

**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**


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

**Москва 2022**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)


Ю.В.  
Вершинина

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

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


(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка  
подписи)

## 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-3 Способен к участию в лабораторном и численном эксперименте, обработке опытных данных	ИД-5 <sub>ПК-3</sub> 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: - Выполнять численное моделирование гидродинамики и теплообмена в различных устройствах с помощью современных программных комплексов; - Визуализировать и анализировать полученные результаты численного моделирования гидродинамики и теплообмена.

## 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><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> 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><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Архитектура современных CFD кодов. Общие принципы использования программных комплексов для инженерного анализа задач гидродинамики и теплообмена"</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Архитектура современных CFD кодов. Общие принципы использования программных комплексов для инженерного анализа задач гидродинамики и теплообмена"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [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		-



														<p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> 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><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже.</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> 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><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Решение задачи. Визуализация и анализ полученных результатов численного моделирование гидродинамики и теплообмена"</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> 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><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> 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" <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Решение задачи. Визуализация и анализ полученных результатов численного моделирование гидродинамики и теплообмена" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> 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 искомым 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	
<b>Знать:</b>						
Математические модели типовых задач гидродинамики и теплообмена	ИД-5 <sub>ПК-3</sub>		+			Тестирование/КМ-2
Принципы использования программных комплексов для инженерного анализа задач гидродинамики и теплообмена	ИД-5 <sub>ПК-3</sub>	+				Тестирование/КМ-1
<b>Уметь:</b>						
Визуализировать и анализировать полученные результаты численного моделирование гидродинамики и теплообмена	ИД-5 <sub>ПК-3</sub>				+	Расчетно-графическая работа/КМ-4
Выполнять численное моделирование гидродинамики и теплообмена в различных устройствах с помощью современных программных комплексов	ИД-5 <sub>ПК-3</sub>			+		Расчетно-графическая работа/КМ-3

#### **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 Fidesy;
5. 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)

## 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