

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

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Теплоснабжение и теплотехническое оборудование

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.02.08 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 9 семестр - 4; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 144 часа |
| Лекции | 9 семестр - 8 часов; |
| Практические занятия | 9 семестр - 8 часов; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | 9 семестр - 2 часа; |
| Самостоятельная работа | 9 семестр - 124,5 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | 9 семестр - 1,2 часа; |
| включая: Тестирование Контрольная работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Зачет с оценкой | 9 семестр - 0,3 часа; |

Москва 2019

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

С.Ю. Курзанов

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|--|---|-------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Хомченко Н.В. |
| | Идентификатор | Rbd1b9495-KhomchenkoNV-644530 |

(подпись)

Н.В. Хомченко

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|--|---|-------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Гаряев А.Б. |
| | Идентификатор | R75984319-GariayevAB-a6831ea7 |

(подпись)

А.Б. Гаряев

(расшифровка подписи)

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-4 Способен участвовать в проектировании промышленных теплоэнергетических систем | ИД-1 _{ПК-4} Участвует в сборе и анализе данных для проектирования, и создании конкурентно-способных вариантов технических решений | знать: - методы решения систем балансовых уравнений и способы получения исходной информации для математического моделирования; - методологию системных исследований и математического моделирования ТЭС; - основные принципы системного подхода к изучению и исследованию ТЭС как сложной системы. уметь: - решать систему балансовых уравнений. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Теплоснабжение и теплотехническое оборудование (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, 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 | 30.70 | 9 | 2 | - | 2 | - | 0.4 | - | 0.30 | - | 26 | - | <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Математическое моделирование и системный анализ"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Математическое моделирование и системный анализ"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 3-156 [2], стр. 3-11</p> | |
| 1.1 | Современное состояние проблемы моделирования и оптимизации ТЭС | 15.35 | | 1 | - | 1 | - | 0.2 | - | 0.15 | - | 13 | - | | |
| 1.2 | Основы системного анализа | 15.35 | | 1 | - | 1 | - | 0.2 | - | 0.15 | - | 13 | - | | |
| 2 | Моделирование ТЭС | 30.70 | | 2 | - | 2 | - | 0.4 | - | 0.30 | - | 26 | - | | <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Моделирование ТЭС"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Моделирование ТЭС"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 13-28</p> |
| 2.1 | Методика построение математических моделей ТЭС | 15.35 | | 1 | - | 1 | - | 0.2 | - | 0.15 | - | 13 | - | | |
| 2.2 | Реализация математических моделей ТЭС на ЭВМ | 15.35 | | 1 | - | 1 | - | 0.2 | - | 0.15 | - | 13 | - | | |
| 3 | Представление тепловой схемы в виде графа | 30.90 | | 2 | - | 2 | - | 0.6 | - | 0.30 | - | 26 | - | | <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Представление тепловой схемы в виде графа"</p> <p><u>Самостоятельное изучение</u></p> |
| 3.1 | Матрицы графа | 15.45 | | 1 | - | 1 | - | 0.3 | - | 0.15 | - | 13 | - | | |
| 3.2 | Определение объема | 15.45 | | 1 | - | 1 | - | 0.3 | - | 0.15 | - | 13 | - | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|---------------|----------|----------|----------|------------|-------------|------------|--------------|------------|--------------|-------------|--|
| | математической модели | | | | | | | | | | | | <u>теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Представление тепловой схемы в виде графа" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 60-87 |
| 4 | Балансовые уравнения и расчет тепловой схемы ТЭС | 33.70 | 2 | - | 2 | - | 0.6 | - | 0.30 | - | 28.8 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Балансовые уравнения и расчет тепловой схемы ТЭС" |
| 4.1 | Виды и способы составления балансовых уравнений ТЭС | 15.45 | 1 | - | 1 | - | 0.3 | - | 0.15 | - | 13 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Балансовые уравнения и расчет тепловой схемы ТЭС" |
| 4.2 | Расчёт тепловой схемы ТЭС | 18.25 | 1 | - | 1 | - | 0.3 | - | 0.15 | - | 15.8 | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 30-56 |
| | Зачет с оценкой | 18.0 | - | - | - | - | - | - | - | 0.3 | - | 17.7 | |
| | Всего за семестр | 144.00 | 8 | - | 8 | - | 2.0 | - | 1.20 | 0.3 | 106.8 | 17.7 | |
| | Итого за семестр | 144.00 | 8 | - | 8 | 2.0 | 1.20 | 0.3 | 124.5 | | | | |

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. Математическое моделирование и системный анализ

1.1. Современное состояние проблемы моделирования и оптимизации ТЭС метод математического моделирования. иерархическая структура ТЭС и её математических моделей. задача оптимального проектирования ТЭС.

1.2. Основы системного анализа системный анализ. системный подход. модульное строение системы. общие свойства математической модели.

2. Моделирование ТЭС

2.1. Методика построение математических моделей ТЭС основные понятия метода математического моделирования. полезный эффект ТЭС. общий вид записи математической модели ТЭС. общие подходы к построению математических моделей.

2.2. Реализация математических моделей ТЭС на ЭВМ методы упрощенного представления сложных зависимостей. оптимальная последовательность расчета тепловой схемы. основы имитационного моделирования.

3. Представление тепловой схемы в виде графа

3.1. Матрицы графа понятие об элементах теории графов и их применении в оптимизации и моделировании ТЭС. построение ориентированного графа ТЭС. составление матриц соединения вершин графа и видов связей по энергоносителям.

3.2. Определение объема математической модели анализ графа. определение числа параметров связей, независимых параметров, числа балансовых уравнений.

4. Балансовые уравнения и расчет тепловой схемы ТЭС

4.1. Виды и способы составления балансовых уравнений ТЭС составления уравнений балансов энергии (теплоты). составления уравнений балансов расходов, гидравлического (аэродинамического) балансов и др. для наиболее характерных элементов ТЭС. составление уравнений тепловых балансов для всех элементов схемы ТЭС.

4.2. Расчёт тепловой схемы ТЭС определение места разрыва обратных связей и составления алгоритма расчета тепловой схемы. расчет тепловых схем паротурбинных, газотурбинных и комбинированных ТЭС.

3.3. Темы практических занятий

1. Основы системного анализа;
2. Методика построение математических моделей ТЭС;
3. Реализация математических моделей ТЭС на ЭВМ;
4. Матрицы графа;
5. Определение объема математической модели;

6. Виды и способы составления балансовых уравнений ТЭС;
7. Расчёт тепловой схемы ТЭС.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Математическое моделирование и системный анализ"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Моделирование ТЭС"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Представление тепловой схемы в виде графа"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Балансовые уравнения и расчет тепловой схемы ТЭС"

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: | | | | | | |
| основные принципы системного подхода к изучению и исследованию ТЭС как сложной системы | ИД-1ПК-4 | | | + | | Тестирование/Матрицы графа |
| методологию системных исследований и математического моделирования ТЭС | ИД-1ПК-4 | + | | | | Тестирование/Математическое моделирование и системный анализ |
| методы решения систем балансовых уравнений и способы получения исходной информации для математического моделирования | ИД-1ПК-4 | | + | | | Тестирование/Моделирование ТЭС |
| Уметь: | | | | | | |
| решать систему балансовых уравнений | ИД-1ПК-4 | | | | + | Контрольная работа/Тепловая схема ТЭС |

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: Защита задания

1. Тепловая схема ТЭС (Контрольная работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

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

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://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8176.

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
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 консультирования | Ж-200б, Конференц-зал ИДДО | стол, стул, компьютер персональный, кондиционер |
| Помещения для хранения оборудования | Ж-417 /2а, Помещение для | стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и |

| | | |
|----------------------|-----------|--|
| и учебного инвентаря | инвентаря | 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 (Тестирование)

КМ-2 Моделирование ТЭС (Тестирование)

КМ-3 Матрицы графа (Тестирование)

КМ-4 Тепловая схема ТЭС (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 | Современное состояние проблемы моделирования и оптимизации ТЭС | | + | | | |
| 1.2 | Основы системного анализа | | + | | | |
| 2 | Моделирование ТЭС | | | | | |
| 2.1 | Методика построение математических моделей ТЭС | | | + | | |
| 2.2 | Реализация математических моделей ТЭС на ЭВМ | | | + | | |
| 3 | Представление тепловой схемы в виде графа | | | | | |
| 3.1 | Матрицы графа | | | | + | |
| 3.2 | Определение объема математической модели | | | | + | |
| 4 | Балансовые уравнения и расчет тепловой схемы ТЭС | | | | | |
| 4.1 | Виды и способы составления балансовых уравнений ТЭС | | | | | + |
| 4.2 | Расчёт тепловой схемы ТЭС | | | | | + |
| Вес КМ, %: | | | 25 | 25 | 25 | 25 |