

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: Цифровизация в тепловой и возобновляемой энергетике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
CFD-МОДЕЛИРОВАНИЕ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.06.13
Трудоемкость в зачетных единицах:	8 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	8 семестр - 14 часов;
Практические занятия	8 семестр - 28 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	8 семестр - 65,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	8 семестр - 0,3 часа;

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сиденков Д.В.
	Идентификатор	R7ad01b54-SidenkovDV-41309924

Д.В. Сиденков

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Очков В.Ф.
	Идентификатор	Rd91184b2-OchkovVF-1531e2ff

В.Ф. Очков

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В. Шацких

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение методов проведения численного исследования физических процессов, происходящих в элементах теплоэнергетического оборудования

Задачи дисциплины

- изучение методики создания адекватной математической модели элемента энергооборудования различного уровня сложности при разработке и эксплуатации теплоэнергетических установок;
- приобретение навыков планирования и проведения натурального и вычислительного эксперимента по исследованию процессов тепломассообмена в элементе энергооборудования;;
- приобретение умения представлять результаты вычислительного эксперимента в виде инженерных формул, удобных для практического применения;;
- приобретение навыков проведения вычислительного эксперимента с помощью современных CFD-программ для расчета процессов тепломассообмена и гидродинамики и решения практических задач проектирования элементов теплоэнергетического оборудования..

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 Способность принимать участие в математическом и компьютерном моделировании в тепловой и возобновляемой энергетике	ИД-2 _{ПК-4} Применяет методы моделирования объектов тепловой и возобновляемой энергетики для решения профессиональных задач	знать: - численные методы расчета вариантов разработки и построения адекватных математических моделей на основе вычислительного эксперимента при проектировании теплоэнергетических объектов с учётом особенностей протекающих в них физических процессов;; - особенности моделирования процессов теплообмена и гидродинамики в элементах теплоэнергетических установок;. уметь: - записывать в виде системы интегральных и дифференциальных уравнений процессы теплообмена и гидродинамики в элементах теплоэнергетических установок;; - применять пакет Логос (резервный пакет ANSYS) для решения задач стационарной и нестационарной теплопроводности, свободной и вынужденной конвекции, сложных задач теплообмена и гидродинамики;.
ПК-4 Способность принимать участие в математическом и компьютерном моделировании в	ИД-5 _{ПК-4} Применяет в профессиональной деятельности современные методы и средства визуализации данных	знать: - принципы декомпозиции теплоэнергетического объекта;. уметь: - применять пакет Логос (резервный

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
тепловой и возобновляемой энергетике		пакет ANSYS) для визуализации результатов решения задач стационарной и нестационарной теплопроводности, свободной и вынужденной конвекции, сложных задач теплообмена и гидродинамики;.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Цифровизация в тепловой и возобновляемой энергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Математика», «Физика», «Инженерная графика», «Техническая термодинамика», «Тепломассообмен», «Информационные технологии», «Численные методы моделирования. Прикладное программирование»
- уметь работать на компьютере

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 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ 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	CFD-моделирование	90	8	14	-	28	-	-	-	-	-	48	-	<p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Контрольная работа №3: «Численное моделирование теплообменного аппарата» (КМ-4) <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [8, 10,] раздаточный материал, [2] с. 46-54 <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Верификация Логос (резерв - ANSYS), набор тестовых задач. раздаточный материал <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Контрольная работа №2: «Численное решение конвективно-диффузионной задачи» (КМ-3) <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [7, 8], с. 12-34, раздаточный материал [7, 8] <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [2, 5] с. 36-40, 21-27, раздаточный материал <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Контрольная работа №1: «Численное решение задачи теплопроводности» (КМ-2) <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [2, 5] с.65-74, 12-14, 52-70 <u>Самостоятельное изучение</u></p>
1.1	Введение. Процессы теплообмена и гидродинамики в элементах теплоэнергетических установок.	5		1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
1.2	Система интегральных и дифференциальных уравнений конвективного теплообмена.	6		1	-	1	-	-	-	-	-	4	-	
1.3	Стационарная теплопроводность.	9		1	-	2	-	-	-	-	-	6	-	
1.4	Нестационарная теплопроводность.	10		2	-	2	-	-	-	-	-	6	-	
1.5	Система уравнений Навье-Стокса.	8		1	-	1	-	-	-	-	-	6	-	
1.6	Особенности решения задач вынужденной и свободной конвекции.	14		2	-	6	-	-	-	-	-	6	-	
1.7	Верификация Логос (резерв - ANSYS), набор тестовых задач.	18		2	-	8	-	-	-	-	-	8	-	
1.8	Численное моделирование теплообменного	20		4	-	8	-	-	-	-	-	8	-	

3.2 Краткое содержание разделов

1. CFD-моделирование

1.1. Введение. Процессы теплообмена и гидродинамики в элементах теплоэнергетических установок.

Цели и задачи моделирования. Методы исследования теплообмена и гидродинамики. Классификация методов расчета. Численные методы. Понятие вычислительного эксперимента. Современные CFD-программы..

1.2. Система интегральных и дифференциальных уравнений конвективного теплообмена.

Базовые законы. Условия однозначности. Метод контрольного объема. Теорема Остроградского-Гаусса. Обобщенное дифференциальное уравнение. Понятие конвективно-диффузионной задачи. Обобщенные коэффициенты переноса. Понятие источникового члена. Особенности ламинарного и турбулентного режима течения. Программный комплекс конечно-элементного анализа Логос (резервный - ANSYS). Структура программного комплекса. Этапы решения задач конвективного теплообмена. Представление и обработка результатов расчета..

1.3. Стационарная теплопроводность.

Стационарная одномерная теплопроводность. Трехточечный шаблон в методе контрольного объема. Понятие дискретного аналога. Учет источникового члена и граничных условий. Система алгебраических уравнений дискретного аналога. Дискретизация расчетной области, контрольные объемы, граничные контрольные объемы. Переменные теплофизические свойства. Решение нелинейных задач. Правила построения дискретного аналога. Дискретный аналог двумерной и трехмерной задачи стационарной теплопроводности в декартовой и цилиндрической полярной системах координат. Пятиточечный и семиточечный шаблон. Методы прогонки и переменных направлений для решения системы алгебраических уравнений дискретных аналогов..

1.4. Нестационарная теплопроводность.

Одномерная задача. Явная и неявная схема дискретизации по времени, преимущества и недостатки. Правило Куранта. Учет начальных условий. Правила построения дискретных аналогов. Дискретный аналог одномерной задачи нестационарной теплопроводности. Инерция и релаксация. Безразмерная запись дифференциального уравнения нестационарной теплопроводности. Дискретные аналоги дву- и трехмерного дифференциального уравнения теплопроводности в различных системах координат. Представление дифференциального уравнения нестационарной теплопроводности в виде обобщенного дифференциального уравнения, обобщенные коэффициенты при размерной и безразмерной постановке задачи. Решение с помощью SMath (резерв - MathCad) и Логос (резерв - ANSYS)..

1.5. Система уравнений Навье-Стокса.

Дискретизация уравнения неразрывности и уравнений движения. Правило Куранта-Фридрихса-Леви. Схема против потока. Начальные и граничные условия. Обобщение для метода конечных элементов. Безразмерная форма записи системы уравнений Навье-Стокса для задач вынужденной и свободной конвекции. Дискретизация уравнения энергии для задач вынужденной и свободной конвекции (ламинарный режим течения). Дискретный аналог двумерных и трехмерных неустановившихся задач конвекции и диффузии. Алгоритм решения сложных задач. Семейство алгоритмов SIMPLE. Интегральные характеристики течения. Теплообмен и гидродинамика при ламинарном и турбулентном режиме течения. Течение Пуазейля. Задачи Блазиуса и Польгаузена. Аналогия Рейнольдса..

1.6. Особенности решения задач вынужденной и свободной конвекции.

Особенности решения задач вынужденной и свободной конвекции в турбулентном режиме течения. k - ϵ модель турбулентности, дискретные аналоги. Другие модели турбулентности, особенности реализации в пакете Логос (резерв - ANSYS). Теплообмен и гидродинамика при течении многокомпонентных смесей. Число Дамкеллера. Распространение фронта химической реакции. Особенности решения задач при течении многокомпонентных смесей в условиях возможной химической реакции компонент. Решение с помощью Логос (резерв - ANSYS). Интегральные характеристики течения. Особенности решения задач при течении в каналах различной формы и внешнем обтекании погруженных в жидкость тел. Решение с помощью Логос (резерв - ANSYS). Интегральные характеристики течения..

1.7. Верификация Логос (резерв - ANSYS), набор тестовых задач.

Верификация CFD-пакетов программ, наборы тестовых задач. Сопоставление с численным решением Логос (резерв - ANSYS)..

1.8. Численное моделирование теплообменного аппарата

Численное моделирование теплообменника «труба в трубе». Численное моделирование пластинчатого теплообменника в SMath (резерв - MathCad) и с помощью пакета Логос (резерв - ANSYS)..

3.3. Темы практических занятий

1. Численное решение задач стационарной теплопроводности при наличии внутреннего источника теплоты и переменными коэффициентами переноса с помощью пакета Логос (резерв - ANSYS).;
2. Численное моделирование теплообменника «труба в трубе» в SMath (резерв - MathCad) и с помощью пакета Логос (резерв - ANSYS).;
3. Численное решение сложных задач теплообмена и гидродинамики с помощью пакета Логос (резерв - ANSYS). Сопоставление с экспериментальными исследованиями и результатами тепловизионного анализа.;
4. Численное решение сложных задач теплообмена и гидродинамики с помощью пакета Логос (резерв - ANSYS).;
5. Численное решение сопряженных задач теплообмена с помощью пакета Логос (резерв - ANSYS).;
6. Численное моделирование пластинчатого теплообменника в SMath (резерв - MathCad) и с помощью пакета Логос (резерв - ANSYS).;
7. Численное решение задач вынужденной конвекции (турбулентный режим течения) с помощью пакета Логос (резерв - ANSYS). Модели турбулентности.;
8. Численное решение задач вынужденной конвекции (турбулентный режим течения) с помощью пакета Логос (резерв - ANSYS). Представление результатов в виде инженерных формул.;
9. Численное решение задач вынужденной конвекции (ламинарный режим течения) с помощью пакета Логос (резерв - ANSYS).;
10. Численное решение задач теплопроводности в SMath (резерв MathCad) и с помощью пакета Логос (резерв - ANSYS). Метод прогонки.;
11. Численное решение задач нестационарной теплопроводности с помощью пакета Логос (резерв - ANSYS). Особенности явной и неявной схемы дискретизации.;
12. Численное решение задач свободной конвекции с помощью пакета Логос (резерв - ANSYS). Сопоставление с аналитическим решением.;
13. Численное решение задач свободной конвекции с помощью пакета Логос (резерв - ANSYS).;

14. Численное решение задач стационарной теплопроводности с помощью пакета Логос (резерв - ANSYS). Различные виды граничных условий. Метод контрольного объема..

3.4. Темы лабораторных работ
не предусмотрено

3.5 Консультации

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий

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	
Знать:			
особенности моделирования процессов теплообмена и гидродинамики в элементах теплоэнергетических установок;	ИД-2ПК-4	+	Тестирование/Терминологический тест: «Метод контрольного объема»
численные методы расчета вариантов разработки и построения адекватных математических моделей на основе вычислительного эксперимента при проектировании теплоэнергетических объектов с учётом особенностей протекающих в них физических процессов;	ИД-2ПК-4	+	Контрольная работа/Контрольная работа №1: «Численное решение задачи теплопроводности»
принципы декомпозиции теплоэнергетического объекта;	ИД-5ПК-4	+	Контрольная работа/Контрольная работа №2: «Численное решение конвективно-диффузионной задачи»
Уметь:			
применять пакет Логос (резервный пакет ANSYS) для решения задач стационарной и нестационарной теплопроводности, свободной и вынужденной конвекции, сложных задач теплообмена и гидродинамики;	ИД-2ПК-4	+	Контрольная работа/Контрольная работа №3: «Численное моделирование теплообменного аппарата»
записывать в виде системы интегральных и дифференциальных уравнений процессы теплообмена и гидродинамики в элементах теплоэнергетических установок;	ИД-2ПК-4	+	Тестирование/Терминологический тест: «Метод контрольного объема»
применять пакет Логос (резервный пакет ANSYS) для визуализации результатов решения задач стационарной и нестационарной теплопроводности, свободной и вынужденной конвекции, сложных задач теплообмена и гидродинамики;	ИД-5ПК-4	+	Контрольная работа/Контрольная работа №1: «Численное решение задачи теплопроводности» Контрольная работа/Контрольная работа №2: «Численное решение конвективно-

			диффузионной задачи»
--	--	--	----------------------

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

8 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Контрольная работа №1: «Численное решение задачи теплопроводности» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2: «Численное решение конвективно-диффузионной задачи» (Контрольная работа)
3. Контрольная работа №3: «Численное моделирование теплообменного аппарата» (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Терминологический тест: «Метод контрольного объема» (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №8)

По совокупности оценок в БАРС и на зачете

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Григорьев Б.А. , Цветков Ф.Ф. - "Тепломассообмен", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2011 - (562 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72294;
2. Цветков, Ф. Ф. Тепломассообмен : учебник для вузов по направлению "Теплоэнергетика" / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев . – М. : Издательский дом МЭИ, 2011 . – 562 с. - ISBN 978-5-383-00563-7 .
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=4233>;
3. Теплотехнические основы теплонасосных систем : учебное пособие по курсу "Методы оптимизационных расчетов в теплоэнергетике" для студентов, обучающихся по направлениям "Теплоэнергетика и теплотехника", "Энергетическое машиностроение", "Ядерная энергетика и теплофизика" / А. А. Сухих, Д. В. Сиденков, В. И. Величко, В. Ю. Демьяненко, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2021 . – 72 с. - Авторы указаны на обороте тит. л. - ISBN 978-5-7046-2446-2 .
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=11570>;
4. Солодов, А. П. Тепломассообмен: [в 2-х т.]. Т. 1 : учебное издание для реализации основных образовательных программ высшего образования по направлению 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" / А. П. Солодов, Д. В. Сиденков, В. И. Величко ; общ. ред. А. П. Солодов ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2021 . – 484 с. - Книга-победитель конкурса рукописей учебной, научно-технической и справочной

литературы по энергетике, посвященного 90-летию МЭИ и 100-летию плана ГОЭЛРО . - ISBN 978-5-7046-2460-8 .

<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=11904>;

5. Патанкар, С. В. Численное решение задач теплопроводности и конвективного теплообмена при течении в каналах : пер. с англ. / С. В. Патанкар . – М. : Изд-во МЭИ, 2003 . – 312 с. - ISBN 5-7046-0898-1 .;

6. Солодов, А. П. Теплообмен в энергетических установках. Инженерные методы расчета. Электронный курс : учебное пособие по курсам "Теплообмен", "Теплообмен в оборудовании АЭС" по направлениям "Ядерная энергетика и теплофизика", "Теплоэнергетика и теплотехника" / А. П. Солодов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2015 . – 124 с. - ISBN 978-5-7046-1636-8 .

<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=6989>;

7. Назмеев, Ю. Г. Теплообменные аппараты ТЭС : учебное пособие для вузов по направлению "Теплоэнергетика" / Ю. Г. Назмеев, В. М. Лавыгин . – 4-е изд., доп. – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . – 269 с. - ISBN 978-5-383-00134-9 .;

8. Теплоэнергетика и теплотехника: Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент : справочник / А. А. Александров, и др. ; Ред. А. В. Клименко, В. М. Зорин . – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МЭИ, 2001 . – 564 с. – (Теплоэнергетика и теплотехника ; Кн.2) . - ISBN 5-7046-0512-5 .;

9. Справочник по теплообменникам: В 2 т. Т.1. : пер. с англ. – М. : Энергоатомиздат, 1987 . – 560 с.;

10. Александров, А. А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара : Справочник / А. А. Александров, Б. А. Григорьев . – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 168 с. - ISBN 5-7046-0397-1 : 60.00 .;

11. Александров, А. А. Теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики : справочник / А. А. Александров, К. А. Орлов, В. Ф. Очков . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательский дом МЭИ, 2017 . – 226 с. - ISBN 978-5-383-01073-0 ..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Ansys / CAE Fidesys;
4. SmathStudio.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
4. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
5. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
6. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
7. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
8. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
9. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
10. Журналы издательства Cambridge University Press - <https://www.cambridge.org/core>
11. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
12. Журналы издательства Oxford University Press - <https://academic.oup.com/journals/>
13. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
14. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>

15. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
16. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
17. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
18. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
19. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
20. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
21. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
22. 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	В-209/14, Учебно-исследовательская лаборатория «Теплонасосные системы»; Учебно-демонстрационный пункт теплоснабжения; Компьютерный класс	рабочее место сотрудника, стул, шкаф для одежды, инвентарь специализированный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	В-209/14, Учебно-исследовательская лаборатория «Теплонасосные системы»; Учебно-демонстрационный пункт теплоснабжения; Компьютерный класс	рабочее место сотрудника, стул, шкаф для одежды, инвентарь специализированный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	В-209/14, Учебно-исследовательская лаборатория «Теплонасосные системы»; Учебно-демонстрационный пункт теплоснабжения; Компьютерный класс	рабочее место сотрудника, стул, шкаф для одежды, инвентарь специализированный
Помещения для самостоятельной работы	В-411, Учебная лаборатория «Вычислительный центр ТВТ»	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для консультирования	В-209/7, Кабинет сотрудников каф. "ТОТ"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер

<p>Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря</p>	<p>В-417, Помещение учебно-вспомогательного персонала каф. "ТОТ"</p>	<p>персональный, принтер, кондиционер кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, многофункциональный центр, компьютер персональный, принтер, кондиционер</p>
---	--	---

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

CFD-моделирование

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Терминологический тест: «Метод контрольного объема» (Тестирование)
- КМ-2 Контрольная работа №1: «Численное решение задачи теплопроводности» (Контрольная работа)
- КМ-3 Контрольная работа №2: «Численное решение конвективно-диффузионной задачи» (Контрольная работа)
- КМ-4 Контрольная работа №3: «Численное моделирование теплообменного аппарата» (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	CFD-моделирование					
1.1	Введение. Процессы теплообмена и гидродинамики в элементах теплоэнергетических установок.		+			
1.2	Система интегральных и дифференциальных уравнений конвективного теплообмена.		+	+	+	+
1.3	Стационарная теплопроводность.			+		
1.4	Нестационарная теплопроводность.			+		
1.5	Система уравнений Навье-Стокса.				+	+
1.6	Особенности решения задач вынужденной и свободной конвекции.				+	+
1.7	Верификация Логос (резерв - ANSYS), набор тестовых задач.			+	+	+
1.8	Численное моделирование теплообменного аппарата					+
Вес КМ, %:			15	25	30	30