

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Наименование образовательной программы: Информационно-аналитические и диагностические интеллектуальные технологии

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ**  
**ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.06.03.02
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	2 семестр - 4;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	144 часа
<b>Лекции</b>	2 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Лабораторные работы</b>	2 семестр - 16 часов;
<b>Консультации</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>Самостоятельная работа</b>	2 семестр - 95,7 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	2 семестр - 0,3 часа;

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Глушнев В.Д.
	Идентификатор	R12c6ffb5-GlushnevVD-6e9a8b47

В.Д. Глушнев

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Хвостов А.А.
	Идентификатор	Rd7c1e2e7-KhvostovAA-a55ec66d

А.А. Хвостов

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Самокрутов А.А.
	Идентификатор	R145b9cc2-SamokrutovAA-7b5e7df

А.А.  
Самокрутов

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение физических законов и явлений, лежащих в основе преобразования физических величин в электрические с целью получения измерительной информации, принципов построения преобразователей измерительных сигналов и анализ их метрологических характеристик..

### Задачи дисциплины

- изучение законов преобразования физических величин и методов построения на их основе измерительных преобразователей;
- изучение принципов функционирования, построения и анализа схем функциональных измерительных узлов измерительных преобразователей;
- реализация возможностей современной элементной базы с целью построения оптимальных схем;
- применение методик исследования схем в статическом и динамическом режимах для проверки правильности их работы..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен применять фундаментальные научные методы при исследовании, анализе, моделировании и проектировании аналитических информационных систем	ИД-2ПК-1 Проводит расчет и проектирование первичных преобразователей, предназначенных для измерения различных физических величин	знать: - •основные источники научно-технической информации в области измерительных преобразователей; - •принципы построения структурных, функциональных и принципиальных схем измерительных преобразователей; - •основные физические законы и явления лежащие в основе схемотехники измерительных преобразователей; - •алгоритмы преобразования измерительной информации в преобразователях физических величин, классификацию и назначение функциональных узлов и устройств информационно-измерительной техники.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Информационно-аналитические и диагностические интеллектуальные технологии (далее – ОПОП), направления подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать физические явления и законы, изучаемые в общем курсе физики по разделам: механика (кинематика и динамика), молекулярная физика и термодинамика, электродинамика, колебания и волны, оптика.
- знать основные понятия и методы теоретических основ электротехники
- знать основные понятия и методы теории вероятностей

- уметь проводить расчеты функциональных схем ИП, определять требования к их отдельным узлам
- уметь анализировать и рассчитывать погрешности преобразования ИП
- уметь разрабатывать алгоритмы вычислительно-измерительных процедур, обеспечивающих коррекцию систематических погрешностей преобразования первичных измерительных преобразователей

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Общие положения и определения. Классификация методов измерения физических величин	20	2	4	-	-	-	-	-	-	-	16	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Общие положения и определения. Классификация методов измерения физических величин и подготовка к контрольной работе 1</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], Стр. 5-15 [2], Стр. 5-12 [4], Стр. 5-12; Стр.131-133</p>
1.1	Физические законы и явления - основа измерительных процедур и принципа действия измерительных преобразователей	10		2	-	-	-	-	-	-	-	8	-	
1.2	Классификация методов измерения по физическим законам, лежащим в основе принципов действия измерительных преобразователей (ИП)	10		2	-	-	-	-	-	-	-	8	-	
2	Электрические и электромагнитные методы преобразования неэлектрических величин	48		8	8	-	-	-	-	-	-	32	-	
2.1	ИП параметрического типа	18	4	4	-	-	-	-	-	-	10	-		

2.2	ИП генераторного типа	16	2	4	-	-	-	-	-	-	10	-	преобразования неэлектрических величин". <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], Стр. 342-346 [2], Стр. 144 - 154
2.3	Источники погрешностей ИП параметрического и генераторного типов	14	2	-	-	-	-	-	-	-	12	-	
3	Электромеханические и электроакустические измерительные преобразователи	28	8	4	-	-	-	-	-	-	16	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Электромеханические и электроакустические измерительные преобразователи и подготовка к контрольной работе 2 <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], Стр. 159-161 [3], Стр. 49-54
3.1	Принцип электромеханических аналогий - основа методов расчета электромеханических преобразователей	10	2	-	-	-	-	-	-	-	8	-	
3.2	Пьезоэлектрические преобразователи (ПЭП) в измерительных преобразователях параметрического и генераторного типов	18	6	4	-	-	-	-	-	-	8	-	
4	Акустические методы измерения и контроля	26	6	4	-	-	-	-	-	-	16	-	
4.1	Основы акустики	10	2	-	-	-	-	-	-	-	8	-	необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, изучить методы обработки экспериментальных результатов по материалу, изученному в разделе "Акустические методы измерения и контроля". <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], Стр. 339-356 [3], Стр. 10-28
4.2	Эхолокационные методы измерения	16	4	4	-	-	-	-	-	-	8	-	
5	Оптические методы измерения и контроля	21.7	6	-	-	-	-	-	-	-	15.7	-	<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Для выполнения домашнего задания по теме

5.1	Преобразователи излучений	10		2	-	-	-	-	-	-	-	8	-	"Оптические методы измерения и контроля" необходимо, руководствуясь материалом лекций и рекомендованной литературы вывести функцию преобразования для заданного типа ИП и решить задачи, связанные с расчетом параметров и метрологических характеристик ИП <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], Стр. 131-136; Стр. 475-477
5.2	Оптические ИП параметрического типа	11.7		4	-	-	-	-	-	-	-	7.7	-	
	Зачет с оценкой	0.3		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	Всего за семестр	144.0		32	16	-	-	-	-	-	0.3	95.7	-	
	Итого за семестр	144.0		32	16	-	-	-	-	-	0.3	95.7	-	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Общие положения и определения. Классификация методов измерения физических величин

1.1. Физические законы и явления - основа измерительных процедур и принципа действия измерительных преобразователей

Физическая величина. Физические законы как математические выражения связи разнородных физических величин. Измерение. Измерительная информация. Измерительные преобразователи. Функция преобразования и функция влияния. Метрологические характеристики измерительных преобразователей (ИП) и их связь с характеристиками вычислительно-измерительных систем.

1.2. Классификация методов измерения по физическим законам, лежащим в основе принципов действия измерительных преобразователей (ИП)

Краткий обзор методов измерения и физических законов, используемых для преобразования неэлектрических величин в электрические. ИП генераторного и параметрического типов.

#### 2. Электрические и электромагнитные методы преобразования неэлектрических величин

2.1. ИП параметрического типа

Резистивные, емкостные, индуктивные методы преобразования неэлектрических величин в электрические измерительные сигналы (преобразователи перемещения, деформаций, давления, температуры). Общие методы преобразования выходных сигналов параметрических ИП в электрические сигналы и цифровой код.

2.2. ИП генераторного типа

Индукционные преобразователи параметров движения. Датчики Холла. Термоэлектрические преобразователи температуры.

2.3. Источники погрешностей ИП параметрического и генераторного типов

Шумы в измерительных цепях ИП и способы борьбы с помехами (экранирование, гальваническое разделение сигналов, фильтрация шумов).

#### 3. Электромеханические и электроакустические измерительные преобразователи

3.1. Принцип электромеханических аналогий - основа методов расчета электромеханических преобразователей

Обобщенная модель электромеханического преобразователя (ЭМП), уравнения связи между механическими и электрическими величинами ЭМП, эквивалентный электрический четырехполюсник, коэффициент электромеханической связи. Расчет метрологических параметров на примере магнитоэлектрического акселерометра.

3.2. Пьезоэлектрические преобразователи (ПЭП) в измерительных преобразователях параметрического и генераторного типов

Уравнение пьезоэффекта. Определение чувствительности ПЭП. Характеристики ПЭП, измерительные цепи, вторичные преобразователи. Измерители, давлений, вибраций и акселерометры.

#### 4. Акустические методы измерения и контроля

#### 4.1. Основы акустики

Элементы теории упругости, волновое уравнение, волны в газах, жидкости и твердых телах. Прохождение плоских звуковых волн через границу 2-х сред и через плоский слой. Акустическое поле плоского излучателя ограниченных размеров, диаграмма направленности и апертура.

#### 4.2. Эхолокационные методы измерения

Ультразвуковые методы измерения параметров движения. Метрологические модели акустических ИП и основные алгоритмы обработки ультразвуковых сигналов (УЗС). Цифровые методы обработки УЗС с целью повышения точности ИП.

### 5. Оптические методы измерения и контроля

#### 5.1. Преобразователи излучений

Классификация излучений. Внешний фотоэффект, фотоумножители. Внутренний фотоэффект, фотодиоды и фоторезисторы. Характеристики и измерительные цепи. Измерение жестких излучений, счетчик Гейгера.

#### 5.2. Оптические ИП параметрического типа

интерференционные методы измерения разности хода оптических лучей, лазерные измерители расстояний и параметров движения, лазерные акселерометры. Метрологические модели оптических ИП и алгоритмы обработки оптических измерительных сигналов.

### **3.3. Темы практических занятий**

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Исследование частотных и импульсных характеристик пьезоэлектрических преобразователей;
2. Исследование эхолокационных ультразвуковых измерителей расстояния;
3. Исследование резистивных преобразователей температуры;
4. Исследование термоэлектрических преобразователей температуры.

### **3.5 Консультации**

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)					Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	
<b>Знать:</b>							
•алгоритмы преобразования измерительной информации в преобразователях физических величин, классификацию и назначение функциональных узлов и устройств информационно-измерительной техники	ИД-2ПК-1	+					Контрольная работа/Анализ метрологических характеристик измерительных преобразователей (ИП), расчет составляющих погрешности ИП
•основные физические законы и явления лежащие в основе схемотехники измерительных преобразователей	ИД-2ПК-1		+				Контрольная работа/Резистивные и термоэлектрические преобразователи температуры
•принципы построения структурных, функциональных и принципиальных схем измерительных преобразователей	ИД-2ПК-1			+	+	+	Контрольная работа/Акустические и оптические параметрические методы Контрольная работа/Электромеханические и электро-акустические измерительные преобразователи
•основные источники научно-технической информации в области измерительных преобразователей	ИД-2ПК-1	+					Контрольная работа/Анализ метрологических характеристик измерительных преобразователей (ИП), расчет составляющих погрешности ИП

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**2 семестр**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Акустические и оптические параметрические методы (Контрольная работа)
2. Электромеханические и электро-акустические измерительные преобразователи (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Резистивные и термоэлектрические преобразователи температуры (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Анализ метрологических характеристик измерительных преобразователей (ИП), расчет составляющих погрешности ИП (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №2)*

Оценка за освоение дисциплины на зачете определяется как среднеарифметическая оценка за контрольные работы, защиты лабораторных работ, защиту расчетного задания

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Аш, Ж. Датчики измерительных систем : В 2 кн. Кн.1. : пер. с фр. / Ж. Аш. – М. : Мир, 1992. – 480 с. – ISBN 5-03-001641-4.;
2. Клаассен, К. Б. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике : пер. с англ. / К. Б. Клаассен. – М. : Постмаркет, 2000. – 352 с. – (Б-ка современной электроники). – ISBN 5-901095-02-2 : 155.00.;
3. Домаркас, В. И. Ультразвуковая эхоскопия / В. И. Домаркас, Э. Л. Пилецкас. – Л. : Машиностроение, 1988. – 275 с.;
4. В. И. Волхонов, Е. И. Шклярова- "Метрология, стандартизация и сертификация", Издательство: "Альтаир|МГАВТ", Москва, 2011 - (246 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=430004>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;

4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
2. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
3. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-530, Учебная аудитория каф. "ИИТ"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-530а, Учебно-исследовательская лаборатория «Лаборатория по исследования интерфейсов периферийных устройств»	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-530в, Учебная аудитория каф. "ИИТ"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-430/4, Лаборатория	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-403, Склад	стол для работы с документами, шкаф, шкаф для документов, книги, учебники, пособия, дипломные и курсовые работы студентов
	В-308/1, Кладовая	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Физические основы и технологии получения измерительной информации

(название дисциплины)

#### 2 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Анализ метрологических характеристик измерительных преобразователей (ИП), расчет составляющих погрешности ИП (Контрольная работа)  
 КМ-2 Резистивные и термоэлектрические преобразователи температуры (Контрольная работа)  
 КМ-3 Электромеханические и электро-акустические измерительные преобразователи (Контрольная работа)  
 КМ-4 Акустические и оптические параметрические методы (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Общие положения и определения. Классификация методов измерения физических величин					
1.1	Физические законы и явления - основа измерительных процедур и принципа действия измерительных преобразователей		+			
1.2	Классификация методов измерения по физическим законам, лежащим в основе принципов действия измерительных преобразователей (ИП)		+			
2	Электрические и электромагнитные методы преобразования неэлектрических величин					
2.1	ИП параметрического типа			+		
2.2	ИП генераторного типа			+		
2.3	Источники погрешностей ИП параметрического и генераторного типов			+		
3	Электромеханические и электроакустические измерительные преобразователи					
3.1	Принцип электромеханических аналогий - основа методов расчета электромеханических преобразователей				+	+
3.2	Пьезоэлектрические преобразователи (ПЭП) в измерительных преобразователях параметрического и генераторного типов				+	+
4	Акустические методы измерения и контроля					
4.1	Основы акустики				+	+

4.2	Эхолокационные методы измерения			+	+
5	Оптические методы измерения и контроля				
5.1	Преобразователи излучений			+	+
5.2	Оптические ИП параметрического типа			+	+
Вес КМ, %:		15	15	35	35