

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Термоядерные реакторы и плазменные установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТОВ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.12
Трудоемкость в зачетных единицах:	7 семестр - 2;
Часов (всего) по учебному плану:	72 часа
Лекции	7 семестр - 16 часов;
Практические занятия	7 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	7 семестр - 39,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Расчетно-графическая работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	7 семестр - 0,3 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Вершинина Ю.В.
	Идентификатор	Rf52fe8a1-SmorchkovaYV-ce7575e

Ю.В.
Вершинина

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

А.В. Дедов

Заведующий выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

А.В. Дедов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение методов инженерных расчетов теплогидравлических процессов и их реализация с помощью современных программных средств

Задачи дисциплины

- Освоение численного моделирования теплообмена и гидродинамики в различных устройствах;
- Формирование умения постановки и решения задач по расчету теплообменного и тепловоспринимающего оборудования с помощью современных программных средств, получения навыков анализа полученных результатов в программных пакетах.

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 к участию в лабораторном и численном эксперименте, обработке опытных данных	ИД-5 _{ПК-2} Владеет навыками выполнения расчетов гидродинамики и теплообмена с использованием современных программных средств	знать: - Принципы использования программных комплексов для инженерного анализа задач гидродинамики и теплообмена; - Математические модели типовых задач гидродинамики и теплообмена. уметь: - Визуализировать и анализировать полученные результаты численного моделирования гидродинамики и теплообмена; - Выполнять численное моделирование гидродинамики и теплообмена в различных устройствах с помощью современных программных комплексов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Термоядерные реакторы и плазменные установки (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Основы механики жидкости и газа
- знать Основы теплообмена

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 2 зачетных единицы, 72 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	Архитектура современных CFD кодов. Общие принципы использования программных комплексов для инженерного анализа задач гидродинамики и теплообмена	4	7	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Архитектура современных CFD кодов. Общие принципы использования программных комплексов для инженерного анализа задач гидродинамики и теплообмена" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Архитектура современных CFD кодов. Общие принципы использования программных комплексов для инженерного анализа задач гидродинамики и теплообмена"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Архитектура современных CFD кодов. Общие принципы использования программных комплексов для инженерного анализа задач гидродинамики и теплообмена"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 9-13</p>	
1.1	Архитектура современных CFD кодов. Общие принципы использования программных комплексов для инженерного анализа задач гидродинамики и теплообмена	4		2	-	-	-	-	-	-	-	-	2		-
2	Математическое описание процессов	8		4	-	-	-	-	-	-	-	-	4		-

	гидродинамики и теплообмена													дополнительного материала по разделу "Математическое описание процессов гидродинамики и теплообмена"
2.1	Математическое описание процессов гидродинамики и теплообмена	8	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Математическое описание процессов гидродинамики и теплообмена" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Математическое описание процессов гидродинамики и теплообмена" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Математическое описание процессов гидродинамики и теплообмена"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 99-150</p>	
3	Постановка задачи. Создание геометрии расчетной области и расчетной сетки	21	5	-	8	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Постановка задачи. Создание геометрии расчетной области и расчетной сетки"</p>	
3.1	Постановка задачи. Создание геометрии расчетной области и расчетной сетки	21	5	-	8	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Постановка задачи. Создание геометрии расчетной области и расчетной сетки" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p>	

														<p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Постановка задачи. Создание геометрии расчетной области и расчетной сетки" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже.</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Постановка задачи. Создание геометрии расчетной области и расчетной сетки"</p>
4	Решение задачи. Визуализация и анализ полученных результатов численного моделирование гидродинамики и теплообмена	21	5	-	8	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Решение задачи. Визуализация и анализ полученных результатов численного моделирование гидродинамики и теплообмена"</p> <p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение</p>	
4.1	Решение задачи. Визуализация и анализ полученных результатов численного моделирование гидродинамики и теплообмена	21	5	-	8	-	-	-	-	-	8	-		

													дополнительного материала по разделу "Решение задачи. Визуализация и анализ полученных результатов численного моделирование гидродинамики и теплообмена" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Решение задачи. Визуализация и анализ полученных результатов численного моделирование гидродинамики и теплообмена" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Решение задачи. Визуализация и анализ полученных результатов численного моделирование гидродинамики и теплообмена" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	72.0	16	-	16	-	-	-	-	0.3	22	17.7	
	Итого за семестр	72.0	16	-	16	-	-	-	-	0.3		39.7	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Архитектура современных CFD кодов. Общие принципы использования программных комплексов для инженерного анализа задач гидродинамики и теплообмена

1.1. Архитектура современных CFD кодов. Общие принципы использования программных комплексов для инженерного анализа задач гидродинамики и теплообмена

Этапы математического моделирования. Основные этапы численного решения задачи на компьютере. Современные вычислительные методы исследования физических процессов. Пакетные технологии при решении задач механики жидкости и газа. Принципы инженерного анализа при использовании пакетов вычислительной гидродинамики. Составные элементы программного комплекса вычислительной гидродинамики..

2. Математическое описание процессов гидродинамики и теплообмена

2.1. Математическое описание процессов гидродинамики и теплообмена

Дифференциальные уравнения движения, уравнение неразрывности, уравнение энергии, дополнительные уравнения, необходимые для замыкания математической модели. Особенности численного моделирования турбулентных течений. Модели турбулентности, их преимущества и недостатки. Граничные условия для задач гидродинамики и теплообмена. Метод контрольного объема для численного решения системы дифференциальных уравнений сохранения..

3. Постановка задачи. Создание геометрии расчетной области и расчетной сетки

3.1. Постановка задачи. Создание геометрии расчетной области и расчетной сетки

Оценка сложности геометрии реальной задачи, введение допустимых упрощений. Структура программы построения геометрии расчетной области (препроцессора), основные разделы и функции. Принципы создания двухмерных и трехмерных объектов. Построение сетки контрольных объемов, правила сгущения узлов вблизи термогидродинамически нагруженных областей. Особенности построения сетки вблизи стенки для турбулентных течений. Оценка корректности созданной пространственной сетки. Формулировка граничных условий и выделение анализируемых объектов.

4. Решение задачи. Визуализация и анализ полученных результатов численного моделирования гидродинамики и теплообмена

4.1. Решение задачи. Визуализация и анализ полученных результатов численного моделирования гидродинамики и теплообмена

Обработка созданного в препроцессоре геометрического объекта. Определение используемых математических моделей для анализа процессов переноса массы, импульса и энергии. Выбор модели турбулентности. Выбор дополнительных специальных моделей. Принципы задания физических свойств среды. Детализация граничных условий. Выбор численных алгоритмов реализации задачи и определение внутренних параметров используемых методов. Настройка менеджера задач, для отображения хода вычислительного процесса, контроля сходимости решения. Обработка полученных результатов. Построение полей скоростей, температуры, давления, концентрации и других искомым скалярных и векторных величин. Принципы построения контурных карт (изолинии определяемых величин). Анализ интегральных параметров явления.

3.3. Темы практических занятий

1. 1. Оценка сложности геометрии реальной задачи, введение допустимых упрощений. Структура программы построения геометрии расчетной области (препроцессора), основные разделы и функции;
2. 2. Принципы создания двумерных и трехмерных объектов;
3. 3. Построение сетки контрольных объемов, правила сгущения узлов вблизи термогидродинамически нагруженных областей;
4. 4. Особенности построения сетки вблизи стенки для турбулентных течений. Оценка корректности созданной пространственной стеки;
5. 5. Обработка созданного в препроцессоре геометрического объекта. Определение используемых математических моделей для анализа процессов переноса массы, импульса и энергии. Выбор модели турбулентности. Выбор дополнительных специальных моделей;
6. 6. Принципы задания физических свойств среды. Детализация граничных условий. Выбор численных алгоритмов реализации задачи и определение внутренних параметров используемых методов;
7. 7. Обработка полученных результатов. Построение полей скоростей, температуры, давления и других искомых скалярных и векторных величин;
8. 8. Анализ полученных результатов..

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

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	
Знать:						
Математические модели типовых задач гидродинамики и теплообмена	ИД-5 _{ПК-2}		+			Тестирование/КМ-2
Принципы использования программных комплексов для инженерного анализа задач гидродинамики и теплообмена	ИД-5 _{ПК-2}	+				Тестирование/КМ-1
Уметь:						
Выполнять численное моделирование гидродинамики и теплообмена в различных устройствах с помощью современных программных комплексов	ИД-5 _{ПК-2}			+		Расчетно-графическая работа/КМ-3
Визуализировать и анализировать полученные результаты численного моделирование гидродинамики и теплообмена	ИД-5 _{ПК-2}				+	Расчетно-графическая работа/КМ-4

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

7 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. КМ-3 (Расчетно-графическая работа)
2. КМ-4 (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Устная форма

1. КМ-1 (Тестирование)
2. КМ-2 (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №7)

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Павловский В. А., Никущенко Д. В.- "Вычислительная гидродинамика. Теоретические основы", (2-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (368 с.)
<https://e.lanbook.com/book/154392>;
2. 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 ..

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).

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

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для самостоятельной работы	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для консультирования	А-208, Преподавательская	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	А-025, Кладовка лабораторного оборудования	стеллаж, оборудование специализированное

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы инженерных расчетов

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 КМ-1 (Тестирование)
- КМ-2 КМ-2 (Тестирование)
- КМ-3 КМ-3 (Расчетно-графическая работа)
- КМ-4 КМ-4 (Расчетно-графическая 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	16
1	Архитектура современных CFD кодов. Общие принципы использования программных комплексов для инженерного анализа задач гидродинамики и теплообмена					
1.1	Архитектура современных CFD кодов. Общие принципы использования программных комплексов для инженерного анализа задач гидродинамики и теплообмена		+			
2	Математическое описание процессов гидродинамики и теплообмена					
2.1	Математическое описание процессов гидродинамики и теплообмена			+		
3	Постановка задачи. Создание геометрии расчетной области и расчетной сетки					
3.1	Постановка задачи. Создание геометрии расчетной области и расчетной сетки				+	
4	Решение задачи. Визуализация и анализ полученных результатов численного моделирование гидродинамики и теплообмена					
4.1	Решение задачи. Визуализация и анализ полученных результатов численного моделирование гидродинамики и теплообмена					+
Вес КМ, %:			20	20	30	30