

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

---

Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Физика и техника низких температур

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ В МЕХАНИКЕ СПЛОШНЫХ СРЕД**

<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.08.04.01</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>2 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>2 семестр - 16 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>2 семестр - 32 часа;</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>2 семестр - 95,7 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>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>2 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2023**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дергунов И.М.
	Идентификатор	Rffe7f67-DergunovIM-a272426c

И.М. Дергунов


## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крюков А.П.
	Идентификатор	R9b81f956-KryukovAP-8dacf4ed

А.П. Крюков

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
	Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1

Ю.Ю. Пузина

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение основных методов проведения численного эксперимента с целью определения характеристик процессов, сопровождающихся течениями в различных средах и различными осложняющими факторами: фазовыми переходами, химическими реакциями и т.д.

### Задачи дисциплины

- освоение основных методов проведения численных экспериментов;;
- изучение особенности современных методов моделирования процессов, связанных с течениями жидкостей и газов;;
- овладение приемами использования современных программных средств для проведения промышленного моделирования..

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 анализировать и моделировать физические процессы в элементах энергетического оборудования	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Владеет навыками расчета теплогидравлических процессов в элементах энергетического оборудования, навыки постобработки результатов расчетов и компьютерного моделирования этих процессов	знать: - методы конечно-объемной аппроксимации уравнений движения механики сплошной среды на неструктурированных сетках; - возможности использования новейших информационных технологий при проектировании, создании и эксплуатации разнообразных низкотемпературных установок и систем.  уметь: - использовать программные комплексы для численных расчетов характеристик гидродинамических течений, параметров теплообменных устройств различных геометрий и параметров.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Физика и техника низких температур (далее – ОПОП), направления подготовки 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать методы конечно-объемной аппроксимации уравнений движения механики сплошной среды на неструктурированных сетках
- знать возможности использования новейших информационных технологий при проектировании, создании и эксплуатации разнообразных низкотемпературных установок и систем
- уметь использовать программные комплексы для численных расчетов характеристик гидродинамических течений, параметров теплообменных устройств различных геометрий и параметров

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	Введение и предмет курса	16	2	2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 5-25 [3], 6-26
1.1	Введение и предмет курса	16		2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	
2	Создание геометрии	16		2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 30-110
2.1	Создание геометрии	16		2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	
3	Построение расчетных сеток	16		2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 115-190 [3], 129-130
3.1	Построение расчетных сеток	16		2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	
4	Физические модели и их настройка	18		2	-	4	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 250-350 [3], 111-120
4.1	Физические модели и их настройка	18		2	-	4	-	-	-	-	-	12	-	
5	Настройка солвера и проведение расчетов	22		4	-	6	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 250-350 [3], 130-134
5.1	Настройка солвера и проведение расчетов	22		4	-	6	-	-	-	-	-	12	-	
6	Анализ результатов	20	2	-	6	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 250-350 [3], 135-137	
6.1	Анализ результатов	20	2	-	6	-	-	-	-	-	12	-		
7	Оптимизационные и параметрические расчеты	18	2	-	4	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 5-25	
7.1	Оптимизационные и	18	2	-	4	-	-	-	-	-	12	-		

	параметрические расчеты												
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	144.0	16	-	32	-	-	-	-	0.3	78	17.7	
	Итого за семестр	144.0	16	-	32	-	-	-	-	0.3	95.7		

**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. Введение и предмет курса

#### 1.1. Введение и предмет курса

Роль моделирования в современном машиностроении. История коммерческого CFD. Основные этапы работы с проектом..

### 2. Создание геометрии

#### 2.1. Создание геометрии

Общие сведения о программах создания геометрии. Прямой редактор геометрии ANSYS SpaceClaim. Интерфейс. Режимы работы: создание и редактирование геометрии. Параметры модели..

### 3. Построение расчетных сеток

#### 3.1. Построение расчетных сеток

Общие сведения о расчетных сетках. Программа построения сеток ANSYS Fluent Meshing. Мастера построения геометрии. Работа с мастером Watertight Geometry Workflow..

### 4. Физические модели и их настройка

#### 4.1. Физические модели и их настройка

Интерфейс программы ANSYS Fluent. Домены, сеточные зоны и граничные условия. Материалы и их свойства. База свойств материалов. Физические модели: турбулентность, теплообмен, излучение, модель газовых смесей, учет силы тяжести..

### 5. Настройка солвера и проведение расчетов

#### 5.1. Настройка солвера и проведение расчетов

Настройки методов расчета. Методы решений системы уравнений Навье-Стокса. Алгоритмы решения в ANSYS Fluent. Параметры релаксации. Контроль сходимости решения. Мониторы..

### 6. Анализ результатов

#### 6.1. Анализ результатов

Средства обработки результатов. Постпроцессор ANSYS Fluent, постпроцессор CFD-Post. Получение количественных оценок при постобработке. Шаблоны настроек.

### 7. Оптимизационные и параметрические расчеты

#### 7.1. Оптимизационные и параметрические расчеты

Параметризация геометрии в SpaceClaim. Параметризация проектов ANSYS Fluent. Расчетная платформа ANSYS Workbench. Варианты расчета. Оптимизация..

## **3.3. Темы практических занятий**

1. Создание и редактирование 3D геометрии;
2. Построение расчетной сетки;
3. Постановка задачи;

4. Анализ результатов и параметризация задачи.

**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	5	6	7		
<b>Знать:</b>										
возможности использования новейших информационных технологий при проектировании, создании и эксплуатации разнообразных низкотемпературных установок и систем	ИД-2ПК-1	+								Контрольная работа/Построение геометрии  Контрольная работа/Построение сетки
методы конечно-объемной аппроксимации уравнений движения механики сплошной среды на неструктурированных сетках	ИД-2ПК-1				+	+	+			Контрольная работа/Построение сетки
<b>Уметь:</b>										
использовать программные комплексы для численных расчетов характеристик гидродинамических течений, параметров теплообменных устройств различных геометрий и параметров	ИД-2ПК-1		+	+					+	Контрольная работа/Проведение расчетов

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

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

**2 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Построение геометрии (Контрольная работа)
2. Построение сетки (Контрольная работа)
3. Проведение расчетов (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

Зачет с оценкой (Семестр №2)

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

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

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

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

1. Сергиевский, Э. Д. Применение комплекса численного моделирования Fluent для задач промышленной теплоэнергетики : учебное пособие по курсу "Математическое моделирование и оптимизация систем теплоснабжения и кондиционирования" по направлению "Теплоэнергетика" / Э. Д. Сергиевский, Е. В. Овчинников, А. Н. Крылов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 80 с. - ISBN 5-903072-89-5 .;
2. Басов К. А.- "ANSYS: справочник пользователя", Издательство: "ДМК Пресс", Москва, 2008 - (640 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=1335](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=1335);
3. Дергунов, И. М. Основы моделирования гидрогазодинамики и теплообмена в низкотемпературных устройствах в программе ANSYS Fluent : учебное пособие по курсам "Численные методы в механике сплошных сред" и "Алгоритмы моделирования низкотемпературных процессов" по направлению 14.04.01 "Ядерная энергетика и теплофизика", специальности "Физика и техника низких температур", "Наноматериалы и нанотехнологии в энергетике" / И. М. Дергунов, А. А. Сидоров, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2023 . – 144 с. - ISBN 978-5-7046-2778-4 .  
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=12486>.

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

1. Ansys / CAE Fidesys;
2. OpenFOAM.

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

1. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>

2. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>

3. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	М-409/2, Аудитория каф. "НТ"	стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор
	М-422/4, Учебная лаборатория криофизики	стол, стул, мультимедийный проектор
	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	М-409/2, Аудитория каф. "НТ"	стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор
	М-411/1, Компьютерный класс	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	М-422/4, Учебная лаборатория криофизики	стол, стул, мультимедийный проектор
	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	М-409/2, Аудитория каф. "НТ"	стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор
	М-411/1, Компьютерный класс	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	М-422/4, Учебная лаборатория криофизики	стол, стул, мультимедийный проектор
	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	М-411/1, Компьютерный класс	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Помещения для консультирования	М-402, Аудитория каф. "НТ"	стеллаж для хранения книг, стул, стол письменный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-407/1, Кладовая	стеллаж для хранения инвентаря, стеллаж для хранения книг, инвентарь специализированный



## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Численные методы в механике сплошных сред

(название дисциплины)

#### 2 семестр

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

КМ-1 Построение геометрии (Контрольная работа)

КМ-2 Построение сетки (Контрольная работа)

КМ-3 Проведение расчетов (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	8	12	16
1	Введение и предмет курса				
1.1	Введение и предмет курса		+	+	
2	Создание геометрии				
2.1	Создание геометрии				+
3	Построение расчетных сеток				
3.1	Построение расчетных сеток				+
4	Физические модели и их настройка				
4.1	Физические модели и их настройка			+	
5	Настройка солвера и проведение расчетов				
5.1	Настройка солвера и проведение расчетов			+	
6	Анализ результатов				
6.1	Анализ результатов			+	
7	Оптимизационные и параметрические расчеты				
7.1	Оптимизационные и параметрические расчеты				+
Вес КМ, %:			25	25	50