

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Проектирование и эксплуатация систем электроснабжения

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Заочная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ЭНЕРГЕТИКИ**


<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.01.01</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>5 семестр - 5;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>180 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>5 семестр - 8 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>5 семестр - 8 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>5 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5 семестр - 160,2 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>5 семестр - 1,5 часа;</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>5 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2023**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Журавлев О.В.
	Идентификатор	Rb5a945ac-ZhuravlevOV-e0d81a9

(подпись)


О.В. Журавлев

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кошарная Ю.В.
	Идентификатор	Ra3970c37-KosharnyaYV-98175ef


(подпись)

Ю.В. Кошарная

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Цырук С.А.
	Идентификатор	Raf2c04da-TsyrukSA-47ef358f

(подпись)

С.А. Цырук

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Освоение студентами применений современных математических методов для решения электроэнергетических задач с ориентировкой на использование для этого средств вычислительной техники, пакетов прикладных программ

### Задачи дисциплины

- изучение основных понятий, методов, приемов физико-математического аппарата и математического моделирования энергетических режимов;
- приобретение навыков анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;
- формирование базовых знаний, умений и навыков для успешного освоения различных технологий и программно-вычислительных комплексов;
- освоение математических методов и прикладных пакетов к решению задач энергетики с учетом специфики функционирования.

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 знание особенностей и характеристик элементов электроэнергетических систем и электротехнических комплексов, способов производства, транспорта и использования электроэнергии	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> умеет формировать прогнозы потребления электроэнергии и мощности	знать: - методы решения линейных алгебраических уравнений; - методы решения нелинейных алгебраических уравнений; - прикладные пакеты программ для расчета; - методы анализа и оптимизации режимов.  уметь: - проводить расчеты установившихся и переходных режимов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Проектирование и эксплуатация систем электроснабжения (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 5 зачетных единиц, 180 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 понятия и определения	18.6	5	1	-	2	-	0.3	-	0.3	-	15	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Введение"</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Введение"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 24-101 [2], стр. 50-78</p>
1.1	Основные понятия и определения	18.6		1	-	2	-	0.3	-	0.3	-	15	-	
2	Основные способы записи уравнения и прямые методы их решений	38.80		2	-	2	-	0.5	-	0.30	-	34	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные способы записи уравнения и прямые методы их решений"</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Основные способы записи уравнения и прямые методы их решений"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 200-235 [2], стр. 190-210 [4], стр. 40-52</p>
2.1	Уравнения узловых напряжений	20.35		1	-	1	-	0.2	-	0.15	-	18	-	
2.2	Прямые методы решения УУН	18.45		1	-	1	-	0.3	-	0.15	-	16	-	
3	Методы решения нелинейных уравнений	40.40	2	-	2	-	0.6	-	0.30	-	35.5	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу</p>	

3.1	Методы решения нелинейных УУН	17.95	1	-	1	-	0.3	-	0.15	-	15.5	-	"Методы решения нелинейных уравнений" <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Методы решения нелинейных уравнений" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 289-305 [4], стр. 61-71
3.2	Решение дифференциальных уравнений в задачах энергетики	22.45	1	-	1	-	0.3	-	0.15	-	20	-	
4	Устойчивость энергетических систем	22.6	1	-	1	-	0.3	-	0.3	-	20	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Устойчивость энергетических систем" <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Устойчивость энергетических систем" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], п.2 [5], стр. 24-35
4.1	Методы решения систем дифференциальных уравнений для анализа устойчивости ЭЭС	22.6	1	-	1	-	0.3	-	0.3	-	20	-	
5	Применение теории вероятности в энергосистемах	23.6	2	-	1	-	0.3	-	0.3	-	20	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Применение теории вероятности в энергосистемах" <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Применение теории вероятности в энергосистемах" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 150-187 [3], п.4 [5], стр. 54-71
5.1	Использование основ теории вероятности и математической статистики в задачах электроэнергетики	23.6	2	-	1	-	0.3	-	0.3	-	20	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	35.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>180.00</b>	<b>8</b>	-	<b>8</b>	-	<b>2.0</b>	-	<b>1.50</b>	<b>0.3</b>	<b>124.5</b>	<b>35.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>180.00</b>	<b>8</b>	-	<b>8</b>		<b>2.0</b>		<b>1.50</b>	<b>0.3</b>	<b>160.2</b>		

**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. Основные понятия и определения

#### 1.1. Основные понятия и определения

Предмет и задачи дисциплины. Модели основных элементов энергетической системы и системы в целом. Режимы электрических систем, их устойчивость и ее виды.

### 2. Основные способы записи уравнения и прямые методы их решений

#### 2.1. Уравнения узловых напряжений

Схема замещения электрических систем. Формирование и матричная запись уравнений установившегося режима электрических систем. Уравнения узловых напряжений (УУН) и их матричная запись. Матрица проводимостей. Электрическая сеть, как граф. Матрицы инцидентности. Использование матриц инцидентности при формировании и решении уравнений узловых напряжений.

#### 2.2. Прямые методы решения УУН

Метод Гаусса в алгебраической форме. Табличная форма метода Гаусса. Метод триангуляции матриц. Обращение матрицы узловых проводимостей. Решение системы линейных уравнений в обращенной форме, область применения такого подхода.

### 3. Методы решения нелинейных уравнений

#### 3.1. Методы решения нелинейных УУН

Способы задания нагрузки и генерации в узлах. Запись нелинейной системы уравнений узловых напряжений (УУН). Итерационные методы решения УУН. Простая и ускоренная итерация. Коэффициенты ускорения и замедления расчетов режима. Метод Ньютона. Градиентный метод и его применение в задачах электроэнергетики. Метод по параметру, его использование для оценки состояния ЭЭС. Достоинства и недостатки методов первого и второго порядка. Оптимизация режимов ЭЭС. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Применение градиентного метода в задачах оптимизации режимов ЭЭС.

#### 3.2. Решение дифференциальных уравнений в задачах энергетики

Постановка задачи анализа переходных режимов. Аналитическое решение уравнения движения ротора. Погрешности расчета. Численные методы решения дифференциальных уравнений: последовательных интервалов, Эйлера, Рунге-Кутты четвертого порядка. Область применения. Использование синхронизирующей мощности генератора для оценки статической устойчивости. Метод площадей для анализа динамической устойчивости.

### 4. Устойчивость энергетических систем

#### 4.1. Методы решения систем дифференциальных уравнений для анализа устойчивости ЭЭС

Формирование и решение систем дифференциальных уравнений. Анализ возможности упрощения системы дифференциальных уравнений. Запись и решение уравнений в отклонениях. Определение устойчивости по Ляпунову. Запись системы линеаризованных уравнений на операторной плоскости и ее решение. Характеристическое уравнение и его решение. Частотные критерии оценки результирующей устойчивости в ЭЭС. Оценка статической устойчивости ЭЭС. Практические и расчетные критерии, их взаимосвязь.

## 5. Применение теории вероятности в энергосистемах

5.1. Использование основ теории вероятности и математической статистики в задачах электроэнергетики

Статическая обработка результатов замеров режимных параметров в энергосистеме. Уравнения парной регрессии: линейное и квадратичное. Коэффициенты корреляции. Использование уравнений регрессии в задачах прогнозирования режимных параметров и оптимизации режимов. Множественная линейная регрессия, прогнозирование графиков нагрузки энергообъектов на ее основе. Надежности функционирования ЭЭС, виды надежности. Использование нейронных сетей, нечетких множеств в задачах. Основные понятия управления режимами энергосистем.

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

1. Оценка устойчивости по критериям;
2. Запись уравнений узловых напряжений, приведение к виду, удобному для решения;
3. Формирование нелинейной системы уравнений узловых напряжений, решение методами простой и ускоренной итерации;
4. Решение нелинейной системы УУН градиентным методом;
5. Решение системы уравнений методом Ньютона;
6. Решение системы уравнений табличным методом Гаусса. Обращение матрицы узловых проводимостей.

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Введение"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные способы записи уравнения и прямые методы их решений"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы решения нелинейных уравнений"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Устойчивость энергетических систем"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Применение теории вероятности в энергосистемах"

### **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>							
методы анализа и оптимизации режимов	ИД-2ПК-1				+		Тестирование/Устойчивость энергетических систем
прикладные пакеты программ для расчета	ИД-2ПК-1			+			Тестирование/Методы решения нелинейных уравнений
методы решения нелинейных алгебраических уравнений	ИД-2ПК-1		+				Тестирование/Основные способы записи уравнения и прямые методы их решения
методы решения линейных алгебраических уравнений	ИД-2ПК-1	+					Тестирование/Основные понятия и определения
<b>Уметь:</b>							
проводить расчеты установившихся и переходных режимов	ИД-2ПК-1					+	Контрольная работа/Применение теории вероятности в энергосистемах

## **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: Компьютерное задание

1. Методы решения нелинейных уравнений (Тестирование)
2. Основные понятия и определения (Тестирование)
3. Основные способы записи уравнения и прямые методы их решения (Тестирование)
4. Устойчивость энергетических систем (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Применение теории вероятности в энергосистемах (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

Экзамен (Семестр №5)

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

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. А. И. Кибзун, Е. Р. Горяинова, А. В. Наумов- "Теория вероятностей и математическая статистика: Базовый курс с примерами и задачами", (3-е изд., перераб. и доп.), Издательство: "Физматлит", Москва, 2007 - (232 с.)  
[https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69320;](https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69320)
2. Акулич И. Л.- "Математическое программирование в примерах и задачах", (3-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2011 - (352 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2027;](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2027;)
3. Барашков, А. С. Основы численных методов : Учебное пособие по курсу "Математические задачи энергетики" / А. С. Барашков, С. Н. Телегин ; Ред. А. И. Плис ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – 1992 . – 59 с. : 1.50 .;
4. Строев, В. А. Учебное пособие по курсу "Математические задачи энергетики": Уравнения установившегося режима электрической системы и методы их решения / В. А. Строев, Э. Н. Зуев ; Ред. И. В. Литкенс ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1981 . – 80 с.;
5. Фокин, Ю. А. Учебное пособие по курсу "Математические задачи энергетики": Применение методов математической статистики в энергетических расчетах / Ю. А. Фокин ; Ред. М. А. Калугина ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М . – 1981 . – 85 с..

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

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;

3. Windows / Операционная система семейства Linux;
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. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
5. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
6. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
7. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
8. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
9. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
10. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-417/6, Белая мультимедийная студия	стол компьютерный, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	Ж-417/7, Световая черная студия	стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, микрофон, мультимедийный проектор, экран, оборудование специализированное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
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	Ж-2006,	стол, стул, компьютер персональный,

консультирования	Конференц-зал ИДДО	кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ж-417 /2а, Помещение для инвентаря	стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные комплектующие для оборудования

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Математические задачи энергетики

(название дисциплины)

## 5 семестр

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

- КМ-1 Основные понятия и определения (Тестирование)  
 КМ-2 Основные способы записи уравнения и прямые методы их решения (Тестирование)  
 КМ-3 Методы решения нелинейных уравнений (Тестирование)  
 КМ-4 Устойчивость энергетических систем (Тестирование)  
 КМ-5 Применение теории вероятности в энергосистемах (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	3	6	9	12	15
1	Основные понятия и определения						
1.1	Основные понятия и определения		+				
2	Основные способы записи уравнения и прямые методы их решений						
2.1	Уравнения узловых напряжений			+			
2.2	Прямые методы решения УУН			+			
3	Методы решения нелинейных уравнений						
3.1	Методы решения нелинейных УУН				+		
3.2	Решение дифференциальных уравнений в задачах энергетики				+		
4	Устойчивость энергетических систем						
4.1	Методы решения систем дифференциальных уравнений для анализа устойчивости ЭЭС					+	
5	Применение теории вероятности в энергосистемах						
5.1	Использование основ теории вероятности и математической статистики в задачах электроэнергетики						+
Вес КМ, %:			20	20	20	20	20