

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

---

Направление подготовки/специальность: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Наименование образовательной программы: Вычислительно-измерительные системы

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.07</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>5 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>5 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>5 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5 семестр - 59,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Домашнее задание</b> <b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>5 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2020**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

В.Д. Глушнев

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Серов Н.А.
	Идентификатор	R708da564-SerovNA-06ab7859

(подпись)

Н.А. Серов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Желбаков И.Н.
	Идентификатор	R839a3a63-ZhelbakovIN-f73624c

(подпись)

И.Н. Желбаков

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение основ элементной базы измерительных преобразователей, принципов построения преобразователей измерительных сигналов и анализ их метрологических характеристик

### Задачи дисциплины

- изучение основ схемотехники измерительных преобразователей;
- реализация возможностей современной элементной базы с целью построения оптимальных схем;
- изучение принципов функционирования, построения и анализа схем функциональных измерительных узлов измерительных преобразователей;
- 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 обосновывать принимаемые проектные решения, осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности	ИД-3 <sub>ПК-1</sub> Производит оценку влияния применяемых технических решений на общее функционирование системы	знать: - основы схемотехники измерительных преобразователей, принципы построения структурных, функциональных и принципиальных схем измерительных преобразователей; - особенности применяемых технических решений; - теорию погрешностей средств измерений.  уметь: - оценивать влияние применяемых технических решений на общее функционирование системы; - проводить калибровочные процедуры измерительных систем.
ПК-4 Способен анализировать состояние средств измерений в организации, внедрение в процессы производства необходимых средств измерений и стандартных образцов и методик измерений	ИД-2 <sub>ПК-4</sub> Проводит калибровочные процедуры измерительных систем	знать: - требования к эталонным средствам измерений; - содержание закона «Об обеспечении единства измерений».  уметь: - выбирать эталонные средства измерений, соответствующие техническому заданию; - применять знания содержания закона «Об обеспечении единства измерений» при эксплуатации и разработке средств измерений.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Вычислительно-измерительные системы (далее – ОПОП), направления подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Основы электротехники: методы расчета электрических цепей с сосредоточенными параметрами на постоянном и переменном токе, динамические параметры инерционных звеньев (R-C и R-L цепочек) и колебательных L-C контуров
- знать Основы метрологии и теорию погрешностей
- знать Основы электронной техники: активные и пассивные электронные компоненты и основные схемы: усилители, компараторы, генераторы, логические элементы и базовые схемы цифровых устройств
- уметь Рассчитывать электрические схемы и определять динамические параметры R-C, R-L цепочек и колебательных L-C контуров
- уметь Рассчитывать погрешности прямых и косвенных измерений по метрологическим характеристикам средств измерений
- уметь Объяснять принцип действия электронных схем усилителей, компараторов, логических элементов

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 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ 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	Основные характеристики измерительных преобразователей	14	5	4	4	-	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Подготовка к контрольной работе №1</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Задания ориентированы на решения минизадч по разделу "Основные характеристики измерительных преобразователей". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: 1. Для заданных функций преобразования, функций влияния и требований к погрешности ИП, определить рабочий диапазон изменения входной и выходной величин ИП, определить калибровочную функцию ИП и погрешность, приведенную ко входу. 2. Для заданных динамических параметров измерительных цепей и времени установления рассчитать динамическую погрешность ИП, или для заданной динамической погрешности рассчитать время установления. 3. Определить погрешность нелинейности для заданной нелинейной функции преобразования ИП при её линейной и квадратичной аппроксимации</p>
1.1	Измерительные преобразователи и вычислительно-измерительные системы	14		4	4	-	-	-	-	-	-	-	6	

														<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 8-18;
2	Метрологические характеристики измерительных преобразователей	22	6	4	-	-	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Метрологические характеристики измерительных преобразователей" материалу. Подготовка к лабораторной работе №2
2.1	Функция преобразования измерительных преобразователей (ИП) Калибровочная функция и функция влияния. Переходные характеристики и передаточные функции ИП	22	6	4	-	-	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Метрологические характеристики измерительных преобразователей". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: Расчет и построение графиков стандартных функций преобразования термопреобразователей, расчет и интерполяция полиномами калибровочных функций. Определение погрешности интерполяции. Расчет погрешностей последовательно соединенных ИП. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 21-45 [3], стр. 7-43
3	Измерительные преобразователи электрических сигналов в электрические	28	12	4	-	-	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Измерительные преобразователи электрических сигналов в электрические" Подготовка к контрольной работе №2

3.1	Преобразователи на пассивных элементах Операционные усилители в качестве ИП электрических величин	28		12	4	-	-	-	-	-	-	12	-	<p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лабораторной работы Подготовка к защите лабораторной работы №2 Выполнение расчетного задания</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Измерительные преобразователи электрических сигналов в электрические". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: Расчет параметров измерительных мостиковых схем Расчет масштабирующего измерительного усилителя Расчет электрических параметров резистивных измерительных преобразователей Расчет параметров индуктивных и емкостных преобразователей Расчет передаточной характеристики измерительных усилителей переменного напряжения, построение ЛАЧХ и ФЧХ</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Измерительные преобразователи электрических сигналов в электрические" материалу. Подготовка к лабораторной работе №3</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 241-325 [3], стр. 43-57</p>
4	Измерительные	43.7		10	4	-	-	-	-	-	-	29.7	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b>





													<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [2], стр.141-159
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	-	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>59.7</b>	-	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	-	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>59.7</b>	-	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПР – 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. Основные характеристики измерительных преобразователей

##### 1.1. Измерительные преобразователи и вычислительно-измерительные системы

Основные понятия. Назначение и классификация, технические характеристики измерительных преобразователей и их связь с характеристиками вычислительно-измерительных систем. Структуры вычислительно-измерительных систем..

#### 2. Метрологические характеристики измерительных преобразователей

2.1. Функция преобразования измерительных преобразователей (ИП) Калибровочная функция и функция влияния. Переходные характеристики и передаточные функции ИП

Статические и динамические характеристики ИП. Особенности нормирования метрологических характеристик ИП. Погрешности по входу и выходу ИП. Динамическая погрешность ИП и методы ее нормирования.

#### 3. Измерительные преобразователи электрических сигналов в электрические

3.1. Преобразователи на пассивных элементах Операционные усилители в качестве ИП электрических величин

Преобразователи напряжения в ток и тока в напряжение. Преобразователи сопротивления: мосты, двухпроводные усилители и др. Преобразователи переменного напряжения в постоянное, детекторы и их входные параметры. Интегрирующие и дифференцирующие ИП, расчет и нормирование параметров.

#### 4. Измерительные преобразователи неэлектрических величин

4.1. Параметрические преобразователи резистивного, емкостного и индуктивного типов. Акустические и оптические ИП параметрического типа

Датчики перемещений. Мостовые схемы включения. Резистивные и полупроводниковые термопреобразователи. Дифференциальные емкостные и индуктивные ИП, принцип действия и устройство, трансформаторные ИП. Вторичные преобразователи емкости и индуктивности в напряжение, фазочувствительные выпрямители. Акустические и оптические измерители параметров движения. Характеристики и измерительные цепи параметрических ИП..

4.2. Преобразователи генераторного типа. Магнитоиндукционные, пьезоэлектрические, фотоэлектрические

Пьезоэлектрические и пьезорезонансные ИП, принцип действия и устройство. Характеристики, измерительные цепи, вторичные преобразователи. Измерители вибраций и акселерометры. Термоэлектрические ИП, принцип действия и устройство. Характеристики и измерительные цепи. Компенсация холодных концов, нормирование параметров.

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

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Лабораторная работа №1 Терморезисторы и термопары.;
2. Лабораторная работа №2 Тензорезисторы.;
3. Лабораторная работа №3. Интегрирующие и дифференцирующие преобразователи;

4. Лабораторная работа №4. Акселерометры и измерители вибраций (4 часа)..

### **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	
<b>Знать:</b>						
теорию погрешностей средств измерений	ИД-3ПК-1		+			Контрольная работа/Метрологические характеристики измерительных преобразователей Домашнее задание/Основные характеристики измерительных преобразователей
особенности применяемых технических решений	ИД-3ПК-1				+	Домашнее задание/Измерительные преобразователи неэлектрических величин
основы схемотехники измерительных преобразователей, принципы построения структурных, функциональных и принципиальных схем измерительных преобразователей	ИД-3ПК-1	+				Домашнее задание/Основные характеристики измерительных преобразователей
содержание закона «Об обеспечении единства измерений»	ИД-2ПК-4		+			Домашнее задание/Основные характеристики измерительных преобразователей
требования к эталонным средствам измерений	ИД-2ПК-4		+			Контрольная работа/Метрологические характеристики измерительных преобразователей
<b>Уметь:</b>						
проводить калибровочные процедуры измерительных систем	ИД-3ПК-1	+	+			Домашнее задание/Измерительные преобразователи неэлектрических величин Контрольная работа/Метрологические характеристики измерительных преобразователей Домашнее задание/Основные

						характеристики измерительных преобразователей
оценивать влияние применяемых технических решений на общее функционирование системы	ИД-3ПК-1			+	+	Домашнее задание/Измерительные преобразователи неэлектрических величин Контрольная работа/Измерительные преобразователи электрических сигналов в электрические
применять знания содержания закона «Об обеспечении единства измерений» при эксплуатации и разработке средств измерений	ИД-2ПК-4	+	+			Контрольная работа/Измерительные преобразователи электрических сигналов в электрические Контрольная работа/Метрологические характеристики измерительных преобразователей
выбирать эталонные средства измерений, соответствующие техническому заданию	ИД-2ПК-4	+	+			Контрольная работа/Измерительные преобразователи электрических сигналов в электрические Контрольная работа/Метрологические характеристики измерительных преобразователей

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

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

###### **5 семестр**

Форма реализации: Проверка задания

1. Измерительные преобразователи неэлектрических величин (Домашнее задание)
2. Измерительные преобразователи электрических сигналов в электрические (Контрольная работа)
3. Метрологические характеристики измерительных преобразователей (Контрольная работа)
4. Основные характеристики измерительных преобразователей (Домашнее задание)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №5)*

Итоговая оценка по совокупности результатов текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации. формула для оценки:  $ИТОГ=0,1KM1+0,1KM2+0,1KM3+0,1KM4+0,6PA$

В диплом выставляется оценка за 5 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. Джексон, Р. Г. Новейшие датчики : пер. с англ. / Р. Г. Джексон . – М. : Техносфера, 2007 . – 384 с. – (Мир электроники) . - ISBN 978-5-948361-11-6 .;
3. 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. MathCad;
5. Майнд Видеоконференции;
6. Acrobat Reader.

##### **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-530г, Учебно-исследовательская лаборатория «Лаборатория автоматизации процессов измерения и управления при проведении лабораторных исследований»	
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-530б, Учебно-исследовательская лаборатория «Лаборатория автоматизации процессов измерения и управления при проведении лабораторных исследований»	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-530б, Учебно-исследовательская лаборатория «Лаборатория автоматизации процессов измерения и управления при проведении лабораторных исследований»	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-430/3, Лаборатория каф. "ИИТ"	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-403, Склад	стол для работы с документами, шкаф, шкаф для документов

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Измерительные преобразователи

(название дисциплины)

#### 5 семестр

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

- КМ-1 Основные характеристики измерительных преобразователей (Домашнее задание)
- КМ-2 Метрологические характеристики измерительных преобразователей (Контрольная работа)
- КМ-3 Измерительные преобразователи электрических сигналов в электрические (Контрольная работа)
- КМ-4 Измерительные преобразователи неэлектрических величин (Домашнее задание)

**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	Основные характеристики измерительных преобразователей					
1.1	Измерительные преобразователи и вычислительно-измерительные системы		+	+	+	+
2	Метрологические характеристики измерительных преобразователей					
2.1	Функция преобразования измерительных преобразователей (ИП) Калибровочная функция и функция влияния. Переходные характеристики и передаточные функции ИП		+	+	+	+
3	Измерительные преобразователи электрических сигналов в электрические					
3.1	Преобразователи на пассивных элементах Операционные усилители в качестве ИП электрических величин				+	+
4	Измерительные преобразователи неэлектрических величин					
4.1	Параметрические преобразователи резистивного, емкостного и индуктивного типов. Акустические и оптические ИП параметрического типа				+	+
4.2	Преобразователи генераторного типа. Магнитоиндукционные, пьезоэлектрические, фотоэлектрические					+
Вес КМ, %:			20	20	20	40