

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Костромской государственный университет»  
(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ФИЗИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗМЕРЕНИЙ И  
КОНТРОЛЯ**

Направление подготовки 27.03.02 «Управление качеством»

Направленность «Цифровое производство»

Квалификация выпускника: бакалавр

Кострома  
2024

Рабочая программа дисциплины «Физические и математические основы измерений и контроля» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 27.03.02 Управление качеством, утвержденным приказом Министерства образования и науки №869 от 31 июля 2020г. и в соответствии с учебным планом, год начала подготовки 2023 (уровень бакалавриата).

Разработал: Рудовский П.Н. д.т.н., профессор

Рецензент: Корабельников А.Р. д.т.н., профессор, зав. каф. ТММ, ДМ и ПТМ

УТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры ТММ, ДМ и ПТМ

Протокол заседания кафедры № 6 от 16.05.2024 г.

Заведующий кафедрой ТММ, ДМ и ПТМ

Корабельников Андрей Ростиславович, д.т.н., профессор

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины: научить студентов общим методам экспериментальных исследований и средствам их проведения, принципам оценки погрешностей измерений.

Задачами освоения дисциплины являются:

- Изучение физических и математических основ современных методов и средств контроля качества изделий и параметров технологических процессов.
- изучение современных средств контроля конструктивных и технологических параметров машин;
- освоение методики выбора стандартных средств измерения на основе требований к точности и динамичности исследуемых процессов;
- освоение методов планирования экспериментальных исследований и обработки результатов;
- освоение навыков составления научных отчетов по выполненному заданию в соответствии с требованиями государственных стандартов

Научно-образовательное, профессионально-трудовое воспитание обучающихся посредством содержания дисциплины и актуальных воспитательных технологий.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать:** современные методы анализа, синтеза и оптимизации процессов обеспечения качества

**уметь:** применять проблемно-ориентированные методы анализа, синтеза и оптимизации процессов обеспечения качества

**владеть:** проблемно-ориентированными методами анализа, синтеза и оптимизации процессов обеспечения качества

**освоить компетенцию:**

ПК-6. Разрабатывать инструменты и методы, в том числе и цифровые инструменты, в области управления качеством;	ИПК-6.1 Знает основные инструменты и методы в области управления качеством ИПК-6.2 Способен создавать новые, в том числе цифровые инструменты и методы в области управления качеством
---	--

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина входит в вариативную часть. Изучается в 4 семестреобучения.

Она имеет предшествующие логические и содержательно-методические связи со следующими дисциплинами – математика, физика, квалиметрия и средства контроля качества, средства и методы управления качеством

Изучение дисциплины основывается на ранее освоенных дисциплинах: математика, физика.

Изучение дисциплины является основой для освоения последующих дисциплин: квалиметрия и средства контроля качества, средства и методы управления качеством.

## 4. Объем дисциплины (модуля)

### 4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических (астрономических) часов и виды учебной работы

Виды учебной работы,	Очная форма
Общая трудоемкость в зачетных единицах	2
Общая трудоемкость в часах	72
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	16
Лекции	
Практические занятия	-

Лабораторные занятия	16
Самостоятельная работа в часах	55,75
Форма промежуточной аттестации	зачет

#### 4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	-
Практические занятия	-
Лабораторные занятия	16
Консультации	-
Зачет/зачеты	0,25
Экзамен/экзамены	-
Курсовые работы	-
Курсовые проекты	-
Всего	16,25

### 5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

#### 5.1 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела, темы	Всего з.е./час	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
			Лекции	Практ.	Лаб.	
	<b>Раздел 1. Теоретические основы измерительной техники</b>	23			6	17
1.	Основные понятия измерительной техники. Общие вопросы теории измерительной техники. Электрические измерения неэлектрических величин					1
2.	Общий принцип передачи информации—модуляция передаваемых сигналов. Общие свойства и разновидности измерительных преобразователей. Методы измерительных преобразований					1
3.	Классификация погрешностей. Методы математического описания точности и диапазона средств измерений. Общие методы повышения точности средств измерений					1
4.	Погрешность линейности и методы расширения рабочего диапазона средств измерений. Детерминистский и вероятностный подходы к оценке погрешностей средств измерений.					1
5.	Необходимые сведения из теории вероятностей. Необходимые сведения из теории информации.					1

6.	Практические методы вычисления по экспериментальным данным числовых характеристик законов распределения погрешностей. Классификация видов законов распределения результирующей погрешности средств измерений. Законы распределения отдельных составляющих погрешности средств измерений.					1
7.	Методика определения результирующих энтропийных коэффициентов законов распределения и энтропийных значений погрешностей при их суммировании.					1
8.	Соотношения между величиной энергии и переносимой ею информацией при различных видах модуляции. Информационно-энергетический коэффициент полезного действия и квалиметрия средств измерений					1
9.	Информационно-энергетический анализ и принцип согласования входных и выходных сопротивлений измерительных преобразователей. Характеристика качества измерительных преобразователей как пассивных четырехполюсников и зависимость их эффективности преобразования от степени согласования сопротивлений					1
10.	Классификация измерительных цепей прямого преобразования. Теория измерительных цепей для работы с генераторными преобразователями. Теория измерительных цепей последовательного включения параметрических преобразователей					1
11.	Теория измерительных цепей параметрических преобразователей в виде делителей. Теория измерительных цепей параметрических преобразователей в виде неравновесных мостов. Особенности неравновесных					1

	мостов переменного тока.2					
12.	Способы описания динамических свойств средств измерений. Динамические характеристики электрических и механических апериодических звеньев. Динамические характеристики звеньев с тепловой инерционностью.					1
13.	Дифференциальное уравнение, понятие собственной частоты и показатели затухания колебательных звеньев. Частотные характеристики колебательных звеньев. Фазовые характеристики колебательных звеньев					1
14.	Переходные характеристики колебательных звеньев. Эквивалентные электрические схемы механоэлектрических преобразователей.					1
15.	Динамические характеристики пневматических и гидравлических звеньев. Расчет частотных характеристик механических и акустических звеньев с сосредоточенными и распределенными параметрами					1
16.	Динамические свойства участка измерительного канала с модуляцией и демодуляцией. Частотные характеристики приборов прямого преобразования и методы коррекции частотных погрешностей.					1
17.	Частотные характеристики приборов следящего уравнивания. Динамические характеристики приборов программного уравнивания и цифровых приборов					1
	<b>Раздел 2. Физические основы измерительной техники</b>	17			6	11
1.	Разновидности механических упругих измерительных преобразователей.					1
2.	Основные соотношения для расчета упругих механических преобразователей. Материалы для изготовления упругих измерительных преобразователей					1

3.	Контактные преобразователи. Реостатные преобразователи. Тензорезисторы.					1
4.	Принцип действия и область применения электростатических преобразователей. Емкостные преобразователи					1
5.	Физические основы и область применения пьезоэлектрических преобразователей. Методы расчета поверхностных зарядов, деформаций и механических напряжений при прямом и обратном пьезоэффекте.					1
6.	Пьезоэлектрические преобразователи силы, давления и ускорения. Анализ путей повышения эффективности пьезоэлектрических преобразователей					1
7.	Разновидности и принципы действия электромагнитных преобразователей. Теоретические основы расчета электромагнитных преобразователей.					1
8.	Индуктивные преобразователи. Трансформаторные (взаимоиндуктивные) преобразователи. Индукционные преобразователи. Магнитоупругие преобразователи					1
9.	Теоретические основы расчета тепловых преобразователей. Термоэлектрические преобразователи. Принцип действия, применяемые материалы. Удлинительные термоэлектроды, измерительные цепи, погрешности термопар.					1
10.	Тепловые обратные преобразователи. Разновидности терморезисторов, применяемые материалы, основы расчета. Промышленные термопары и терморезисторы.					1
11.	Тепловые преобразователи для измерения скорости потока. Тепловые преобразователи для анализа состава и измерения плотности газов. Применение терморезисторов для измерения механических перемещений					1

	<b>Раздел 3 Методы измерений различных физических величин</b>	10			4	6
12.	Измерение угловых размеров. Измерение размеров в машиностроении. Измерение уровней. Измерение расстояний.					1
13.	Методы измерений сосредоточенных сил, давлений и крутящих моментов. Измерение сил, давлений и крутящих моментов с предварительным преобразованием в перемещение.					1
14.	Контактные методы измерений параметров движения. Методы измерений параметров движения жидких и газообразных веществ. Методы коррекции частотных погрешностей инерционных приборов. Инерциальные приборы для измерения параметров движения.					1
15.	Методы измерений сверхнизких температур. Методы измерений низких температур. Методы измерений средних и высоких температур с помощью термопар.					1
16.	Бесконтактные оптические методы измерений температуры. Методы измерений сверхвысоких температур					1
17.	Методы измерения концентрации веществ. Электрохимические методы. Электрофизические методы. Ионизационные методы. Спектрометрические методы. Комбинированные методы					1
	ИКР	0,25				
	Подготовка к зачету	21,75				21,75
	Всего	72			16	55,75

## 5.2. Содержание:

Раздел 1. Теоретические основы измерительной техники

1. Основные понятия измерительной техники. Общие вопросы теории измерительной техники. Электрические измерения неэлектрических величин
2. Общий принцип передачи информации—модуляция передаваемых сигналов. Общие свойства и разновидности измерительных преобразователей. Методы измерительных преобразований
3. Классификация погрешностей. Методы математического описания точности и диапазона средств измерений. Общие методы повышения точности средств измерений
4. Погрешность линейности и методы расширения рабочего диапазона средств измерений. Детерминистский и вероятностный подходы к оценке погрешностей средств



измерений.

5. Необходимые сведения из теории вероятностей. Необходимые сведения из теории информации.

6. Практические методы вычисления по экспериментальным данным числовых характеристик законов распределения погрешностей. Классификация видов законов распределения результирующей погрешности средств измерений. Законы распределения отдельных составляющих погрешности средств измерений.

7. Методика определения результирующих энтропийных коэффициентов законов распределения и энтропийных значений погрешностей при их суммировании.

8. Соотношения между величиной энергии и переносимой ею информацией при различных видах модуляции. Информационно-энергетический коэффициент полезного действия и квалиметрия средств измерений

9. Информационно-энергетический анализ и принцип согласования входных и выходных сопротивлений измерительных преобразователей. Характеристика качества измерительных преобразователей как пассивных четырехполюсников и зависимость их эффективности преобразования от степени согласования сопротивлений

10. Классификация измерительных цепей прямого преобразования. Теория измерительных цепей для работы с генераторными преобразователями. Теория измерительных цепей последовательного включения параметрических преобразователей

11. Теория измерительных цепей параметрических преобразователей в виде делителей. Теория измерительных цепей параметрических преобразователей в виде неравновесных мостов. Особенности неравновесных мостов переменного тока.

12. Способы описания динамических свойств средств измерений. Динамические характеристики электрических и механических апериодических звеньев. Динамические характеристики звеньев с тепловой инерционностью.

13. Дифференциальное уравнение, понятие собственной частоты и показатели затухания колебательных звеньев. Частотные характеристики колебательных звеньев. Фазовые характеристики колебательных звеньев

14. Переходные характеристики колебательных звеньев. Эквивалентные электрические схемы механоэлектрических преобразователей.

15. Динамические характеристики пневматических и гидравлических звеньев. Расчет частотных характеристик механических и акустических звеньев с сосредоточенными и распределенными параметрами

16. Динамические свойства участка измерительного канала с модуляцией и демодуляцией. Частотные характеристики приборов прямого преобразования и методы коррекции частотных погрешностей.

17. Частотные характеристики приборов следящего уравнивания. Динамические характеристики приборов программного уравнивания и цифровых приборов

Раздел 2. Физические основы измерительной техники

18. Разновидности механических упругих измерительных преобразователей.

19. Основные соотношения для расчета упругих механических преобразователей. Материалы для изготовления упругих измерительных преобразователей

20. Контактные преобразователи. Реостатные преобразователи. Тензорезисторы.

21. Принцип действия и область применения электростатических преобразователей. Емкостные преобразователи

22. Физические основы и область применения пьезоэлектрических преобразователей. Методы расчета поверхностных зарядов, деформаций и механических напряжений при прямом и обратном пьезоэффекте

23. Пьезоэлектрические преобразователи силы, давления и ускорения. Анализ путей повышения эффективности пьезоэлектрических преобразователей

24. Разновидности и принципы действия электромагнитных преобразователей.

Теоретические основы расчета электромагнитных преобразователей.

25. Индуктивные преобразователи. Трансформаторные (взаимоиндуктивные) преобразователи. Индукционные преобразователи. Магнитоупругие преобразователи

26. Теоретические основы расчета тепловых преобразователей. Термоэлектрические преобразователи. Принцип действия, применяемые материалы. Удлинительные термоэлектроды, измерительные цепи, погрешности термомпар.

27. Тепловые обратные преобразователи. Разновидности терморезисторов, применяемые материалы, основы расчета. Промышленные термомпары и терморезисторы.

28. Тепловые преобразователи для измерения скорости потока. Тепловые преобразователи для анализа состава и измерения плотности газов. Применение терморезисторов для измерения механических перемещений

Раздел 3. Методы измерений различных физических величин

29. Измерение угловых размеров. Измерение размеров в машиностроении. Измерение уровней. Измерение расстояний.

30. Методы измерений сосредоточенных сил, давлений и крутящих моментов. Измерение сил, давлений и крутящих моментов с предварительным преобразованием в перемещение. Измерение сил, давлений и крутящих моментов методом уравнивания

31. Контактные методы измерений параметров движения. Методы измерений параметров движения жидких и газообразных веществ. Методы коррекции частотных погрешностей инерционных приборов. Инерциальные приборы для измерения параметров движения.

32. Методы измерений сверхнизких температур. Методы измерений низких температур. Методы измерений средних и высоких температур с помощью термомпар.

33. Бесконтактные оптические методы измерений температуры. Методы измерений сверхвысоких температур

34. Методы измерения концентрации веществ. Электрохимические методы. Электрофизические методы. Ионизационные методы. Спектрометрические методы. Комбинированные методы

## 6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

### 6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
	<b>Раздел 1. Теоретические основы измерительной техники</b>				
1	Основные понятия измерительной техники. Общие вопросы теории измерительной техники. Электрические измерения неэлектрических величин	Изучение материала подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
2	Общий принцип передачи информации—модуляция передаваемых сигналов. Общие свойства и разновидности измерительных преобразователей. Методы	Изучение материала подготовка к лабораторной работе	4	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях

	измерительных преобразований				
3	Классификация погрешностей. Методы математического описания точности и диапазона средств измерений. Общие методы повышения точности средств измерений	Изучение материала подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
4	Погрешность линейности и методы расширения рабочего диапазона средств измерений. Детерминистский и вероятностный подходы к оценке погрешностей средств измерений.	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
5	Необходимые сведения из теории вероятностей. Необходимые сведения из теории информации.	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
6	Практические методы вычисления по экспериментальным данным числовых характеристик законов распределения погрешностей. Классификация видов законов распределения результирующей погрешности средств измерений. Законы распределения отдельных составляющих погрешности средств измерений.	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
7	Методика определения результирующих энтропийных коэффициентов законов распределения и энтропийных значений погрешностей при их суммировании.	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
8	Соотношения между величиной энергии и переносимой ею информацией при различных видах модуляции. Информационно-энергетический коэффициент полезного действия и квалиметрия средств	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях

	измерений				
9	Информационно-энергетический анализ и принцип согласования входных и выходных сопротивлений измерительных преобразователей. Характеристика качества измерительных преобразователей как пассивных четырехполосников и зависимость их эффективности преобразования от степени согласования сопротивлений	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
10	Классификация измерительных цепей прямого преобразования. Теория измерительных цепей для работы с генераторными преобразователями. Теория измерительных цепей последовательного включения параметрических преобразователей	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
11	Теория измерительных цепей параметрических преобразователей в виде делителей. Теория измерительных цепей параметрических преобразователей в виде неравновесных мостов. Особенности неравновесных мостов переменного тока.	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
12	Способы описания динамических свойств средств измерений. Динамические характеристики электрических и механических апериодических звеньев. Динамические характеристики звеньев с тепловой инерционностью.	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
13	Дифференциальное уравнение, понятие собственной частоты и показатели затухания	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и	Текущий опрос на лабораторных занятиях

	колебательных звеньев. Частотные характеристики колебательных звеньев. Фазовые характеристики колебательных звеньев	работе		дополнительной литературы	
14	Переходные характеристики колебательных звеньев. Эквивалентные электрические схемы механоэлектрических преобразователей.	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	4	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
15	Динамические характеристики пневматических и гидравлических звеньев. Расчет частотных характеристик механических и акустических звеньев с сосредоточенными и распределенными параметрами	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
16	Динамические свойства участка измерительного канала с модуляцией и демодуляцией. Частотные характеристики приборов прямого преобразования и методы коррекции частотных погрешностей.	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
17	Частотные характеристики приборов следящего уравнивания. Динамические характеристики приборов программного уравнивания и цифровых приборов	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
	Подготовка к зачету		11		
	Итого п разделу 1		36		
	<b>Раздел 2. Физические основы измерительной техники</b>				
1	Разновидности механических упругих измерительных преобразователей.	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
2	Основные соотношения для расчета упругих механических	Изучение материала, подготовка к	2	Материал изучать с использованием конспекта,	Текущий опрос на лабораторных

	преобразователей. Материалы для изготовления упругих измерительных преобразователей	лабораторной работе		основной и дополнительной литературы	х занятиях
3	Контактные преобразователи. Реостатные преобразователи. Тензорезисторы.	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
4	Принцип действия и область применения электростатических преобразователей. Емкостные преобразователи	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
5	Физические основы и область применения пьезоэлектрических преобразователей. Методы расчета поверхностных зарядов, деформаций и механических напряжений при прямом и обратном пьезоэффекте	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
6	Пьезоэлектрические преобразователи силы, давления и ускорения. Анализ путей повышения эффективности пьезоэлектрических преобразователей	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
7	Разновидности и принципы действия электромагнитных преобразователей. Теоретические основы расчета электромагнитных преобразователей.	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
8	Индуктивные преобразователи. Трансформаторные (взаимоиндуктивные) преобразователи. Индукционные преобразователи. Магнитоупругие преобразователи	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
9	Теоретические основы расчета тепловых преобразователей. Термоэлектрические преобразователи. Принцип	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной	Текущий опрос на лабораторных занятиях

	действия, применяемые материалы. Удлинительные термоэлектроды, измерительные цепи, погрешности термопар.			литературы	
10	Тепловые обратные преобразователи. Разновидности терморезисторов, применяемые материалы, основы расчета. Промышленные термопары и терморезисторы.	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
11	Тепловые преобразователи для измерения скорости потока. Тепловые преобразователи для анализа состава и измерения плотности газов. Применение терморезисторов для измерения механических перемещений	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
	<b>Раздел 3. Методы измерений различных физических величин</b>				
1	Измерение угловых размеров. Измерение размеров в машиностроении. Измерение уровней. Измерение расстояний.	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
2	Методы измерений сосредоточенных сил, давлений и крутящих моментов. Измерение сил, давлений и крутящих моментов с предварительным преобразованием в перемещение. Измерение сил, давлений и крутящих моментов методом уравнивания	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
3	Контактные методы измерений параметров движения. Методы измерений параметров движения жидких и газообразных веществ. Методы коррекции частотных погрешностей инерционных приборов. Инерциальные приборы для	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях

	измерения параметров движения.				
4	Методы измерений сверхнизких температур. Методы измерений низких температур. Методы измерений средних и высоких температур с помощью термопар.	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
5	Бесконтактные оптические методы измерений температуры. Методы измерений сверхвысоких температур	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
6	Методы измерения концентрации веществ. Электрохимические методы. Электрофизические методы. Ионизационные методы. Спектрометрические методы. Комбинированные методы	Изучение материала, подготовка к лабораторной работе	2	Материал изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
	Итого раздел 2 из		25		
	Подготовка к зачету		11		
	Всего		72		

## 6.2. Тематика и задания для практических занятий (при наличии)

### 6.3. Тематика и задания для лабораторных занятий

1. Экспериментальное определение точности и диапазона измерений на примере устройств для измерения линейных размеров.
2. Определение погрешности линейности на примере вращающегося трансформатора, как преобразователя угловых перемещений.
3. Расчет числовых характеристик законов распределения погрешностей.
4. Расчет суммарной погрешности последовательной цепи преобразователей.
5. Анализ зависимости эффективности преобразования от степени согласования сопротивлений измерительных преобразователей.
6. Изучение измерительных цепей прямого преобразования с параметрическими преобразователями в виде делителей.
7. Изучение измерительных цепей параметрических преобразователей в виде неравновесных мостов.
8. Изучение измерительных цепей для работы с генераторными преобразователями.
9. Экспериментальное определение динамических характеристик электрических апериодических звеньев
10. Экспериментальное определение динамических характеристик механических апериодических звеньев
11. Экспериментальное определение динамических характеристик звеньев с тепловой инерционностью.
12. Экспериментальное определение собственной частоты и показателя затухания колебательных звеньев.
13. Экспериментальное определение фазовых характеристик колебательных звеньев.
14. Экспериментальное определение переходных характеристик колебательных



звеньев.

15. Экспериментальное определение динамических характеристик пневматических и гидравлических звеньев.

16. Расчет частотных характеристик механических и акустических звеньев с сосредоточенными и распределенными параметрами.

17. Расчет упругих механических преобразователей.

18. Изучение контактных преобразователей для измерения линейных перемещений.

19. Изучение реостатных преобразователей для измерения линейных и угловых перемещений.

20. Изучение конструкции тензорезисторов и их крепления к упругим элементам.

21. Изучение схем включения тензорезисторов и устройств преобразования сигналов.

22. Измерение сил с помощью пьезоэлектрических преобразователей.

23. Измерение скорости и частоты вращения индукционными преобразователями.

24. Измерение линейных и угловых перемещений трансформаторными преобразователями.

25. Определение метрологических характеристик индуктивного преобразователя.

26. Измерение температуры термомпарами. Определение метрологических характеристик промышленных термомпар.

27. Измерение температуры терморезисторами. Определение метрологических характеристик промышленных терморезисторов.

28. Измерение скорости потока с помощью терморезисторов.

29. Бесконтактные оптические методы измерений температуры. Тепловизоры.

30. Измерения давления газа и скорости потока на примере датчика Motorola MPX-500DP.

31. Методы измерений параметров движения жидких и газообразных веществ.

32. Энкодеры, как датчики угловых и линейных перемещений.

33. Методы измерения параметров вибрации.

34. Система сбора данных на примере NI-9219.

#### **6.4. Методические рекомендации для выполнения курсовых работ (проектов) при наличии**

#### **7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

*а) основная:*

1. Туричин А.М., Новицкий П.В., Левшина Е.С. и др. Электрические измерения неэлектрических величин Л.: Энергия, - 1975 с.

2. Раннев Г. Г., Тарасенко А. П. Интеллектуальные средства измерений. Учебник. (Бакалавриат) М.: КУРС 2016. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=551202>

*б) дополнительная:*

1. Спектор С.А. Электрические измерения физических величин: Методы измерений: Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 320 с.

2. Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин: измерительные преобразователи. Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 320 с.

3. Куликовский К.Л., Купер В.Я. Методы и средства измерений. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 448 с.

4. Тиль Р. Электрические измерения неэлектрических величин: Пер. с нем. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 192 с

#### **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

Электронные библиотечные системы:

1. ЭБС «Лань»
2. ЭБС «Университетская библиотека online»
3. ЭБС «Znanium»

**9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

<b>Основное учебное оборудование</b>			
№ п/п	Наименование	Год изготовл.	№ помещения
1	ПК в к-те: монитор 23,6" Wide Acer V243H, с/блок Proxima MC 852, 1-10 (15 шт.)	2010	Б-108
2	ПК в к-те: монитор 23,6" Wide Acer V243H, с/блок Proxima MC 852, 1-10 (12 шт.)	2010	Б-302
3	Компрессор COSMOS 243, 1-01	2010	Б-110
	Лабораторная установка, 1-87		
	Манипулятор МП313317 порталный, 1-87		
	Манипулятор, 1-83		
	Прибор ТММ 48, 1-83		
	Привод на растяжение ткани СТМТ (без кожуха с концевыми выключателями), 1-10	2010	Б-109
	Пульт управления "Изот" (макет), 1-90		
	Робот промышленный РФ-204М, 1-86		
	Станок ткацкий АТ-60-Л, 1-78		
	Станок ткацкий АТПР-100-2, 1-83		
	Станок ТММ-1 К, 1-78		
	Тестер натяжения, усилия оттяжки трикотажного полотна (ТНТ), МТ-330, 1-10	2010	В-103
	Управляющее устройство РБ 241-Б		
	Установка ФП109М, 1-87		
	Устройство управления МПУ-1		
	Двигатель шаговый FL57ST560 с редуктором 1:100,2-06		
	Стол 5909.1516 100 (для проведения научных исследований)		
	Стенд ВЭДС-ЮА, 1-68		
	Стенд для испытания эластич. покрытий, 1-80		
	Установка ДМ 36, 1-74		