

**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: Энергообеспечение предприятий. Высокотемпературные процессы и установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ**  
**ПРОЦЕССОВ**

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.09.07
Трудоемкость в зачетных единицах:	5 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	5 семестр - 16 часов;
Практические занятия	5 семестр - 48 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	5 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	5 семестр - 77,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Решение задач Проверочная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	5 семестр - 0,5 часа;

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Бурмакина А.В.
	Идентификатор	Ree6ce9d4-BurmakinaAV-003bbda

А.В. Бурмакина

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Киндра В.О.
	Идентификатор	R429f7b35-KindraVO-2c9422f7

В.О. Киндра

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b

А.Н. Рогалев

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** состоит в формировании знаний современных компьютерных технологий для выполнения конструкторских, тепловых и оптимизационных расчетов теплотехнологических объектов

### Задачи дисциплины

- изучить современные методы проведения сложных инженерных расчетов;
- получить навыки использования современных компьютерных программ;
- получить навыки использования моделирующих программ для тепловых, конструкторских и оптимизационных расчетов;
- овладение студентами элементами численных методов, приемами алгоритмизации.

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-2 способен участвовать в разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий	ИД-2ПК-2 Принимает участие в разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий	знать: - основы оптимизации топливопотребляющих установок с целью энерго- и ресурсосбережения; - основы расчетного анализа с помощью современного программного обеспечения инженерных расчетов; - основы математического анализа и численные методы решения математических задач.  уметь: - выполнять компьютерную оптимизацию параметров теплоэнергетических систем; - составлять сложные энергетические и материальные балансы.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Энергообеспечение предприятий. Высокотемпературные процессы и установки (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	Основы моделирования и его виды	29	5	3	-	14	-	-	-	-	-	12	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Основы моделирования и его виды"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Основы моделирования и его виды" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], 15-20</p>
1.1	Виды моделирования	10		1	-	5	-	-	-	-	-	4	-	
1.2	Использования математической модели в теплотехнологических процессах	9		1	-	4	-	-	-	-	-	4	-	
1.3	Цели математического моделирования	10		1	-	5	-	-	-	-	-	4	-	
2	Геометрическое моделирование.	45		7	-	19	-	-	-	-	-	19	-	
2.1	Типы настроек решателя	11		2	-	5	-	-	-	-	-	4	-	
2.2	Этапы конструкторского проектирования	12		2	-	5	-	-	-	-	-	5	-	
2.3	Преимущества и недостатки программы геометрического моделирования	11	1	-	5	-	-	-	-	-	5	-		
2.4	Алгоритм построения расчетной сетки в программном геометрического	11	2	-	4	-	-	-	-	-	5	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Среда MathCad, как средство инженерных расчетов"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p>	

	моделирования												[1], 4-7, 10-12 [4], 349-355, 401-408 [5], 23-30, 70-80
3	Программный комплекс, основанный на методе конечных элементов	34	6	-	15	-	-	-	-	-	13	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Материальные и тепловые балансы теплотехнологических процессов"
3.1	Алгоритм построения расчетной сетки в программном комплексе, основанного на методе конечных элементов	11	2	-	5	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Материальные и тепловые балансы теплотехнологических процессов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Материальные и тепловые балансы теплотехнологических процессов"
3.2	Основные параметры потока, которые находятся в процессе численного моделирования	11	2	-	5	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
3.3	Сшивания сеток в программном комплексе, основанном на методе конечных элементов	12	2	-	5	-	-	-	-	-	5	-	[1], 78-86 [2], 220-225, 300-305 [3], 21-24
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>48</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>44</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>48</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>77.5</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. Основы моделирования и его виды

#### 1.1. Виды моделирования

Виды математического моделирования. Основные этапы математического моделирования.

#### 1.2. Использование математической модели в теплотехнологических процессах

Преимущества и недостатки использования математической модели в теплотехнологических процессах.

#### 1.3. Цели математического моделирования

Примеры применения метода моделирования.

### 2. Геометрическое моделирование.

#### 2.1. Типы настроек решателя

Алгоритм построения симуляции в программах геометрического моделирования.

#### 2.2. Этапы конструкторского проектирования

Важные характеристики программы геометрического моделирования.

#### 2.3. Преимущества и недостатки программы геометрического моделирования

Анализ программ геометрического моделирования.

#### 2.4. Алгоритм построения расчетной сетки в программном геометрического

моделирования

Алгоритм построения расчетной сетки в программном геометрического моделирования.

### 3. Программный комплекс, основанный на методе конечных элементов

#### 3.1. Алгоритм построения расчетной сетки в программном комплексе, основанного на методе конечных элементов

Алгоритм построения расчетной сетки в программном комплексе, основанного на методе конечных элементов.

#### 3.2. Основные параметры потока, которые находятся в процессе численного моделирования

Основные параметры потока в процессе численного моделирования.

#### 3.3. Сшивания сеток в программном комплексе, основанном на методе конечных элементов

Сшивания сеток несколькими способами.

## **3.3. Темы практических занятий**

1. Поверхностные графики. Трехмерные гистограммы. Карты линий уровня. Векторные графики. Создание графиков;
2. Решение уравнений, систем линейных уравнений;
3. Материальный баланс теплотехнологического агрегата. Состав продуктов сгорания.

- Выход продуктов сгорания при коэффициенте расхода окислителя  $\alpha > 1$ ;
4. Функции определения матриц и операции с блоками матриц. Функции отыскания различных числовых характеристик матриц. Функции, реализующие численные алгоритмы решения задач линейной алгебры;
  5. Общий вид теплового баланса. Статьи теплового баланса;
  6. Программирование в среде MathCad.

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы моделирования и его виды"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Среда MathCad, как средство инженерных расчетов"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Материальные и тепловые балансы теплотехнологических процессов"

### **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	
<b>Знать:</b>					
основы математического анализа и численные методы решения математических задач	ИД-2ПК-2	+			Тестирование/Основные типы и средства моделирования
основы расчетного анализа с помощью современного программного обеспечения инженерных расчетов	ИД-2ПК-2		+		Решение задач/Определение расхода топлива на теплотехнических процессах
основы оптимизации топливопотребляющих установок с целью энерго- и ресурсосбережения	ИД-2ПК-2		+		Решение задач/Определение оптимальной толщины обмуровки
<b>Уметь:</b>					
составлять сложные энергетические и материальные балансы	ИД-2ПК-2			+	Проверочная работа/Совместные решения балансовых уравнений
выполнять компьютерную оптимизацию параметров теплоэнергетических систем	ИД-2ПК-2			+	Проверочная работа/Совместные решения балансовых уравнений



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

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

#### **5 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Определение оптимальной толщины обмуровки (Решение задач)

Форма реализации: Письменная работа

1. Определение расхода топлива на теплотехнических процессах (Решение задач)
2. Основные типы и средства моделирования (Тестирование)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Совместные решения балансовых уравнений (Проверочная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

#### Экзамен (Семестр №5)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

В диплом выставляется оценка за 5 семестр.

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

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

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

1. Попов, С. К. Решение задач высокотемпературной теплотехнологии в среде MathCAD : учебное пособие по курсам "Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки", "Источники энергии теплотехнологии" по направлению "Теплоэнергетика" / С. К. Попов, В. А. Ипполитов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2009 . – 96 с. - ISBN 978-5-383-00411-1 .  
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=778>;
2. Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки : Учебник для вузов по специальности "Промышленная теплоэнергетика" / Ред. А. Д. Ключников . – М. : Энергоатомиздат, 1989 . – 336 с.;
3. В. Г. Мурашкин- "Инженерные и научные расчеты в программном комплексе MathCAD", Издательство: "Самарский государственный архитектурно-строительный университет", Самара, 2011 - (84 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=143487>;
4. Очков, В. Ф. Mathcad 14 для студентов и инженеров. : русская версия / В. Ф. Очков . – СПб. : БХВ-Петербург, 2009 . – 512 с. - ISBN 978-5-9775040-3-4 .;
5. Федорова Н. Н., Вальгер С. А., Данилов М. Н., Захарова Ю. В.- "Основы работы в ANSYS 17", Издательство: "ДМК Пресс", Москва, 2017 - (210 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/90112>.

## **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Ansys / CAE Fidesys;
5. Майнд Видеоконференции;
6. Компас 3D.

## **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. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Журналы American Chemical Society - <https://www.acs.org/content/acs/en.html>
12. Журналы American Physical Society - <https://journals.aps.org/about>
13. Журналы издательства Cambridge University Press - <https://www.cambridge.org/core>
14. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
15. База данных Computers & Applied Sciences Complete (CASC) - <http://search.ebscohost.com>
16. База данных INSPEC на платформе компании EBSCO Publishing - <http://search.ebscohost.com>
17. Журналы научного общества Optical Society of America (OSA) - <https://www.osapublishing.org/about.cfm>
18. Патентная база Orbit Intelligence компании Questel - <https://www.orbit.com/>
19. Журналы издательства Oxford University Press - <https://academic.oup.com/journals/>
20. База данных диссертаций ProQuest Dissertations and Theses Global - <https://search.proquest.com/pqdtglobal/index>
21. Журналы Журналы Royal Society of Chemistry - <https://pubs.rsc.org/>
22. Журналы издательства SAGE Publication (Sage) - <https://journals.sagepub.com/>
23. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
24. Коллекция журналов Taylor & Francis Group - <https://www.tandfonline.com/>
25. Журналы издательства Wiley - <https://onlinelibrary.wiley.com/>
26. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
27. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
28. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
29. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
30. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
31. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
32. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ш-206, Лекционная аудитория	
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ш-205, Компьютерный класс	
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ш-205, Компьютерный класс	
Помещения для самостоятельной работы	Ш-205, Компьютерный класс	
Помещения для консультирования	Ш-206, Лекционная аудитория	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ш-107, Архив	

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ****Компьютерное моделирование теплофизических процессов**

(название дисциплины)

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

- КМ-1 Основные типы и средства моделирования (Тестирование)  
 КМ-2 Определение оптимальной толщины обмуровки (Решение задач)  
 КМ-3 Определение расхода топлива на теплотехнических процессах (Решение задач)  
 КМ-4 Совместные решения балансовых уравнений (Проверочная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	14
1	Основы моделирования и его виды					
1.1	Виды моделирования		+			
1.2	Использования математической модели в теплотехнологических процессах		+			
1.3	Цели математического моделирования		+			
2	Геометрическое моделирование.					
2.1	Типы настроек решателя			+		
2.2	Этапы конструкторского проектирования			+		
2.3	Преимущества и недостатки программы геометрического моделирования				+	
2.4	Алгоритм построения расчетной сетки в программном геометрического моделирования				+	
3	Программный комплекс, основанный на методе конечных элементов					
3.1	Алгоритм построения расчетной сетки в программном комплексе, основанного на методе конечных элементов					+
3.2	Основные параметры потока, которые находятся в процессе численного моделирования					+
3.3	Сшивания сеток в программном комплексе, основанном на методе конечных элементов					+
Вес КМ, %:			20	25	25	30