

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: Энергетика предприятий и водородные технологии

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.08.01
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	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	5 семестр - 79,7 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:	
Зачет с оценкой	5 семестр - 0,3 часа;

Москва 2024

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	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b

А.Н. Рогалев

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-1 Способен участвовать в проектировании и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники, в том числе с применением информационных технологий	ИД-3ПК-1 Способен применять информационные технологии при проектировании объектов теплоэнергетики и теплотехники	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none">- основы языков программирования;- основы математического анализа и численные методы решения математических задач;- основы расчетного анализа с помощью современного программного обеспечения инженерных расчетов;- основы оптимизации топливопотребляющих установок с целью энерго- и ресурсосбережения. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none">- составлять сложные энергетические и материальные балансы;- применять компьютерные средства вычисления и моделирования при решении инженерных задач;- выполнять компьютерную оптимизацию параметров теплоэнергетических систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Энергетика предприятий и водородные технологии (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	32	5	3	-	14	-	-	-	-	-	15	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Основы моделирования и его виды" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основы моделирования и его виды"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 25-30 [4], 301-305 [5], 100-105</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Среда MathCad, как средство инженерных расчетов и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Среда MathCad, как средство инженерных расчетов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Среда MathCad, как средство инженерных расчетов"</p> <p><u>Изучение материалов литературных</u></p>	
1.1	Виды моделирования	12		1	-	6	-	-	-	-	-	-	5		-
1.2	Использования математической модели в теплотехнологических процессах	10		1	-	4	-	-	-	-	-	-	5		-
1.3	Цели математического моделирования	10		1	-	4	-	-	-	-	-	-	5		-
2	Геометрическое моделирование.	55		7	-	22	-	-	-	-	-	-	26		-
2.1	Типы настроек решателя	12		1	-	6	-	-	-	-	-	-	5		-
2.2	Этапы конструкторского проектирования	16		2	-	6	-	-	-	-	-	-	8		-
2.3	Преимущества и недостатки программы геометрического моделирования	13		2	-	6	-	-	-	-	-	-	5		-
2.4	Алгоритм построения расчетной сетки в программном	14		2	-	4	-	-	-	-	-	-	8		-

	геометрического моделирования											<u>источников:</u> [3], 25-30	
3	Программный комплекс, основанный на методе конечных элементов	39	6	-	12	-	-	-	-	-	21	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение 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	-	4	-	-	-	-	-	5	-	подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Материальные и тепловые балансы теплотехнологических процессов"
3.2	Основные параметры потока, которые находятся в процессе численного моделирования	14	2	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Материальные и тепловые балансы теплотехнологических процессов"
3.3	Сшивания сеток в программном комплексе, основанном на методе конечных элементов	14	2	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 205-220
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	144.0	16	-	48	-	-	-	-	0.3	62	17.7	
	Итого за семестр	144.0	16	-	48	-	-	-	-	0.3	79.7		

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. Решение уравнений, систем линейных уравнений;

2. Программирование в среде MathCad;

3. Общий вид теплового баланса. Статьи теплового баланса;

4. Функции определения матриц и операции с блоками матриц. Функции отыскания

различных числовых характеристик матриц. Функции, реализующие численные алгоритмы решения задач линейной алгебры;

5. Материальный баланс теплотехнологического агрегата. Состав продуктов сгорания. Выход продуктов сгорания при коэффициенте расхода окислителя $\alpha > 1$;

6. Поверхностные графики. Трехмерные гистограммы. Карты линий уровня. Векторные графики. Создание графиков.

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	
Знать:					
основы оптимизации топливопотребляющих установок с целью энерго- и ресурсосбережения	ИД-3ПК-1		+		Решение задач/Определение оптимальной толщины обмуровки
основы расчетного анализа с помощью современного программного обеспечения инженерных расчетов	ИД-3ПК-1		+	+	Решение задач/Определение расхода топлива на теплотехнических процессах
основы математического анализа и численные методы решения математических задач	ИД-3ПК-1	+			Тестирование/Основные типы и средства моделирования
основы языков программирования	ИД-3ПК-1			+	Решение задач/Определение расхода топлива на теплотехнических процессах
Уметь:					
выполнять компьютерную оптимизацию параметров теплоэнергетических систем	ИД-3ПК-1			+	Проверочная работа/Совместные решения балансовых уравнений
применять компьютерные средства вычисления и моделирования при решении инженерных задач	ИД-3ПК-1			+	Проверочная работа/Совместные решения балансовых уравнений
составлять сложные энергетические и материальные балансы	ИД-3ПК-1			+	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

Зачет с оценкой (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://elib.mpei.ru/elib/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. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
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
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 – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	6	10	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, %:			25	25	25	25