 Методические указания

Для успешной подготовки к занятию рекомендуется проанализировать природу и классификацию шумов в измерительных системах. Ознакомиться с фундаментальными физическими ограничениями точности измерений, термодинамическими и квантовыми пределами измерений, а также методами анализа и фильтрации шумов в измерительных системах.

Примерные темы докладов

1 Фундаментальные физические ограничения точности измерений.
2 Квантовые шумы и принцип неопределенности Гейзенберга.
3 Термические шумы и предел Джонсона – Найквиста.
4 Дробовой шум в электронных измерениях.
5 Методы выделения полезного сигнала на фоне шумов.
6 Квантовые пределы в оптических измерениях.
7 Практические примеры достижения пределов точности.
8 Современные методы подавления шумов.
9 Алгоритмы цифровой обработки шумовых сигналов.
10 Перспективы преодоления естественных пределов измерений.

Контрольные вопросы

1 Какие виды шумов вы знаете?
2 Как принцип неопределенности Гейзенберга ограничивает точность измерений?
3 В чем заключается предел Джонсона – Найквиста?
4 Чем характеризуется дробовой шум в электронных цепях?
5 Какие методы фильтрации шумов наиболее эффективны?
6 Как квантовые эффекты влияют на оптические измерения?
7 Какие существуют практические ограничения точности измерений?
8 В чем преимущество квантовых методов подавления шумов?
9 Как цифровая обработка помогает бороться с шумами?
10 Какие перспективные направления преодоления естественных пределов существуют?

4 Практическое занятие № 4. Изучение научно-технического обеспечения измерений времени

4.1 Методические указания

Для успешной подготовки к занятию рекомендуется ознакомиться с физическими принципами измерения времени, исследовать эталоны времени и частоты, современные технологии хронометрии, методы передачи временных сигналов, а также принципы обеспечения точности и стабильность временных измерений.

Примерные темы докладов

1 Историческое развитие измерений времени.
2 Квантовые стандарты частоты: принципы работы.
3 Цезиевые и рубидиевые атомные часы.
4 Водородные мазеры как эталоны частоты.
5 Спутниковые системы временной синхронизации (GPS, ГЛОНАСС).
6 Оптические атомные часы: перспективы развития.
7 Методы передачи эталонных временных сигналов.
8 Применение точного времени в навигационных системах.
9 Временные шкалы TAI и UTC.
10 Квантовая метрология времени.

Контрольные вопросы

1 Какие физические процессы лежат в основе современных измерений времени?
2 Чем отличаются цезиевые и рубидиевые атомные часы?
3 Какие факторы влияют на стабильность атомных часов?
4 Как организована передача эталонных временных сигналов?
5 В чем преимущества оптических атомных часов?
6 Как спутниковые системы обеспечивают временную синхронизацию?
7 Чем отличаются временные шкалы TAI и UTC?
8 Где применяются сверхточные измерения времени?

5 Практическое занятие № 5. Изучение научно-технического обеспечения контроля геометрических свойств объектов

5.1 Методические указания

Для успешной подготовки к занятию рекомендуется проанализировать основные геометрические параметры и их нормирование, ознакомиться с современными методами контроля формы и расположения поверхностей,

включающими контактные и бесконтактные измерения, оптические и лазерные методы контроля геометрии, а также автоматизированные системы геометрического контроля.

Примерные темы докладов

1 Современные средства измерения линейных размеров.
2 Контроль формы поверхностей: методы и приборы.
3 Координатно-измерительные машины и их применение.
4 Лазерные интерферометры в геометрических измерениях.
5 Оптические профилометры и их метрологические характеристики.
6 Контроль шероховатости поверхности.
7 3D-сканирование в геометрическом контроле.
8 Автоматизированные измерительные комплексы.
9 Метрологическое обеспечение в машиностроении.
10 Перспективные технологии контроля геометрии.

Контрольные вопросы

1 Какие параметры характеризуют геометрические свойства объектов?
2 Чем отличаются контактные и бесконтактные методы измерений?
3 Как работают координатно-измерительные машины?
4 Каковы преимущества лазерных методов контроля геометрии?
5 Какие нормативные документы регламентируют геометрические измерения?
6 Как оценивают погрешности при контроле формы поверхностей?
7 Какие факторы влияют на точность 3D-сканирования?
8 Как организовано метрологическое обеспечение в производстве?
9 Какие современные тенденции в контроле геометрических параметров?
10 Как автоматизируются процессы геометрического контроля?

6 Практическое занятие № 6. Изучение принципов оптических измерений и оптических методов контроля

6.1 Методические указания

Для успешной подготовки к занятию рекомендуется повторить физические основы оптических измерений, классификация оптических методов контроля, ознакомиться с типовыми приборами для оптических измерений, методами обработки оптической информации, проанализировать применение оптических методов контроля в промышленности и научных исследованиях.

Примерные темы докладов

1 Интерферометрические методы измерений.
2 Голографические технологии контроля.
3 Лазерные измерительные системы.
4 Спектроскопические методы анализа.
5 Волоконно-оптические датчики.
6 Оптическая микроскопия высокого разрешения.
7 Методы цифровой обработки оптических изображений.
8 Тепловизионный контроль.
9 Оптические методы контроля качества поверхностей.
10 Оптоэлектронные системы измерений.

Контрольные вопросы

1 Каковы преимущества оптических методов измерений?
2 Как работает лазерный интерферометр?
3 Какие параметры можно измерить с помощью голографии?
4 Чем отличаются методы спектроскопии?
5 Каковы особенности волоконно-оптических датчиков?
6 Как цифровая обработка улучшает оптические измерения?
7 Каковы пределы разрешения оптической микроскопии?
8 Где применяются тепловизионные методы?
9 Как оценивают точность оптических измерений?
10 Каковы перспективы развития оптических методов?

7 Практическое занятие № 7. Изучение применений лазеров и лазерной техники в задачах измерений

7.1 Методические указания

Для успешной подготовки к занятию рекомендуется изучить физические принципы работы лазерных измерительных систем, ознакомиться с классификацией лазерных методов измерений, прецизионными лазерными измерительные приборами, а также методами обработки лазерных сигналов и применением лазерных технологий в промышленности и научных исследованиях.

Примерные темы докладов

1 Лазерные интерферометры и их применение.
2 Лазерные дальномеры и профилометры.
3 Лазерные системы позиционирования.
4 Лазерная допплеровская анемометрия.
5 Лазерные методы контроля вибраций.

6 Лазерные системы сканирования поверхностей.
7 Лазерные гироскопы и акселерометры.
8 Лазерные методы в нанотехнологиях.
9 Лазерные системы контроля атмосферы.
10 Квантовые стандарты частоты на основе лазеров.

Контрольные вопросы

1 Каковы преимущества лазерных методов измерений?
2 Как работает лазерный интерферометр?
3 Какие параметры можно измерить с помощью лазерного допплеровского метода?
4 Чем отличаются различные типы лазерных дальномеров?
5 Каковы особенности лазерных гироскопов?
6 Как лазеры применяются в нанометрологии?
7 Какие атмосферные параметры можно контролировать лазерными методами?
8 Как обрабатываются сигналы в лазерных измерительных системах?
9 Каковы основные источники погрешностей лазерных измерений?
10 Каковы перспективы развития лазерной метрологии?

8 Практическое занятие № 8. Изучение принципов измерения температуры и тепловых полей

8.1 Методические указания

Для успешной подготовки к занятию рекомендуется повторить физические основы тепловых измерений, проанализировать контактные и бесконтактные методы измерения температуры, современные датчики температуры и тепловизоры, а также методы анализа тепловых полей и их применение в промышленности и научных исследованиях.

Примерные темы докладов

1 Термометры сопротивления и их характеристики.
2 Термопары: принцип действия и применение.
3 Пирометры и их метрологические параметры.
4 Тепловизоры и методы обработки термограмм.
5 Волоконно-оптические датчики температуры.
6 Методы измерения высоких температур (свыше 2000 °C).
7 Тепловой контроль электронных компонентов.
8 Медицинские применения тепловых измерений.
9 Спутниковый мониторинг тепловых полей.
10 Квантовые термометры и перспективы их развития.

Контрольные вопросы

1 Каковы основные методы измерения температуры?
2 Чем отличаются контактные и бесконтактные методы?
3 Как работает термопара?
4 Каковы преимущества термометров сопротивления?
5 Как выбирают диапазон измерения для пирометра?
6 Какие параметры характеризуют точность тепловизора?
7 Где применяются волоконно-оптические датчики температуры?
8 Какие особенности имеют измерения сверхвысоких температур?
9 Как обрабатываются данные тепловизионных измерений?
10 Каковы перспективы развития квантовых термометров?

9 Практическое занятие № 9. Изучение принципов измерения электрических величин

9.1 Методические указания

Для успешной подготовки к занятию рекомендуется повторить основные электрические величины и их характеристики, проанализировать методы и средства измерения параметров электрических цепей, цифровые и аналоговые измерительные приборы, погрешности и точность электрических измерений, а также современные тенденции в электроизмерительной технике.

Примерные темы докладов

1 Методы измерения напряжения и тока.
2 Цифровые мультиметры и их метрологические характеристики.
3 Осциллографы и их применение в электрических измерениях.
4 Измерение мощности в цепях постоянного и переменного тока.
5 Методы измерения сопротивления, емкости и индуктивности.
6 Частотомеры и их применение.
7 Современные тенденции в разработке электроизмерительных приборов.
8 Беспроводные системы измерения электрических параметров.

Контрольные вопросы

1 Какие основные электрические величины подлежат измерению?
2 Чем отличаются аналоговые и цифровые методы измерений?
3 Как работает цифровой мультиметр?
4 Каковы особенности измерения мощности в цепях переменного тока?
5 Какие методы измерения сопротивления вы знаете?
6 Как выбирают частотомер для конкретной задачи?

7 Какие приборы используются для измерения параметров магнитных полей?

8 Каковы основные источники погрешностей в электрических измерениях?

9 Какие преимущества имеют беспроводные системы измерений?

10 Каковы перспективы развития квантовых стандартов в электроизмерениях?

10 Практическое занятие № 10. Изучение принципов измерения параметров электрических полей

10.1 Методические указания

Для успешной подготовки к занятию рекомендуется повторить физические основы электрических полей и их параметры, классификация методов измерения электрического поля, проанализировать контактные и бесконтактные измерительные технологии, современные датчики и измерительные системы, а также их применение в промышленности и научных исследованиях.

Примерные темы докладов

1 Электростатические вольтметры и их применение.

2 Методы измерения напряженности электрического поля.

3 Измерители потенциала и градиента поля.

4 Бесконтактные методы измерения в высоковольтных системах.

5 Микроволновые методы исследования электрических полей.

6 Квантовые сенсоры для измерения слабых полей.

7 Измерение полей в наноразмерных структурах.

8 Мобильные системы мониторинга электрических полей.

9 Стандартизация и поверка измерителей поля.

10 Перспективные технологии в измерении электрических полей.

Контрольные вопросы

1 Какие параметры характеризуют электрическое поле?

2 Чем отличаются контактные и бесконтактные методы измерения?

3 Как работает электростатический вольтметр?

4 Каковы особенности измерения в высоковольтных установках?

5 Какие методы используются для измерения слабых электрических полей?

6 Как микроволновые методы применяются для исследования полей?

7 Каковы преимущества квантовых сенсоров?

8 Какие проблемы возникают при измерении полей в наноустройствах?

9 Как организован мониторинг электрических полей в окружающей среде?

10 Каковы перспективы развития технологий измерения электрических полей?

11 Практическое занятие № 11. Изучение принципов измерения параметров магнитных полей

11.1 Методические указания

Для успешной подготовки к занятию рекомендуется повторить физические основы магнетизма и характеристики магнитных полей, проанализировать классификацию методов измерения магнитной индукции и напряженности, контактные и бесконтактные технологии измерений, современные магнитометры и их метрологические характеристики, а также вопросы применения в промышленности, медицине и научных исследованиях.

Примерные темы докладов

1 Индукционные катушки и их применение в измерениях.
2 Эффект Холла и датчики на его основе.
3 Феррозондовые магнитометры: принцип работы.
4 Сверхпроводящие квантовые интерферометры (СКВИДы).
5 Оптические методы измерения магнитных полей.
6 Ядерный магнитный резонанс в измерениях.
7 Магниторезистивные датчики и их характеристики.
8 Квантовые магнитометры нового поколения.
9 Измерение слабых магнитных полей в биологических системах.
10 Перспективные направления в магнитометрии.

Контрольные вопросы

1 Какие параметры характеризуют магнитное поле?
2 Как работает датчик Холла и где он применяется?
3 В чем преимущества феррозондовых магнитометров?
4 Каков принцип действия СКВИД-магнитометров?
5 Какие оптические явления используются для измерения магнитных полей?
6 Как применяется ядерный магнитный резонанс в магнитометрии?
7 Каковы особенности измерения слабых биомагнитных полей?
8 Какие факторы влияют на точность магнитных измерений?
9 Как осуществляется калибровка магнитометров?
10 Каковы перспективы развития квантовых методов измерения?

12 Практическое занятие № 12. Изучение принципов обеспечения электромагнитной совместимости

12.1 Методические указания

Для успешной подготовки к занятию рекомендуется ознакомиться с основы теории электромагнитной совместимости (ЭМС), нормативно-правововой базой и стандарты ЭМС, методами измерения электромагнитных помех, а также принципами проектирования устройств с учетом требований ЭМС и современных технологий защиты от помех.

Примерные темы докладов

1 Основные понятия и определения в области ЭМС.
2 Международные стандарты IEC по электромагнитной совместимости.
3 Методы измерения кондуктивных электромагнитных помех.
4 Технологии измерения излучаемых помех.
5 Принципы работы камер безэховых измерений.
6 Пассивные и активные методы подавления помех.
7 Экранирование как метод обеспечения ЭМС.
8 Фильтрация электромагнитных помех в цепях питания.
9 Особенности обеспечения ЭМС в радиоэлектронных устройствах.
10 Перспективные направления развития ЭМС.

Контрольные вопросы

1 Дайте определение электромагнитной совместимости
2 Какие организации разрабатывают стандарты ЭМС?
3 Чем отличаются кондуктивные и излучаемые помехи?
4 Какие приборы используются для измерения ЭМС?
5 Как работает камера безэховых измерений?
6 Каковы основные методы защиты от электромагнитных помех?
7 Как осуществляется экранирование электронных устройств?
8 Какие типы фильтров применяются для подавления помех?
9 Каковы особенности обеспечения ЭМС в ВЧ-устройствах?
10 Какие новые технологии в области ЭМС наиболее перспективны?

13 Практическое занятие № 13. Изучение принципов измерения параметров акустических полей в задачах неразрушающего контроля и акустики помещений

13.1 Методические указания

Для успешной подготовки к занятию рекомендуется повторить физические основы акустических измерений, методы измерения звукового давления и интенсивности, оборудование для акустических исследований, проанализировать архитектурно-акустические параметры помещений, а также нормативную базу акустических измерений.

Примерные темы докладов

1 Основные параметры акустических полей и их измерение.
2 Измерительные микрофоны и их метрологические характеристики.
3 Методы определения времени реверберации.
4 Анализаторы акустических полей и их применение.
5 Компьютерные системы моделирования акустики помещений.
6 Акустические измерения в строительстве и архитектуре.
7 Шумовой мониторинг городской среды.
8 Акустические материалы и их испытания.
9 Особенности акустических измерений в открытом пространстве.
10 Современные тенденции в архитектурной акустике.

Контрольные вопросы

1 Какие основные параметры характеризуют акустическое поле?
2 Как классифицируются измерительные микрофоны?
3 Какие методы измерения времени реверберации существуют?
4 Как проводится акустическая экспертиза помещений?
5 Какое оборудование используется для шумового мониторинга?
6 Каковы особенности измерений в акустических камерах?
7 Как оценивают эффективность акустических материалов?
8 Какие нормативные документы регламентируют акустические измерения?
9 Как цифровые технологии изменили методы акустических измерений?
10 Каковы современные подходы к акустическому проектированию?

14 Практическое занятие № 14. Изучение принципов измерений в атомной энергетике

14.1 Методические указания

Для успешной подготовки к занятию рекомендуется ознакомиться со спецификой измерений в условиях ионизирующего излучения, методами контроля параметров ядерного реактора, системами радиационного мониторинга и задачами обеспечение безопасности и достоверности измерений в атомной энергетике.

Примерные темы докладов

1 Ионизационные камеры и их применение на АЭС.
2 Нейтронные детекторы в реакторных измерениях.
3 Спектрометрические методы радиационного контроля.
4 Измерение температур в активной зоне реактора.
5 Датчики давления и расхода теплоносителя.
6 Системы контроля вибрации оборудования на АЭС.
7 Химико-аналитические измерения на АЭС.
8 Дистанционные методы контроля в зонах высокой радиации.
9 «Умные» датчики в атомной энергетике.
10 Перспективные измерительные технологии для АЭС нового поколения.

Контрольные вопросы

1 Какие особенности имеют измерения на АЭС?
2 Как работают ионизационные камеры в радиационном контроле?
3 Какие методы используются для измерения нейтронных потоков?
4 Как измеряют температуру в активной зоне реактора?
5 Каковы требования к датчикам давления в первом контуре?
6 Как осуществляется контроль вибрации главных циркуляционных насосов?
7 Какие химические параметры контролируются на АЭС?
8 Каковы преимущества дистанционных методов измерений?
9 Как «умные» датчики повышают безопасность АЭС?
10 Какие перспективные измерительные технологии разрабатываются для АЭС?

15 Практическое занятие № 15. Изучение обеспечения измерений в задачах радиационного неразрушающего контроля

15.1 Методические указания

Для успешной подготовки к занятию рекомендуется повторить физические основы радиационных методов контроля, виды ионизирующих излучений в дефектоскопии, дозиметрические и радиометрические измерения, оборудование для радиационного контроля, а также метрологическое обеспечение радиационных измерений.

Примерные темы докладов

1 Гамма-дефектоскопия: принципы и оборудование.
2 Рентгеновские установки для неразрушающего контроля.
3 Нейтронная радиография и ее особенности.
4 Компьютерная обработка радиографических изображений.
5 Дозиметрическое обеспечение радиационного контроля.
6 Микродозиметрия в неразрушающем контроле.
7 Беспилотные системы радиационного мониторинга.
8 Перспективные направления развития радиационных методов контроля в промышленности и медицине.

Контрольные вопросы

1 Какие виды излучений применяются в радиационном контроле?
2 Чем отличаются гамма- и рентгеновские методы?
3 Как работает нейтронная радиография?
4 Какие параметры контролируют радиометрические толщиномеры?
5 Как оценивают качество радиографических изображений?
6 Какие дозиметрические приборы используются при контроле?
7 В чем особенности микродозиметрических измерений?
8 Как обеспечивается безопасность персонала при радиационном контроле?
9 Каковы преимущества цифровой радиографии?
10 Какие новые технологии применяются в радиационном контроле?

16 Практическое занятие № 16. Компьютерные технологии и измерительные задачи

16.1 Методические указания

Для успешной подготовки к занятию рекомендуется ознакомиться с архитектурой компьютерных измерительных систем, проанализировать современные системы цифровой обработки измерительных сигналов, методы автоматизации измерительных процессов.

Примерные темы докладов

1 Виртуальные приборы: архитектура и применение.
2 Программно-конфигурируемые измерительные системы.
3 Цифровые двойники в метрологических задачах.
4 Облачные технологии для распределенных измерений.
5 Нейросетевые алгоритмы обработки измерительной информации.
6 Промышленные интерфейсы для измерительной техники.
7 Беспроводные сенсорные сети в измерениях.
8 Возможности программно-аппаратных комплексов National Instruments и их отечественные аналоги.
9 Квантовые вычисления для обработки измерительных данных.
10 Киберфизические системы в метрологии.
11 Цифровые платформы для поверки и калибровки.

Контрольные вопросы

1 Каковы преимущества виртуальных приборов?
2 Как работают программно-конфигурируемые измерительные системы?
3 Какие интерфейсы используются для подключения измерительных приборов?
4 Как цифровые двойники применяются в метрологии?
5 Каковы особенности облачных измерительных систем?
6 Как нейросети улучшают обработку измерительных данных?
7 Какие беспроводные технологии применяются в измерениях?
8 Каковы перспективы квантовых вычислений в метрологии?
9 Как киберфизические системы изменяют подходы к измерениям?
10 Какие цифровые технологии используются в поверочной деятельности?

17 Практическое занятие № 17. Искусственный интеллект в измерительных системах

17.1 Методические указания

Для успешной подготовки к занятию рекомендуется ознакомиться с основными концепциями ИИ в метрологии, проанализировать нейросетевые модели для обработки измерительных данных, возможности машинного обучение в задачах калибровки и поверки. новые интеллектуальные датчики и сенсорные системы. Важным аспектом в этой области является комплекс этических и нормативных мер в области искусственного интеллекта.

Примерные темы докладов

1 Глубокое обучение для анализа измерительных сигналов.
2 Нейросетевые алгоритмы компенсации погрешностей.
3 ИИ-ассистенты в поверочной деятельности.
4 Интеллектуальные системы диагностики оборудования.
5 Обучение с подкреплением в калибровочных задачах.
6 Генеративные модели для синтеза измерительных данных.
7 Экспертные системы в метрологическом анализе.
8 Федеративное обучение для распределенных измерений.
9 Интерпретируемость ИИ-решений в измерениях.
10 Квантовые нейросети в прецизионной метрологии.

Контрольные вопросы

1 Какие типы нейросетей наиболее эффективны для обработки измерений?
2 Как ИИ помогает компенсировать систематические погрешности?
3 Каковы преимущества интеллектуальных датчиков?
4 Как машинное обучение применяется в поверочных процедурах?
5 Какие методы используют для повышения достоверности ИИ-прогнозов?
6 Как генеративные модели помогают в метрологии?
7 В чем особенности федеративного обучения для измерительных систем?
8 Каковы требования к интерпретируемости ИИ-решений?
9 Какие этические вопросы возникают при использовании ИИ в измерениях?
10 Каковы перспективы квантовых нейросетей в метрологии?

18 Практическое занятие № 18. Анализ задач оптимизации в измерительной технике. Методы планирования эксперимента

18.1 Методические указания

Для успешной подготовки к занятию рекомендуется повторить математические основы оптимизации измерительных процессов, проанализировать критерии оптимальности для измерительных систем, методы планирования эксперимента (ПЭ) в метрологии, современные алгоритмы оптимизации параметров измерений, а также практическое применение методов оптимизации.

Примерные темы докладов

1 Постановка задач оптимизации в измерительной технике.
2 Полный факторный эксперимент и его применение.
3 Дробные факторные планы в метрологии.
4 Методы поверхности отклика для калибровки приборов.
5 Оптимизация многопараметрических измерительных систем.
6 Адаптивные стратегии планирования экспериментов.
7 Методы снижения стоимости измерений при сохранении точности.
8 Оптимальное расположение датчиков в измерительных системах.
9 Современные программные средства для планирования.экспериментов

Контрольные вопросы

1 Какие параметры обычно оптимизируют в измерительных системах?
2 В чем преимущества полного факторного эксперимента?
3 Когда целесообразно применять дробные факторные планы?
4 Как методы поверхности отклика помогают в калибровке?
5 Каковы особенности Тагучи-подхода в измерениях?
6 Как учитывают несколько критериев оптимизации одновременно?
7 Какие адаптивные стратегии используют при планировании экспериментов?
8 Как найти компромисс между точностью и стоимостью измерений?
9 Какие алгоритмы применяют для оптимального размещения датчиков?
10 Какие современные программные пакеты используют для ПЭ в метрологии?

19 Практическое занятие № 19. Квантовые измерения и будущее измерительной техники

19.1 Методические указания

Для успешной подготовки к занятию рекомендуется ознакомиться с основами квантовой метрологии, принципами квантовых измерений и их преимуществами. Проанализировать существующие квантовые стандарты частоты и времени, а также перспективы развития квантовых технологий.

Примерные темы докладов

1 Квантовая метрология: основные принципы.
2 Атомные часы и их применение.
3 Квантовые стандарты частоты.
4 Квантовые сенсоры магнитного поля.
5 Квантовые гравиметры.
6 Квантовые измерения в нанотехнологиях.
7 Квантовая термометрия.
8 Квантовые коммуникации и измерения.
9 Квантовые вычисления для обработки измерительных данных.
10 Перспективные направления квантовой метрологии.

Контрольные вопросы

1 В чем преимущества квантовых измерений?
2 Как работают атомные часы?
3 Какие квантовые явления используются в стандартах частоты?
4 Каковы принципы работы квантовых сенсоров?
5 Как квантовые технологии применяются в гравиметрии?
6 Каковы особенности квантовых измерений в наномасштабе?
7 В чем заключается квантовая термометрия?
8 Как квантовые технологии улучшают точность измерений?
9 Каковы перспективы развития квантовой метрологии?
10 Какие практические применения квантовых измерений наиболее перспективны?

Список литературы

1 **Герасимова, Е. Б.** Метрология, стандартизация, сертификация: учеб. пособие / Е. Б. Герасимова. – М. : ФОРУМ, 2018. – 224 с.

2 **Афанасьев, А. А.** Физические основы измерений и эталоны : учеб. пособие / А. А. Афанасьев, А. А. Погонин. – М. : ИНФРА-М, 2023. – 246 с.

3 **Смирнов, В. А.** Физические основы микроэлектроники : учеб. пособие / В. А. Смирнов, О. В. Шуваева. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 232 с.

4 **Рябов, И. В.** Измерительная техника и информационно-измерительные системы : учеб. пособие / И. В. Рябов, И. В. Петухов. – 2-е изд. – Йошкар-Ола : Поволжский гос. технол. ун-т, 2024. – 364 с.

5 **Иванников, В. П.** Информационно-измерительная техника и электроника : учеб. пособие / В. П. Иванников. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 356 с.

6 **Богомолова, С. А.** Метрология и измерительная техника : технические требования к средствам измерений : учебник / С. А. Богомолова, И. В. Муравьева. – М. : МИСиС, 2019. – 172 с.

7 **Вознесенский, А. С.** Электроника и измерительная техника: учебник / А. С. Вознесенский, В. Л. Шкуратник. – М. : Горная книга, 2008. – 480 с.

8 Программирование, тестирование, проектирование, нейросети, технологии аппаратно-программных средств. Практические задания и способы их решения : учебник / С. В. Веретехина, К. С. Кармицкий, Д. Д. Лукашин [и др.]. – М. : Директ-Медиа, 2022. – 144 с.

9 Физические основы получения информации : учебник / Г. Г. Раннев, В. А. Сурогина, А. П. Тарасенко, И. В. Кулибаба. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : КУРС ; ИНФРА-М, 2018. – 304 с.

10 **Белинский, А. В**. Квантовые измерения : учеб. пособие / А. В. Белинский. – 5-е изд. – М. : Лаборатория знаний, 2024. – 185 с.