

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Костромской государственный университет»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

## **Физические и математические основы измерений и контроля**

Направление подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование.

Профиль «Цифровое проектирование машин и холодильных систем»

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

**Кострома**

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование (уровень бакалавриата), утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 9 августа 2021 г. № 728 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 7 сентября 2021 г., регистрационный № 64910), в соответствии с учебным планом направления подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование (уровень бакалавриата).

Разработал: \_\_\_\_\_ Рудовский П.Н.,  
профессор кафедры ТММ, ДМ и ПТМ, д.т.н., профессор

Рецензент: \_\_\_\_\_ Титов С.Н.,  
профессор кафедры ТММ, ДМ и ПТМ, д.т.н.

УТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры ТММ, ДМ и ПТМ  
Протокол заседания кафедры №9 от 04.05.2017 г.  
Заведующий кафедрой ТММ, ДМ и ПТМ

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

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры ТММ, ДМ и ПТМ  
Протокол заседания кафедры №10 от 24.05.2018 г.  
Заведующий кафедрой ТММ, ДМ и ПТМ

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

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры ТММ, ДМ и ПТМ  
Протокол заседания кафедры №3 от 11.11.2021 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

## **2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать:**

- требования к структуре и содержанию отчета о НИР
- современные методы параметров технологических процессов и изделий

**уметь:**

- применять современные средства исследования для экспериментального определения параметров технологических машин и процессов.
- применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности

**владеть:**

- методами обоснованного выбора средств измерения, проведения экспериментальных исследований и обработки их результатов
- Методами проведения анализа причин нарушений технологических процессов и разрабатывать мероприятия по их предупреждению

**освоить компетенцию:**

ПК-3. Способен принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и внедрять результаты исследований и разработок в области технологических машин и оборудования.

## **3. Место дисциплины в структуре ОП ВО**

Дисциплина входит в вариативную часть. Изучается в 4 семестре обучения.

Она имеет предшествующие логические и содержательно-методические связи со следующими дисциплинами – математика, физика, техническая механика, электротехника и электроника, расчет и конструирование технологических машин (общие положения), расчет и конструирования технологических машин текстильной промышленности.

Изучение дисциплины основывается на ранее освоенных дисциплинах: математика, физика, техническая механика, электротехника и электроника,

Изучение дисциплины является основой для освоения последующих дисциплин:

Расчет и конструирование технологических машин (общие положения),

Расчет и конструирования технологических машин текстильной промышленности

#### 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	56
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	-
Экзамен/экзамены	
Курсовые работы	-
РГР	
Курсовые проекты	-
Всего	16

#### 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.	
1.	Основные понятия измерительной техники				1	4

2.	Общие вопросы теории измерительной техники				1	4
3.	Вероятностная и информационная теория погрешностей (часть 1)				1	4
4.	Вероятностная и информационная теория погрешностей (часть 2)				1	4
5.	Теория измерительных цепей прямого преобразования				1	4
6.	Динамические свойства средств измерений (часть 1)				1	4
7.	Динамические свойства средств измерений (часть 2)				1	4
8.	Механические упругие измерительные преобразователи				2	4
9.	Резистивные преобразователи механических величин				2	4
10.	Пьезоэлектрические и электростатические преобразователи				2	4
11.	Электромагнитные преобразователи				1	4
12.	Тепловые преобразователи (часть 1)				1	4
13.	Тепловые преобразователи (часть 2)				1	4
	Подготовка к экзамену					4
	Итого:	72			16	56

## 5.2. Содержание:

### Лекция 1 (2 часа)

#### Основные понятия измерительной техники

Электрические измерения неэлектрических величин. Основные понятия и определения. Общий принцип передачи информации—модуляция передаваемых сигналов. Общие свойства и разновидности измерительных преобразователей. Методы измерительных преобразований

### Лекция 2 (2 часа)

#### Общие вопросы теории измерительной техники

Классификация погрешностей. Методы математического описания точности и диапазона средств измерений. Общие методы повышения точности средств измерений. Погрешность линейности и методы расширения рабочего диапазона средств измерений

### Лекция 3 (4 часа)

#### Вероятностная и информационная теория погрешностей

Детерминистский и вероятностный подходы к оценке погрешностей средств измерений. Необходимые сведения из теории вероятностей. Необходимые сведения из теории информации. Практические методы вычисления по экспериментальным данным числовых характеристик законов распределения погрешностей (необходимые сведения из статистики)

Классификация видов законов распределения результирующей погрешности средств измерений. Законы распределения отдельных составляющих погрешности средств измерений. Основы теории суммирования погрешностей. Методика определения результирующих энтропийных

коэффициентов законов распределения и энтропийных значениях погрешностей при их суммировании.

#### **Лекция 4. (2 часа)**

### **Теория измерительных цепей прямого преобразования**

Классификация измерительных цепей прямого преобразования. Теория измерительных цепей для работы с генераторными преобразователями. Теория измерительных цепей последовательного включения параметрических преобразователей. Теория измерительных цепей параметрических преобразователей в виде делителей. Теория измерительных цепей параметрических преобразователей в виде неравновесных мостов. Особенности неравновесных мостов переменного тока.

#### **Лекция 5 (4 часа)**

### **Динамические свойства средств измерений**

Способы описания динамических свойств средств измерений. Динамические характеристики электрических и механических апериодических звеньев. Динамические характеристики звеньев с тепловой инерционностью. Дифференциальное уравнение, понятие собственной частоты и показатели затухания колебательных звеньев. Частотные характеристики колебательных звеньев. Фазовые характеристики колебательных звеньев. Переходные характеристики колебательных звеньев

Эквивалентные электрические схемы механоэлектрических преобразователей. Динамические характеристики пневматических и гидравлических звеньев. Расчет частотных характеристик механических и акустических звеньев с сосредоточенными и распределенными параметрами. Динамические свойства участка измерительного канала с модуляцией и демодуляцией. Частотные характеристики приборов прямого преобразования и методы коррекции частотных погрешностей.

#### **Лекция 6 (2 часа)**

### **Механические упругие измерительные преобразователи**

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

#### **Лекция 7 (2 часа)**

### **Резистивные преобразователи механических величин**

Контактные преобразователи. Реостатные преобразователи. Тензорезисторы

#### **Лекция 8 (2 часа)**

### **Пьезоэлектрические и электростатические преобразователи**

Физические основы и область применения пьезоэлектрических преобразователей. Методы расчета поверхностных зарядов, деформаций и механических напряжений при прямом и обратном пьезоэффекте. Пьезоэлектрические преобразователи силы, давления и ускорения. Анализ путей повышения эффективности пьезоэлектрических преобразователей. Принцип действия и область применения электростатических преобразователей. Емкостные преобразователи

#### **Лекция 9 (2 часа)**

### **Электромагнитные преобразователи**

Разновидности и принципы действия электромагнитных преобразователей. Теоретические основы расчета электромагнитных преобразователей. Индуктивные преобразователи. Трансформаторные (взаимоиндуктивные) преобразователи. Индукционные преобразователи. Магнитоупругие преобразователи

#### **Лекция 11 (4 часа)**

### **Тепловые преобразователи**

Теоретические основы расчета тепловых преобразователей. Термоэлектрические преобразователи. Принцип действия, применяемые материалы. Удлинительные термоэлектроды, измерительные цепи, погрешности термопар. Тепловые обратные преобразователи. Разновидности терморезисторов, применяемые материалы, основы расчета. Промышленные термопары и терморезисторы. Тепловые преобразователи для измерения скорости потока. Тепловые преобразователи для анализа состава и измерения плотности газов. Применение терморезисторов для измерения механических перемещений.

## 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
1.	Основные понятия измерительной техники	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
2.	Общие вопросы теории измерительной техники	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
3.	Вероятностная и информационная теория погрешностей (часть 1)	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
4.	Вероятностная и информационная теория погрешностей (часть 2)	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
5.	Теория измерительных цепей прямого преобразования	Подготовка реферата на заданную тему	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Защита РГР
6.	Динамические свойства средств измерений (часть 1)	Изучение материала лекции, подготовка к	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной	Текущий опрос на лабораторных занятиях

		лабораторной работе		литературы	
7.	Динамические свойства средств измерений (часть 2)	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
8.	Механические упругие измерительные преобразователи	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
9.	Резистивные преобразователи механических величин	Вариант задания по выбору преподавателя	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Еженедельные индивидуальные консультации
10.	Пьезоэлектрические и электростатические преобразователи	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
11.	Электромагнитные преобразователи	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
12.	Тепловые преобразователи (часть 1)	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
13.	Тепловые преобразователи (часть 2)	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
	Подготовка к зачету		4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	зачет
	Итого:		80		



## **6.2. Тематика и задания для лабораторных занятий**

1. Реостатный преобразователь для измерения линейных и угловых перемещений.
2. Изучение конструкции тензодатчиков, схем подключения, усилителей, регистрирующих приборов.
3. Использование тензодатчиков для измерения деформаций и перемещений.
4. Использование тензодатчиков для измерения сил.
5. Приборы для измерения угловых перемещений (лазерный и механический тахометры, строботахометр)
6. Акселерометры, измерение ускорений.
7. Измерения давления газа и скорости потока на примере датчика Motorola MPX-500DP.
8. Трансформаторный датчик измерения углов поворота вала.
9. Энкодеры, как датчики угловых и линейных перемещений.
10. Изучение конструкции и принципа действия емкостных датчиков.
11. Система сбора данных на примере NI-9219 .
12. Защита лабораторных работ.

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

*а) основная:*

1. Раннев Г. Г., Тарасенко А. П. Методы и средства измерений. М.: Академия. 2004. – 336 с.
2. Раннев Г. Г. Интеллектуальные средства измерений: Учебник. - М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 260 с.

*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**

ЭБС «Znanium»

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

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

Учебный корпус «Б», ауд. № Б-106. (лекции, текущий контроль и промежуточная аттестация).	Посадочных мест – 48, рабочее место преподавателя, рабочая доска, комплект учебно-методических пособий, проектор.	Специальное программное обеспечение не используется
Учебный корпус «Б», ауд. № Б-302. (лабораторные работы, групповые и индивидуальные консультации, текущий контроль и промежуточная аттестация).	Посадочных мест – 26, , рабочее место преподавателя, рабочая доска, комплект учебно-методических пособий, компьютеры Intel Pentium Dual-Core E5200 2.50 GHz Socket 775800 MHz BOX – 10 шт. Сетевые ПЭВМ с набором необходимого программного обеспечения и выходом в Internet.	Windows 8.1. Поставщик ЗАО Софт Лайн Трейд. Договор № 50156/ЯР4393 от 11.12.2014. Microsoft Office Std. Поставщик ЗАО Софт Лайн Трейд. Договор № 50156/ЯР4393 от 11.12.2014. ПО Kaspersky Endpoint Security. Поставщик ООО Системный интегратор. Договор № СИ0002820 от 31.03.2017. MathCAD Education. Поставщик ООО ЮнитАльфаСОФТ. Договор № 208/13 от 10.06.2013. Обновление Компас 3D. Поставщик ООО Точка Комп. Договор № 2-ЭА-2014 от 29.05.2014.
Учебный корпус «Б», ауд. № Б-109. (лабораторные работы, групповые и индивидуальные консультации, текущий контроль и промежуточная аттестация).	Посадочных мест – 16, рабочее место преподавателя, рабочая доска, комплект учебно-методических пособий, персональный компьютер. Батаные механизмы. Виброизмерительная аппаратура. Стенд ВЭДС-10А. Стенд для испытания эластичных покрытий. Прядильная машина. Стенд привода веретен. Стенд кулачкового механизма. Вибростенды. Стенды ткацкого оборудования. Наборы измерительных инструментов, датчики измерения перемещений, ускорений, усилий, деформаций, вибраций и др., измерительный комплекс ZetLab на базе АЦП с программным обеспечением, аналого-цифровые преобразователи на базе ЭВМ.	Специальное программное обеспечение не используется
Учебный корпус «Б», ауд. № Б-312. (помещение для ремонта и обслуживания оборудования).		Специальное программное обеспечение не используется
Читальный зал главного корпуса, ауд.119 (самостоятельная работа).	17 посадочных мест; 6 компьютеров (5 для читателей, 1 для сотрудника); 2 принтера; 1 копировальный аппарат.	Специальное программное обеспечение не используется