

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроэнергетические системы и сети, их режимы, устойчивость, надежность и качество электрической энергии

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ**

<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>1 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>1 семестр - 32 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1 семестр - 75,7 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>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>1 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шульженко С.В.
	Идентификатор	Rdc34181f-ShulzhenkoSV-c0af1cc3

С.В. Шульженко

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кузнецов О.Н.
	Идентификатор	Rf1ad9303-KuznetsovON-34bc149f

О.Н. Кузнецов

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шаров Ю.В.
	Идентификатор	R324da3b6-SharovYurV-0bb905bf

Ю.В. Шаров

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение методов, используемых для решения оптимизационных задач в электроэнергетике

### Задачи дисциплины

- освоение методов исследования режимов электроэнергетических систем для выбора оптимальных (наилучших) решений при решении различных задач оптимизации;
- освоение алгоритмов принятия и обоснования технических решений при решении задач в электроэнергетике;
- применение соответствующего физико-математический аппарата, методов анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;
- участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования.

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 участвовать в научно-исследовательской деятельности в сфере электроэнергетики	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Умеет критически анализировать характеристики режимов современных электроэнергетических систем и сетей и возможности методов и средств их исследования	знать: - современные методы исследования режимов электроэнергетических систем.  уметь: - применять методы и алгоритмы, изученные в данной дисциплине, для поиска оптимальных решений при исследовании режимов электроэнергетических систем.
ПК-2 Способен участвовать в реализации технологических процессов объектов профессиональной деятельности	ИД-3 <sub>ПК-2</sub> Владеет методами моделирования, расчёта, оптимизации и управления электроэнергетическими системами и сетями	уметь: - применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов электроэнергетики.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электроэнергетические системы и сети, их режимы, устойчивость, надежность и качество электрической энергии (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать современные методы исследования режимов электроэнергетических систем
- уметь применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

- уметь принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования

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	Интерполяция зависимостей	12	1	-	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к практическим занятиям Подготовка к написанию контрольных работ <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], п.4 [5], п.3
1.1	Интерполяционные полиномы Лагранжа и Ньютона	12		-	-	4	-	-	-	-	-	8	-	
2	Методы определения интегралов	24		-	-	8	-	-	-	-	-	16	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к практическим занятиям Подготовка к написанию контрольных работ <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], п.6 [6], п.5
2.1	Численное интегрирование	24		-	-	8	-	-	-	-	-	16	-	
3	Решение задачи Коши для решения обыкновенных дифференциальных уравнений	30		-	-	12	-	-	-	-	-	18	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к практическим занятиям Подготовка к написанию контрольных работ <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], п.8
3.1	Численное дифференцирование	30		-	-	12	-	-	-	-	-	18	-	
4	Метод динамического программирования	24		-	-	8	-	-	-	-	-	16	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к практическим занятиям Подготовка к написанию контрольных работ <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
4.1	Применение метода динамического программирования	24		-	-	8	-	-	-	-	-	16	-	

	для поиска оптимальных решений												<b>источников:</b> [1], п.16 [2], п.17
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108.0</b>	-	-	32	-	-	-	-	0.3	58	17.7	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108.0</b>	-	-	32	-	-	-	-	0.3	75.7		

**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. Интерполяция зависимостей

##### 1.1. Интерполяционные полиномы Лагранжа и Ньютона

Интерполяция каноническим полиномом. Интерполяционный полином Лагранжа. Оценка погрешности интерполяции.. Интерполяционный полином Ньютона. Применение интерполяции для решения уравнений.. Применение интерполяционного метода для определения собственных значений матриц..

#### 2. Методы определения интегралов

##### 2.1. Численное интегрирование

Методы прямоугольников, трапеций, Симпсона.. Апостериорные оценки погрешностей. Вычисление интегралов с заданной точностью.. Методы наивысшей алгебраической точности..

#### 3. Решение задачи Коши для решения обыкновенных дифференциальных уравнений

##### 3.1. Численное дифференцирование

Типы задач для решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Эйлера.. Методы Рунге-Кутты 2-го и 4-го порядков. Метод Рунге-Кутты-Мерсона.. Метод Адамса..

#### 4. Метод динамического программирования

4.1. Применение метода динамического программирования для поиска оптимальных решений

Функциональное уравнение Беллмана. Дифференциальное уравнение Беллмана.. Уравнение Гамильтона-Якоби.. Взаимосвязь уравнений Эйлера-Лагранжа, Понтрягина и Гамильтона-Якоби-Беллмана.. Матричное уравнение Рикатти..

### 3.3. Темы практических занятий

1. 6. Применение метода динамического программирования для поиска оптимальных решений при управлении различными объектами;
2. 5. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений различными методами;
3. 4. Применение методов численного дифференцирования для решения задач;
4. 3. Применение методов численного интегрирования и методов наивысшей алгебраической точности для решения задач;
5. 2. Оценка погрешности при построении интерполяционных полиномов;
6. 1. Построение интерполяционных полиномов различными методами.

### 3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

### 3.5 Консультации

#### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации проводятся по разделу "Интерполяция зависимостей"
2. Консультации проводятся по разделу "Методы определения интегралов"
3. Консультации проводятся по разделу "Решение задачи Коши для решения обыкновенных дифференциальных уравнений"

4. Консультации проводятся по разделу "Метод динамического программирования"

### **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>						
современные методы исследования режимов электроэнергетических систем	ИД-2ПК-1		+	+	+	Контрольная работа/Интерполяция зависимостей Контрольная работа/Применение метода динамического программирования Контрольная работа/Численное дифференцирование Контрольная работа/Численное интегрирование
<b>Уметь:</b>						
применять методы и алгоритмы, изученные в данной дисциплине, для поиска оптимальных решений при исследовании режимов электроэнергетических систем	ИД-2ПК-1		+	+	+	Контрольная работа/Применение метода динамического программирования Контрольная работа/Численное дифференцирование Контрольная работа/Численное интегрирование
применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов электроэнергетики	ИД-3ПК-2	+	+	+	+	Контрольная работа/Интерполяция зависимостей

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

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

#### **1 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Интерполяция зависимостей (Контрольная работа)
2. Применение метода динамического программирования (Контрольная работа)
3. Численное дифференцирование (Контрольная работа)
4. Численное интегрирование (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №1)*

Итоговая оценка по Барс-структуре + оценка по зачету.

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

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

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

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

1. Шульженко, С. В. Методы математической оптимизации : учебное пособие по курсу "Методы математической оптимизации" по направлению "Электроэнергетика и электротехника" модуль "Электроэнергетика" / С. В. Шульженко, Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 60 с. - ISBN 978-5-7046-1428-9 .  
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=5689>;
2. Аракелян, Э. К. Оптимизация и оптимальное управление : Учебное пособие по курсам "Адаптивные и оптимальные системы управления", "Оптимальное управление режимами работы электростанций" по специальности "Автоматизация технологических процессов и производств" / Э. К. Аракелян, Г. А. Пикина ; Ред. Т. Е. Щедеркина ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2003 . – 356 с. - ISBN 5-7046-0896-5 .;
3. Самарский, А. А. Методы решения сеточных уравнений : учебное пособие по спец. "Прикладная математика" / А. А. Самарский, Е. С Николаев . – М. : Наука, 1978 . – 591 с.;
4. А. А. Мицель, А. А. Шелестов, В. В. Романенко- "Методы оптимизации", Издательство: "ТУСУР", Томск, 2017 - (198 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481034>;
5. А. Г. Кремлёв- "Методы оптимизации", Издательство: "Издательство Уральского университета", Екатеринбург, 2012 - (192 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=239827>;
6. А. Г. Сухарев, А. В. Тимохов, В. В. Федоров- "Курс методов оптимизации", (2-е изд.), Издательство: "Физматлит", Москва, 2011 - (368 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76629>.

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

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

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

1. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
2. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.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 практических занятий, КР и КП	Д-2/10, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, шкаф для документов, вешалка для одежды, доска меловая, телевизор, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, мел, маркер, стилус
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Д-26, Учебная аудитория каф. "ЭЭС"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для хранения инвентаря, вешалка для одежды, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, ноутбук, кондиционер, инвентарь специализированный, инвентарь учебный, учебно-наглядное пособие, канцелярский принадлежности, мел, маркер, стилус
Помещения для самостоятельной работы	Д-2/12(1), Кабинет сотрудников каф. "ЭЭС"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол для работы с документами, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, тумба, колонки звуковые, многофункциональный центр, компьютер персональный, принтер, документы, журналы, книги, учебники, пособия, канцелярский принадлежности, зеркала
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Д-12, Кладовая	стеллаж, стол, стул

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Методы математической оптимизации

(название дисциплины)

## 1 семестр

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

КМ-1 Интерполяция зависимостей (Контрольная работа)

КМ-2 Численное интегрирование (Контрольная работа)

КМ-3 Численное дифференцирование (Контрольная работа)

КМ-4 Применение метода динамического программирования (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	15
1	Интерполяция зависимостей					
1.1	Интерполяционные полиномы Лагранжа и Ньютона		+			
2	Методы определения интегралов					
2.1	Численное интегрирование		+	+	+	+
3	Решение задачи Коши для решения обыкновенных дифференциальных уравнений					
3.1	Численное дифференцирование		+	+	+	+
4	Метод динамического программирования					
4.1	Применение метода динамического программирования для поиска оптимальных решений		+	+	+	+
Вес КМ, %:			25	25	25	25