

**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 - 8 часов;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	9 семестр - 2 часа;
<b>Самостоятельная работа</b>	9 семестр - 124,5 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> <b>Тестирование</b> <b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	9 семестр - 0,3 часа;

**Москва 2018**

**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: - 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><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> 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> [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><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> 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> [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><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Представление тепловой схемы в виде графа"</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение</u></b></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												<b><u>теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Представление тепловой схемы в виде графа" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 60-87
4	Балансовые уравнения и расчет тепловой схемы ТЭС	33.70	2	-	2	-	0.6	-	0.30	-	28.8	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> 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	-	<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	18.25	1	-	1	-	0.3	-	0.15	-	15.8	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [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>8</b>	<b>-</b>	<b>2.0</b>	<b>-</b>	<b>1.20</b>	<b>0.3</b>	<b>106.8</b>	<b>17.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.00</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>2.0</b>	<b>1.20</b>	<b>0.3</b>	<b>124.5</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. 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	
<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