

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

---

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Термоядерные реакторы и плазменные установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ И АНАЛИЗА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН**


<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.19</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>8 семестр - 2;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>72 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>8 семестр - 14 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>8 семестр - 14 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>8 семестр - 43,7 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>Контрольная работа</b> <b>Перекрестный опрос</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>8 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2019**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Лукашевский М.В.
	Идентификатор	R#4b7e3cb-LukashevskyMV-6844ab

(подпись)

М.В.


Лукашевский

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4


(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение методов измерения основных электрических величин и приборов для регистрации и преобразования оптических сигналов, используемых при проектировании и эксплуатации систем сбора и обработки данных плазменных установок

### Задачи дисциплины

- изучение основных принципов и методов измерения параметров электрических сигналов;
- изучение основных методов и приборов фотоэлектрической регистрации и преобразования оптических сигналов;
- приобретение навыков принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании элементов систем диагностики плазмы.

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-3 Способен к участию в лабораторном и численном эксперименте, обработке опытных данных	ИД-бПК-3 Владеет основными методами измерения и анализа электрических сигналов, демонстрирует понимание принципов работы приборов фотоэлектрической регистрации и преобразования оптических сигналов	знать: - методы измерения осциллограмм типичных электрических сигналов; - основные методы, применяемые для измерения интервалов времени и частоты сигналов; - основные методы анализа сигналов, применяемые в экспериментальной физике, принцип действия и область применения фотоэлектрических приемников излучения.  уметь: - выполнять измерение и анализ типичных электрических сигналов, выполнять преобразование и регистрацию оптического излучения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Термоядерные реакторы и плазменные установки (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях
- знать Явление фотоэффекта
- знать Ряды и интегралы Фурье
- уметь Анализировать электрические цепи

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 2 зачетных единицы, 72 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	Осциллографические методы измерения параметров электрических сигналов	17	8	4	5	-	-	-	-	-	-	8	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Осциллографические методы измерения параметров электрических сигналов" <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 "Осциллографические методы измерения параметров электрических сигналов" материалу. <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Осциллографические методы измерения параметров электрических сигналов" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 54-85 [4], стр. 4 -13</p>
1.1	Осциллографические методы измерения	17		4	5	-	-	-	-	-	-	8	-	
2	Измерение интервалов времени, частоты и фазовых	4		2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	



	излучения													задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Фотоэлектрические приборы для регистрации оптического излучения" материалу. <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Фотоэлектрические приборы для регистрации оптического излучения" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 76-80, стр. 95- 127, стр. 145 – 159 [4], стр. 14 -30
5	Электронно-оптические преобразователи и усилители	10	2	3	-	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Электронно-оптические преобразователи и усилители"	
5.1	ЭОП	10	2	3	-	-	-	-	-	-	5	-	<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 "Электронно-оптические преобразователи и усилители" материалу. <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Электронно-оптические преобразователи и усилители" <b><u>Изучение материалов литературных</u></b>	

													<b>источников:</b> [2], стр. 159 – 166 [4], стр. 44 -55
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>72.0</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	-	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>26</b>	<b>17.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>72.0</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	-	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>43.7</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. Осциллографические методы измерения параметров электрических сигналов

##### 1.1. Осциллографические методы измерения

Источники электрических сигналов в физическом эксперименте Осциллографические методы измерений параметров электрических сигналов. Общая функциональная схема осциллографа. Электронно-лучевые трубки осциллографов. Виды осциллографических разверток. Синхронизация разверток. Входные каскады осциллографов. Стробоскопические осциллографы.

#### 2. Измерение интервалов времени, частоты и фазовых сдвигов

##### 2.1. Измерение интервалов времени, частоты и фазовых сдвигов

Измерение интервалов времени, периода, частоты, фазового сдвига методом дискретного счета. Функциональная схема цифрового частотомера. Способы уменьшения погрешности метода. Гетеродинные методы. Расширение частотного диапазона фазометров.

#### 3. Методы анализа сигналов

##### 3.1. Методы анализа сигналов

Преобразование Фурье. Спектральный анализ сигналов. Взаимная спектральная плотность сигналов. Энергетический спектр. Корреляционный анализ сигналов. Связь между энергетическим спектром сигнала и его автокорреляционной функцией. Применение корреляционного анализа для повышения отношения сигнал-шум. Метод синхронного детектирования. Теория синхронного детектирования. Синхронное детектирование в режиме развертки. Детекторы излучений. Возможные формы получения информации от детекторов излучений. Амплитудные анализаторы.

#### 4. Фотоэлектрические приборы для регистрации оптического излучения

##### 4.1. Регистрация оптического излучения

Принцип работы фотоприемных приборов. Характеристики и параметры фотоприемников. Вакуумный фотоэлемент, ФЭУ, каналные умножители. Фотодиоды на основе р-п-перехода. Фотодиоды с р-і-п-структурой. Лавинные фотодиоды. ПЗС-детекторы.

#### 5. Электронно-оптические преобразователи и усилители

##### 5.1. ЭОП

Конструкция ЭОП, назначения ЭОП. Методы усиления яркости изображения. Применение МКП и ВОП в ЭОП. Фотокатоды ЭОП. Времяанализирующие ЭОП. Дисекторы..

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

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Изучение осциллографических методов регистрации электрических сигналов;
2. Изучение полупроводниковых фотоприемных приборов;
3. Амплитудный анализ сигналов;
4. Электронно-оптические преобразователи и усилители.



### **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>							
основные методы анализа сигналов, применяемые в экспериментальной физике, принцип действия и область применения фотоэлектрических приемников излучения	ИД-бПК-3			+	+	+	Контрольная работа/Методы анализа сигналов, Фотоэлектрические приемники излучения
основные методы, применяемые для измерения интервалов времени и частоты сигналов	ИД-бПК-3		+				Контрольная работа/Метод дискретного счета и его разновидности. Гетеродинный метод
методы измерения осциллограмм типичных электрических сигналов	ИД-бПК-3	+					Контрольная работа/Осциллографические методы измерения параметров электрических сигналов
<b>Уметь:</b>							
выполнять измерение и анализ типичных электрических сигналов, выполнять преобразование и регистрацию оптического излучения	ИД-бПК-3	+		+	+	+	Перекрестный опрос/Защита лабораторных работ

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

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

#### **8 семестр**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Метод дискретного счета и его разновидности. Гетеродинный метод (Контрольная работа)
2. Методы анализа сигналов, Фотоэлектрические приемники излучения (Контрольная работа)
3. Осциллографические методы измерения параметров электрических сигналов (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторных работ (Перекрестный опрос)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №8)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и зачетной составляющих

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

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

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

1. Мирский, Г. Я. Радиоэлектронные измерения / Г. Я. Мирский . – 2-е изд., перераб. и доп. . – М. : Энергия, 1969 . – 528 с.;
2. Ишанин Г. Г., Челибанов В. П.- "Приемники оптического излучения", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (304 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/168713>;
3. Баскаков, С. И. Радиотехнические цепи и сигналы : Руководство к решению задач : учебное пособие для вузов по специальности "Радиотехника" / С. И. Баскаков . – 3-е изд. . – М. : Эдиториал УРСС, 2016 . – 224 с. – (Классика инженерной мысли: радиотехника) . - ISBN 978-5-9710-0833-0 .;
4. Методы измерения и анализа электрических величин. Лабораторный практикум : учебное пособие по курсу "Методы измерения и анализа электрических величин" / Ю. И. Малахов, М. В. Лукашевский, И. И. Коротких, И. В. Воинкова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 60 с. - ISBN 978-5-7046-1742-6 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8221](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8221);
5. Маталин, Л. А. Методы регистрации и обработки данных в ядерной физике и технике / Л. А. Маталин, Ж. Нарай, С. И. Чубаров ; ред. Л. А. Маталин . – М. : Атомиздат, 1968 . – 570 с..

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office;
3. Windows;
4. Майнд Видеоконференции.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
6. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
7. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	А-113, Учебно-научная лаборатория «Оптико-физических измерений»	рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование учебное, техническая аппаратура, компьютер персональный, принтер, инвентарь специализированный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для самостоятельной работы	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для консультирования	А-208, Преподавательская	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки,

		компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	А-025, Кладовка лабораторного оборудования	стеллаж, оборудование специализированное

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Методы измерения и анализа электрических величин

(название дисциплины)

#### 8 семестр

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

- КМ-1 Осциллографические методы измерения параметров электрических сигналов (Контрольная работа)
- КМ-2 Метод дискретного счета и его разновидности. Гетеродинный метод (Контрольная работа)
- КМ-3 Методы анализа сигналов, Фотоэлектрические приемники излучения (Контрольная работа)
- КМ-4 Защита лабораторных работ (Перекрестный опрос)

**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	14
1	Осциллографические методы измерения параметров электрических сигналов					
1.1	Осциллографические методы измерения		+			+
2	Измерение интервалов времени, частоты и фазовых сдвигов					
2.1	Измерение интервалов времени, частоты и фазовых сдвигов			+		
3	Методы анализа сигналов					
3.1	Методы анализа сигналов				+	+
4	Фотоэлектрические приборы для регистрации оптического излучения					
4.1	Регистрация оптического излучения				+	+
5	Электронно-оптические преобразователи и усилители					
5.1	ЭОП				+	+
Вес КМ, %:			20	20	20	40