

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

Направление подготовки/специальность: 09.03.03 Прикладная информатика

Наименование образовательной программы: Информационные технологии в теплоэнергетике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Заочная

Рабочая программа дисциплины
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	9 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	9 семестр - 8 часов;
Практические занятия	9 семестр - 4 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	9 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	9 семестр - 128,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	9 семестр - 1,2 часа;
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	9 семестр - 0,3 часа;

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Курзанов С.Ю.
	Идентификатор	R76dcd884-KurzanovSY-80905103

С.Ю. Курзанов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Щербатов И.А.
	Идентификатор	R6b2590a8-ShcherbatovIA-d91ec17

И.А. Щербатов

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Щербатов И.А.
	Идентификатор	R6b2590a8-ShcherbatovIA-d91ec17

И.А. Щербатов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: сформировать теоретическую и практическую базу для проведения математического моделирования и системного анализа теплоэнергетических установок электростанций.

Задачи дисциплины

- рассмотреть мероприятия по обеспечению показателей надежности систем теплоэнергетики при эксплуатации;
- усвоить основные направления разработки проектных решений по обеспечению надежности систем теплоэнергетики;
- изучить математические алгоритмы и прикладное программное обеспечение для обеспечения, контроля и прогнозирования надежности систем теплоэнергетики при проектировании и эксплуатации.

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 работать с профессиональным программным обеспечением в области теплоэнергетики	ИД-1 _{ПК-1} работает с профессиональным программным обеспечением в области теплоэнергетики	знать: - методологию системных исследований и математического моделирования ТЭС. уметь: - логически и математически формулировать задачу оптимизации параметров ТЭС.
ВК/ПК-1 Способен проводить реинжиниринг информационных систем в теплоэнергетике, проектировать и использовать корпоративные информационные системы	ИД-1 _{ВК/ПК-1} разрабатывает и эксплуатирует информационных систем в теплоэнергетике	знать: - методы оптимизации параметров ТЭС. уметь: - определять места разрывов обратных связей и составлять алгоритм расчета тепловой схемы.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Информационные технологии в теплоэнергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 09.03.03 Прикладная информатика, 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 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	Математическое моделирование и системный анализ	33.6	9	2.0	-	1.0	-	0.3	-	0.3	-	30	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Общие понятия теории систем. Математическое моделирование. Построение математической модели теплоэнергетической установки"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Задание ориентировано на решения задачи по разделу "Общие понятия теории систем. Математическое моделирование. Построение математической модели теплоэнергетической установки". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 23-148 [2], 29-68 [3], 36-79</p>
1.1	Общие понятия теории систем	11.0		0.5	-	0.3	-	0.1	-	0.1	-	10	-	
1.2	Математическое моделирование. Теория графов. Построение балансовых уравнений на основе графического метода.	11.0		0.5	-	0.3	-	0.1	-	0.1	-	10	-	
1.3	Построение математической модели теплоэнергетической установки	11.6		1	-	0.4	-	0.1	-	0.1	-	10	-	
2	Моделирование ТЭС	33.6		2.0	-	1.0	-	0.3	-	0.3	-	30	-	
2.1	Области применения методов оптимизации	11.0	0.5	-	0.3	-	0.1	-	0.1	-	10	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Методы оптимизации"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Задания ориентированы на решения пяти задач по разделу "Методы оптимизации". Студенты</p>	
2.2	Примеры применения методов оптимизации	11.0	0.5	-	0.3	-	0.1	-	0.1	-	10	-		
2.3	Методы оптимизации	11.6	1	-	0.4	-	0.1	-	0.1	-	10	-		

													необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 67-124
3	Представление тепловой схемы в виде графа	33.6	2.0	-	1.0	-	0.3	-	0.3	-	30	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Повторение материала по разделу "Общие понятия теории систем. Математическое моделирование. Построение математической модели теплоэнергетической установки" <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Задание ориентировано на решения задачи по разделу "Примеры применения методов оптимизации. Методы оптимизации. Многокритериальная оптимизация математической модели газотурбинной установки". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. Провести расчеты по варианту задания и сделать выводы <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [5], 15-69
3.1	Построение математической модели	11.0	0.5	-	0.3	-	0.1	-	0.1	-	10	-	
3.2	Математическая модель ГТУ	11.0	0.5	-	0.3	-	0.1	-	0.1	-	10	-	
3.3	Области применения методов оптимизации	11.6	1	-	0.4	-	0.1	-	0.1	-	10	-	
4	Балансовые уравнения и расчет тепловой схемы ТЭС	24.3	2	-	1.0	-	0.2	-	0.3	-	20.8	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Задание ориентировано на решения исследовательской задачи по разделу "Применение методов математической статистики для построения математических моделей. Статистические пакеты и их применение для статистического исследования зависимостей". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы
4.1	Применение методов статистики	11.7	1	-	0.5	-	0.1	-	0.1	-	10	-	
4.2	Статистические пакеты и их применение для статистического исследования зависимостей	12.6	1	-	0.5	-	0.1	-	0.2	-	10.8	-	

3.2 Краткое содержание разделов

1. Математическое моделирование и системный анализ

1.1. Общие понятия теории систем

Основные понятия и определения. Свойства системы, системный подход системный анализ. Системный анализ газотурбинной установки. Математическое моделирование. Представление системы в виде графа. Составление системы балансовых уравнений для каждого элемента системы на основе теории графов. Представление систем балансовых уравнений в виде алгоритмов. Объединение алгоритмов в единую математическую модель. Методика расчета количества оптимизируемых параметров. Этапы построения математической модели и численное моделирование. Поиск решений методом последовательного приближения и проведение итерационных расчетов. Представление результатов в графическом и табличном виде. Определение функции цели для оптимизационной задачи. Формулирование задачи оптимизации.

1.2. Математическое моделирование. Теория графов. Построение балансовых уравнений на основе графического метода.

Математическое моделирование. Представление системы в виде графа. Составление системы балансовых уравнений для каждого элемента системы на основе теории графов..

1.3. Построение математической модели теплоэнергетической установки

Представление систем балансовых уравнений в виде алгоритмов. Объединение алгоритмов в единую математическую модель. Методика расчета количества оптимизируемых параметров. Этапы построения математической модели и численное моделирование. Поиск решений методом последовательного приближения и проведение итерационных расчетов. Представление результатов в графическом и табличном виде. Определение функции цели для оптимизационной задачи. Формулирование задачи оптимизации.

2. Моделирование ТЭС

2.1. Области применения методов оптимизации

Использование методов оптимизации при проектировании, планировании и анализе функционирования систем. Использование методов оптимизации для анализа т обработки информации.

2.2. Примеры применения методов оптимизации

Распределение нагрузок энергосистемы между двумя электростанциями. Распределение нагрузок энергосистемы между водогрейными котлами. Оптимальное распределение нагрузок между паровыми котлами ТЭЦ и т.д..

2.3. Методы оптимизации

Математическая постановка задачи оптимизации. Проверка оптимальности. Процедура оптимизации..

3. Представление тепловой схемы в виде графа

3.1. Построение математической модели

Тепловая схема теплоэнергетической установки и соответствующий ей граф.

3.2. Математическая модель ГТУ

тепловая схема ГТУ и соответствующий ей граф. Схема балансовых уравнений для элементов ГТУ.

3.3. Области применения методов оптимизации

Теория оптимизации при: проектировании новых систем; оптимизации режимов работы действующих систем, перераспределении ресурсов; инженерной обработке данных и нахождении регрессионных зависимостей; управлении динамическими системами..

4. Балансовые уравнения и расчет тепловой схемы ТЭС

4.1. Применение методов статистики

применение методов математической статистики и теории вероятности для построения математических моделей.

4.2. Статистические пакеты и их применение для статистического исследования зависимостей

Корреляционный анализ с помощью пакета NumPy; регрессионный анализ в пакете statsmodels.

3.3. Темы практических занятий

1. Расчёт тепловой схемы ТЭС;
2. Основы системного анализа;
3. Реализация математических моделей ТЭС на ЭВМ;
4. Матрицы графа;
5. Определение объема математической модели;
6. Виды и способы составления балансовых уравнений ТЭС;
7. Методика построение математических моделей ТЭС.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по разделам "Общие понятия теории систем. Математическое моделирование. Построение математической модели теплоэнергетической установки"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы оптимизации"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Примеры применения методов оптимизации. Методы оптимизации. Многокритериальная оптимизация математической модели газотурбинной установки"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Применение методов математической статистики для построения математических моделей. Статистические пакеты и их применение для статистического исследования зависимостей"

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	
Знать:						
методологию системных исследований и математического моделирования ТЭС	ИД-1ПК-1	+				Контрольная работа/Математическое моделирование и системный анализ
методы оптимизации параметров ТЭС	ИД-1ВК/ПК-1		+			Контрольная работа/Моделирование ТЭС
Уметь:						
логически и математически формулировать задачу оптимизации параметров ТЭС	ИД-1ПК-1			+		Контрольная работа/Матрицы графа
определять места разрывов обратных связей и составлять алгоритм расчета тепловой схемы	ИД-1ВК/ПК-1				+	Контрольная работа/Корреляционный и регрессионный анализ

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

9 семестр

Форма реализации: Выполнение задания

1. Математическое моделирование и системный анализ (Контрольная работа)
2. Матрицы графа (Контрольная работа)
3. Моделирование ТЭС (Контрольная работа)

Форма реализации: Защита задания

1. Корреляционный и регрессионный анализ (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №9)

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 9 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. А. Самарский, А. П. Михайлов- "Математическое моделирование: идеи, методы, примеры", (2-е изд., испр.), Издательство: "Физматлит", Москва, 2005 - (320 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68976>;
2. Применение прикладных программных средств для решения задач промышленной теплоэнергетики : учебное пособие по курсам "Прикладные программные средства в теплоэнергетике", "Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических систем", "Численные методы моделирования" и др. по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / А. В. Федюхин, И. А. Султангузин, С. Ю. Курзанов, и др., Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М. : Изд-во МЭИ, 2016. – 88 с. – ISBN 978-5-7046-1704-4.
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=8176>;
3. Натареев С. В.- "Системный анализ и математическое моделирование процессов химической технологии", Издательство: "ИГХТУ", Иваново, 2007 - (80 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4496;
4. А. Р. Аветисян, А. Ф. Пащенко, Ф. Ф. Пащенко, Г. А. Пикина, Г. А. Филиппов- "Теплогидравлические модели оборудования электрических станций", Издательство: "Физматлит", Москва, 2013 - (445 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275621>;
5. Дюкова И. Н.- "Расчет тепловой схемы ТЭЦ", Издательство: "СПбГЛТУ", Санкт-Петербург, 2013 - (80 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=45352;

6. Куликов А. А.- "Топливо. Тепловой баланс котельного агрегата", Издательство: "СПбГЛТУ", Санкт-Петербург, 2012 - (64 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=45413.

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. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - 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, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Ж-200б, Конференц-зал ИДДО	стол, стул, компьютер персональный, 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

Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических систем

(название дисциплины)

9 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Математическое моделирование и системный анализ (Контрольная работа)

КМ-2 Моделирование ТЭС (Контрольная работа)

КМ-3 Матрицы графа (Контрольная работа)

КМ-4 Корреляционный и регрессионный анализ (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	3	6	9	12
1	Математическое моделирование и системный анализ					
1.1	Общие понятия теории систем		+			
1.2	Математическое моделирование. Теория графов. Построение балансовых уравнений на основе графического метода.		+			
1.3	Построение математической модели теплоэнергетической установки		+			
2	Моделирование ТЭС					
2.1	Области применения методов оптимизации			+		
2.2	Примеры применения методов оптимизации			+		
2.3	Методы оптимизации			+		
3	Представление тепловой схемы в виде графа					
3.1	Построение математической модели				+	
3.2	Математическая модель ГТУ				+	
3.3	Области применения методов оптимизации				+	
4	Балансовые уравнения и расчет тепловой схемы ТЭС					
4.1	Применение методов статистики					+

4.2	Статистические пакеты и их применение для статистического исследования зависимостей				+
	Вес КМ, %:	25	25	25	25