

**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**

|   |  |
|---|--|
| <b>Блок:</b>  | Блок 1 «Дисциплины (модули)»                             |
| <b>Часть образовательной программы:</b>                             | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>                              | Б1.Ч.02.08   |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>                            | 9 семестр - 4;   |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>                             | 144 часа   |
| <b>Лекции</b>   | 9 семестр - 8 часов;                                     |
| <b>Практические занятия</b>   | 9 семестр - 4 часа;                                      |
| <b>Лабораторные работы</b>  | не предусмотрено учебным планом                          |
| <b>Консультации</b>   | 9 семестр - 2 часа;                                      |
| <b>Самостоятельная работа</b>                                       | 9 семестр - 128,5 часа;                                  |
| <b>в том числе на КП/КР</b>   | не предусмотрено учебным планом                          |
| <b>Иная контактная работа</b>                                       | 9 семестр - 1,2 часа;                                    |
| <b>включая:</b><br><b>Тестирование</b><br><b>Контрольная работа</b> |  |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>                                    |  |
| <b>Зачет с оценкой</b>  | 9 семестр - 0,3 часа;                                    |

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

**Преподаватель**

(должность)

|  |   |                               |
|--|---|-------------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                               |
|  | 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)

|  |   |                               |
|--|---|-------------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                               |
|  | 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)

|  |   |                               |
|--|---|-------------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                               |
|  | 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 <sub>ПК-4</sub> Участвует в сборе и анализе данных для проектирования, и создании конкурентно-способных вариантов технических решений | знать:<br>- методы решения систем балансовых уравнений и способы получения исходной информации для математического моделирования;<br>- методологию системных исследований и математического моделирования ТЭС;<br>- основные принципы системного подхода к изучению и исследованию ТЭС как сложной системы.<br><br>уметь:<br>- 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  | -   | 1.0 | -            | 0.4 | -   | 0.30 | -  | 27                | -                                 | <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Повторение материала по разделу "Математическое моделирование и системный анализ"</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Математическое моделирование и системный анализ"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], стр. 3-156<br/>[2], стр. 3-11</p> |  |
| 1.1   | Современное состояние проблемы моделирования и оптимизации ТЭС | 15.85                 |         | 1  | -   | 0.5 | -            | 0.2 | -   | 0.15 | -  | 14                | -                                 |   |  |
| 1.2   | Основы системного анализа                                      | 14.85                 |         | 1  | -   | 0.5 | -            | 0.2 | -   | 0.15 | -  | 13                | -                                 |   |  |
| 2     | Моделирование ТЭС  | 31.70                 |         | 2  | -   | 1.0 | -            | 0.4 | -   | 0.30 | -  | 28                | -                                 |   | <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Повторение материала по разделу "Моделирование ТЭС"</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Моделирование ТЭС"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[2], стр. 13-28</p> |
| 2.1   | Методика построение математических моделей ТЭС                 | 14.85                 |         | 1  | -   | 0.5 | -            | 0.2 | -   | 0.15 | -  | 13                | -                                 |   |  |
| 2.2   | Реализация математических моделей ТЭС на ЭВМ                   | 16.85                 |         | 1  | -   | 0.5 | -            | 0.2 | -   | 0.15 | -  | 15                | -                                 |   |  |
| 3     | Представление тепловой схемы в виде графа                      | 29.90                 |         | 2  | -   | 1.0 | -            | 0.6 | -   | 0.30 | -  | 26                | -                                 |   | <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Повторение материала по разделу "Представление тепловой схемы в виде графа"</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение</u></b></p>   |
| 3.1   | Матрицы графа  | 14.95                 |         | 1  | -   | 0.5 | -            | 0.3 | -   | 0.15 | -  | 13                | -                                 |   |  |
| 3.2   | Определение объема   | 14.95                 |         | 1  | -   | 0.5 | -            | 0.3 | -   | 0.15 | -  | 13                | -                                 |   |  |

|     |   |               |          |          |            |            |             |            |              |            |              |             |  |
|-----|---|---------------|----------|----------|------------|------------|-------------|------------|--------------|------------|--------------|-------------|--|
|     | математической модели                               |               |          |          |            |            |             |            |              |            |              |             | <b><u>теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Представление тепловой схемы в виде графа"<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[2], стр. 60-87 |
| 4   | Балансовые уравнения и расчет тепловой схемы ТЭС    | 33.70         | 2        | -        | 1.0        | -          | 0.6         | -          | 0.30         | -          | 29.8         | -           | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Повторение материала по разделу "Балансовые уравнения и расчет тепловой схемы ТЭС"  |
| 4.1 | Виды и способы составления балансовых уравнений ТЭС | 15.95         | 1        | -        | 0.5        | -          | 0.3         | -          | 0.15         | -          | 14           | -           | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Балансовые уравнения и расчет тепловой схемы ТЭС"  |
| 4.2 | Расчёт тепловой схемы ТЭС                           | 17.75         | 1        | -        | 0.5        | -          | 0.3         | -          | 0.15         | -          | 15.8         | -           | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[2], стр. 30-56  |
|     | Зачет с оценкой                                     | 18.0          | -        | -        | -          | -          | -           | -          | -            | 0.3        | -            | 17.7        |  |
|     | <b>Всего за семестр</b>                             | <b>144.00</b> | <b>8</b> | <b>-</b> | <b>4.0</b> | <b>-</b>   | <b>2.0</b>  | <b>-</b>   | <b>1.20</b>  | <b>0.3</b> | <b>110.8</b> | <b>17.7</b> |  |
|     | <b>Итого за семестр</b>                             | <b>144.00</b> | <b>8</b> | <b>-</b> | <b>4.0</b> | <b>2.0</b> | <b>1.20</b> | <b>0.3</b> | <b>128.5</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. 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. 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 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<br>(в соответствии с разделом 1)                                   | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) |   |   |   | Оценочное средство<br>(тип и наименование)                   |
|--|------------------|---|---|---|---|--|
|  |                  | 1   | 2 | 3 | 4 |  |
| <b>Знать:</b>  |                  |   |   |   |   |  |
| 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                               |
| <b>Уметь:</b>  |                  |   |   |   |   |  |
| 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](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](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   |