

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Научно-технологические и управленческие инновации в теплоэнергетике

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

<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.03</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>1 семестр - 4; 2 семестр - 4; 3 семестр - 4; всего - 12</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>432 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>1 семестр - 32 часа; 2 семестр - 32 часа; 3 семестр - 32 часа; всего - 96 часа</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>1 семестр - 32 часа; 2 семестр - 32 часа; 3 семестр - 32 часа; всего - 96 часа</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>2 семестр - 2 часа; 3 семестр - 2 часа; всего - 4 часа</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1 семестр - 79,7 часа; 2 семестр - 77,5 часа; 3 семестр - 77,5 часа; всего - 234,7 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>Тестирование</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>1 семестр - 0,3 часа;</b>
<b>Экзамен</b>	<b>2 семестр - 0,5 часа;</b>
<b>Экзамен</b>	<b>3 семестр - 0,5 часа;</b>
	<b>всего - 1,3 часа</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b

А.Н. Рогалев


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Бурмакина А.В.
	Идентификатор	Ree6ce9d4-BurmakinaAV-003bbda

А.В. Бурмакина

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:** изучение методов численного моделирования физических процессов, протекающих в энергетических установках различного назначения, и освоение программных продуктов, предназначенных для моделирования физических процессов

### Задачи дисциплины

- ознакомление с базовыми принципами и подходами к моделированию физических процессов;
- изучение областей применения методов численного моделирования в процессе проектирования энергетических установок;
- ознакомление с принципами разработки и/или модификации твердотельных моделей для проведения моделирования и принципами построения сеточных моделей для решения различных типов задач энергетического машиностроения;
- освоение программных комплексов, применяемых для моделирования физических процессов, протекающих в энергетических установках.

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 применять информационные технологии на всех стадиях жизненного цикла наукоемкой продукции	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Проводит научные исследования с применением методов математического и физического моделирования, обрабатывает и интерпретирует полученные результаты	знать: - методы упрощения расчетных моделей, используемых при моделировании процессов горения, протекающих в энергетических установках; - методы упрощения расчетных моделей, используемых при моделировании процессов гидрогазодинамики, протекающих в энергетических установках; - методы упрощения расчетных моделей, используемых при моделировании процессов теплообмена, протекающих в энергетических установках.  уметь: - применять методы численного моделирования процессов теплообмена при проектировании энергетических установок; - применять методы численного моделирования процессов гидрогазодинамики при проектировании энергетических установок; - применять методы численного моделирования процессов горения при проектировании энергетических установок.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Способен применять информационные технологии на всех стадиях жизненного цикла наукоемкой продукции	ИД-2 <sub>ПК-2</sub> Разрабатывает проектно-конструкторские и технологические решения с применением современных средств компьютерного моделирования	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы численного моделирования процессов гидрогазодинамики, протекающих в энергетических установках;</li> <li>- методы численного моделирования процессов теплообмена, протекающих в энергетических установках;</li> <li>- методы численного моделирования процессов горения, протекающих в энергетических установках.</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать информационные технологии, применяемые для моделирования процессов гидрогазодинамики в энергетических установках;</li> <li>- использовать информационные технологии, применяемые для моделирования процессов теплообмена в энергетических установках;</li> <li>- использовать информационные технологии, применяемые для моделирования процессов горения в энергетических установках.</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Наукоемкие технологии и управление инновациями в теплоэнергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

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 12 зачетных единиц, 432 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	Теоретические основы моделирования процессов гидрогазодинамики в энергетических установках	37	1	14	-	8	-	-	-	-	-	15	-	<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Теоретические основы моделирования процессов гидрогазодинамики в энергетических установках" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Теоретические основы моделирования процессов гидрогазодинамики в энергетических установках"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 17-36, 52-68, 300-351</p>	
1.1	Основные характеристики гидрогазодинамических процессов в элементах энергетических установок	18		7	-	4	-	-	-	-	-	7	-		
1.2	Теоретические основы ламинарных и турбулентных течений	19		7	-	4	-	-	-	-	-	8	-		
2	Численное моделирование процессов гидрогазодинамики в энергетических установках	89		18	-	24	-	-	-	-	-	47	-		<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Численное моделирование процессов гидрогазодинамики в энергетических установках"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Численное моделирование процессов гидрогазодинамики в энергетических установках" подготовка к выполнению</p>
2.1	Методы моделирования гидрогазодинамических процессов	42		9	-	12	-	-	-	-	-	21	-		
2.2	Алгоритм проведения	47		9	-	12	-	-	-	-	-	26	-		

	моделирования гидрогазодинамических процессов, основные этапы													заданий на практических занятиях <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Численное моделирование процессов гидрогазодинамики в энергетических установках" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 183-199, 257-351
	Зачет с оценкой	18.0		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	144.0		32	-	32	-	-	-	-	0.3	62	17.7	
	Итого за семестр	144.0		32	-	32	-	-	-	-	0.3	79.7		
3	Теоретические основы моделирования процессов теплообмена в энергетических установках	27	2	8	-	8	-	-	-	-	-	11	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Теоретические основы моделирования процессов теплообмена в энергетических установках"
3.1	Теоретические основы моделирования процессов теплопроводности	9		2	-	3	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Теоретические основы моделирования процессов теплообмена в энергетических установках" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
3.2	Теоретические основы моделирования процессов конвекции	11		4	-	3	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Теоретические основы моделирования процессов теплообмена в энергетических установках"
3.3	Теоретические основы моделирования лучистого теплообмена	7		2	-	2	-	-	-	-	-	3	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 5-15, 71-105, 106-148
4	Численное моделирование процессов теплообмена в энергетических установках	81		24	-	24	-	-	-	-	-	33	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Численное моделирование процессов теплообмена в энергетических установках"
4.1	Численное	27		8	-	8	-	-	-	-	-	11	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу

	моделирование процессов теплопроводности												"Численное моделирование процессов теплообмена в энергетических установках"	
4.2	Численное моделирование процессов конвекции	27		8	-	8	-	-	-	-	-	11	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 397-412, 421-427
4.3	Численное моделирование процессов лучистого теплообмена	27		8	-	8	-	-	-	-	-	11	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>32</b>	-	<b>32</b>	-	<b>2</b>	-	-	<b>0.5</b>	<b>44</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>32</b>	-	<b>32</b>		<b>2</b>		<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>77.5</b>		
5	Теоретические основы моделирования процессов горения в энергетических установках	26	3	8	-	8	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Теоретические основы моделирования процессов горения в энергетических установках"
5.1	Основные характеристики процессов горения в элементах энергетического оборудования	13		4	-	4	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Теоретические основы моделирования процессов горения в энергетических установках" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
5.2	Основы теории горения	13		4	-	4	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Теоретические основы моделирования процессов горения в энергетических установках"
														<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], 135-177
6	Численное моделирование процессов горения в энергетических установках	82		24	-	24	-	-	-	-	-	34	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Численное моделирование процессов горения в энергетических установках"
6.1	Моделирования	26		8	-	8	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение

	процессов горения как составная часть проектирования													дополнительного материала по разделу "Численное моделирование процессов горения в энергетических установках"
6.2	Основы математического моделирования процессов горения	28		8	-	8	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Численное моделирование процессов горения в энергетических установках" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
6.3	Основные этапы компьютерного моделирование процессов горения	28		8	-	8	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [6], 71-87, 171-218
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>32</b>	-	<b>32</b>	-	<b>2</b>	-	-	<b>0.5</b>	<b>44</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>32</b>	-	<b>32</b>		<b>2</b>		<b>-</b>	<b>0.5</b>		<b>77.5</b>	
	<b>ИТОГО</b>	<b>432.0</b>	-	<b>96</b>	-	<b>96</b>		<b>4</b>		<b>-</b>	<b>1.3</b>		<b>234.7</b>	

**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. Теоретические основы моделирования процессов гидрогазодинамики в энергетических установках*

1.1. Основные характеристики гидрогазодинамических процессов в элементах энергетических установок

Классификация конструктивных элементов энергетического оборудования по типам гидрогазодинамических процессов. Основные характеристики гидрогазодинамических процессов в элементах энергетического оборудования. Классификация гидравлических потерь. Методики определения потерь давления в типовых элементах арматуры.

1.2. Теоретические основы ламинарных и турбулентных течений

Вязкость в потоках. Касательные напряжения в потоках. Пограничный слой. Профиль скорости. Ламинарный и турбулентный профиль скорости. Пульсации параметров потока. Турбулентные напряжения. Переход к турбулентному пограничному слою на плоской пластине. Выражения для профиля скорости в турбулентном пограничном слое. Профиль скорости в логарифмических координатах. Отрыв пограничного слоя.

### *2. Численное моделирование процессов гидрогазодинамики в энергетических установках*

2.1. Методы моделирования гидрогазодинамических процессов

Метод осреднения системы уравнений Навье-Стокса по Рейнольдсу. Основные типы моделей турбулентности. Нестационарные методы расчета турбулентных течений.

2.2. Алгоритм проведения моделирования гидрогазодинамических процессов, основные этапы

Алгоритм проведения виртуальных экспериментов. Основные принципы создания трехмерных моделей проточной части исследуемых объектов. Алгоритм построения расчетной сетки для исследования процессов гидрогазодинамики. Виды расчетных сеток для исследования процессов гидрогазодинамики. Условия проведения виртуального эксперимента по исследованию процессов гидрогазодинамики. Настройка решателя для проведения численного моделирования процессов гидрогазодинамики.

### *3. Теоретические основы моделирования процессов теплообмена в энергетических установках*

3.1. Теоретические основы моделирования процессов теплопроводности

Основные понятия, гипотезы и уравнения, используемые при решении задач теплопроводности. Основные понятия, гипотезы и уравнения, используемые при решении задач теплопроводности.

3.2. Теоретические основы моделирования процессов конвекции

Основные понятия, гипотезы и уравнения, используемые при решении задач конвективного теплообмена. Аналитическое решение задач конвективного теплообмена. Численное решение задач конвективного теплообмена.

3.3. Теоретические основы моделирования лучистого теплообмена

Основные понятия, гипотезы и уравнения, используемые при решении задач лучистого теплообмена. Аналитическое решение задач лучистого теплообмена. Численное решение задач лучистого теплообмена.

#### 4. Численное моделирование процессов теплообмена в энергетических установках

##### 4.1. Численное моделирование процессов теплопроводности

Подходы к построению расчетной сетки при моделировании процессов теплопроводности. Способы задания физических, граничных и начальных условий при моделировании процессов теплопроводности. Автоматизированные подходы к обработке результатов моделирования процессов теплопроводности.

##### 4.2. Численное моделирование процессов конвекции

Подходы к построению расчетной сетки при моделировании процессов конвекции. Способы задания физических, граничных и начальных условий при моделировании процессов конвекции. Автоматизированные подходы к обработке результатов моделирования процессов конвекции.

##### 4.3. Численное моделирование процессов лучистого теплообмена

Подходы к построению расчетной сетки при моделировании процессов лучистого теплообмена. Способы задания физических, граничных и начальных условий при моделировании процессов лучистого теплообмена. Автоматизированные подходы к обработке результатов моделирования процессов лучистого теплообмена.

#### 5. Теоретические основы моделирования процессов горения в энергетических установках

##### 5.1. Основные характеристики процессов горения в элементах энергетического оборудования

Роль горения в технике. Организация рабочего процесса камер сгорания. Топлива для газотурбинных установок и их основные характеристики.

##### 5.2. Основы теории горения

Принципы составления материального и теплового баланса процессов горения. Классификация пламен. Реакционные механизмы и принципы их упрощения. Основы химического равновесия процессов горения. Скорость химической реакции, формула Аррениуса. Скорость распространения пламени.

#### 6. Численное моделирование процессов горения в энергетических установках

##### 6.1. Моделирование процессов горения как составная часть проектирования

Условия проведения виртуального эксперимента по исследованию процессов горения. Настройка решателя для проведения численного моделирования горения. Величины, определяемые в результате численного моделирования горения.

##### 6.2. Основы математического моделирования процессов горения

Основные типы моделей горения. Одноступенчатые, двухступенчатые и многоступенчатые реакционные механизмы. Модели образования вредных веществ. Принципы реакторного подхода к моделированию горения.

##### 6.3. Основные этапы компьютерного моделирования процессов горения

Постановка задачи и выбор объекта моделирования. Постановка внутренних и граничных условий. Обработка и анализ результатов моделирования.

### 3.3. Темы практических занятий

1. Численное моделирование течения в конфузорном канале в периодической постановке;
2. Численное моделирование течения в прямой трубе круглого поперечного сечения;
3. Численное моделирование течения в сопловой решетке турбомашин;
4. Применение численного моделирования для расчета основных параметров химической кинетики: нормальной скорости распространения пламени, времени задержки зажигания;
5. Реакторное моделирование камеры сгорания. Оценка эмиссионных характеристик;
6. Разработка алгоритма автоматической обработки результатов теплогидравлических расчетов охлаждаемых каналов;
7. Численное моделирование течения в конфузорном канале;
8. Численное моделирование гомогенного горения в жаровой трубе с применением многостадийного реакционного механизма;
9. Определение адиабатической температуры горения. Позонный тепловой расчет камеры сгорания;
10. Применение численного моделирования для расчета основных параметров химической кинетики: адиабатической температуры горения;
11. Численное моделирование работы завихрительного устройства и процесса смешения топлива и окислителя;
12. Численное моделирование гомогенного горения в жаровой трубе с применением одностадийного реакционного механизма;
13. Материальный и тепловой балансы процесса горения;
14. Моделирование процесса лучистого теплообмена;
15. Численный расчет процесса стационарной теплопроводности для плоской пластины в одномерной постановке;
16. Моделирование процесса стационарной теплопроводности для плоской пластины в двухмерной постановке при граничных условиях 1-го рода;
17. Расчет потерь давления в типовых каналах энергетического оборудования;
18. Численное моделирование течения в диффузорном канале;
19. Моделирование стационарного процесса вынужденной конвекции в охлаждаемом канале прямоугольного поперечного сечения с шахматным пучком штырьков в трехмерной сопряженной постановке;
20. Влияние методов управления потоком на структуру течения в типовых каналах энергетического оборудования.

### 3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

### 3.5 Консультации

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теоретические основы моделирования процессов гидрогазодинамики в энергетических установках"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Численное моделирование процессов гидрогазодинамики в энергетических установках"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теоретические основы моделирования процессов теплообмена в энергетических установках"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Численное моделирование процессов теплообмена в энергетических установках"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теоретические основы моделирования процессов горения в энергетических установках"

6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Численное моделирование процессов горения в энергетических установках"

### **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	
<b>Знать:</b>								
методы упрощения расчетных моделей, используемых при моделировании процессов теплообмена, протекающих в энергетических установках	ИД-1ПК-2	+	+					Контрольная работа/КМ-2. Использование периодической постановки при моделировании процессов гидрогазодинамики в конструктивных элементах энергетических установок
методы упрощения расчетных моделей, используемых при моделировании процессов гидрогазодинамики, протекающих в энергетических установках	ИД-1ПК-2					+		Тестирование/КМ-9. Процессы горения в энергетических установках
методы упрощения расчетных моделей, используемых при моделировании процессов горения, протекающих в энергетических установках	ИД-1ПК-2			+	+			Контрольная работа/КМ-6. Подходы к разработке расчетных моделей для моделирования теплообменных процессов в элементах энергетического оборудования
методы численного моделирования процессов горения, протекающих в энергетических установках	ИД-2ПК-2					+	+	Тестирование/КМ-11. Методы численного моделирования процессов горения в энергетических установках
методы численного моделирования процессов теплообмена, протекающих в энергетических установках	ИД-2ПК-2			+				Контрольная работа/КМ-5. Теоретические основы численного моделирования теплообменных процессов в элементах энергетического оборудования
методы численного моделирования процессов гидрогазодинамики, протекающих в энергетических установках	ИД-2ПК-2	+	+					Тестирование/КМ-4. Методы численного моделирования процессов гидрогазодинамики, протекающих в энергетических установках
<b>Уметь:</b>								
применять методы численного моделирования процессов горения при проектировании энергетических установок	ИД-1ПК-2					+		Контрольная работа/КМ-12. Численное моделирование процессов горения при проектировании энергетических установок

применять методы численного моделирования процессов гидрогазодинамики при проектировании энергетических установок	ИД-1ПК-2	+	+					Контрольная работа/КМ-3. Численное моделирование процессов гидрогазодинамики при проектировании энергетических установок
применять методы численного моделирования процессов теплообмена при проектировании энергетических установок	ИД-1ПК-2				+			Контрольная работа/КМ-8. Анализ теплогидравлических процессов в конструктивных элементах энергетических установок
использовать информационные технологии, применяемые для моделирования процессов горения в энергетических установках	ИД-2ПК-2						+	Контрольная работа/КМ-10. Постановка граничных условий при моделировании гомогенного горения
использовать информационные технологии, применяемые для моделирования процессов теплообмена в энергетических установках	ИД-2ПК-2				+			Контрольная работа/КМ-7. Численное моделирование теплогидравлических процессов в конструктивных элементах энергетических установок
использовать информационные технологии, применяемые для моделирования процессов гидрогазодинамики в энергетических установках	ИД-2ПК-2	+						Контрольная работа/КМ-1. Расчет потерь давления в типовых каналах энергетического оборудования

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

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

###### **1 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. КМ-2. Использование периодичной постановки при моделировании процессов гидрогазодинамики в конструктивных элементах энергетических установок (Контрольная работа)
2. КМ-3. Численное моделирование процессов гидрогазодинамики при проектировании энергетических установок (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1. Расчет потерь давления в типовых каналах энергетического оборудования (Контрольная работа)
2. КМ-4. Методы численного моделирования процессов гидрогазодинамики, протекающих в энергетических установках (Тестирование)

###### **2 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. КМ-5. Теоретические основы численного моделирования теплообменных процессов в элементах энергетического оборудования (Контрольная работа)
2. КМ-6. Подходы к разработке расчетных моделей для моделирования теплообменных процессов в элементах энергетического оборудования (Контрольная работа)
3. КМ-7. Численное моделирование теплогидравлических процессов в конструктивных элементах энергетических установок (Контрольная работа)
4. КМ-8. Анализ теплогидравлических процессов в конструктивных элементах энергетических установок (Контрольная работа)

###### **3 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-10. Постановка граничных условий при моделировании гомогенного горения (Контрольная работа)
2. КМ-11. Методы численного моделирования процессов горения в энергетических установках (Тестирование)
3. КМ-12. Численное моделирование процессов горения при проектировании энергетических установок (Контрольная работа)
4. КМ-9. Процессы горения в энергетических установках (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №1)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании зачетной и экзаменационной составляющих

*Экзамен (Семестр №2)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании зачетной и экзаменационной составляющих

### Экзамен (Семестр №3)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании зачетной и экзаменационной составляющих

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

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

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

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

1. Зарянкин, А. Е. Механика несжимаемых и сжимаемых жидкостей : учебник для вузов по направлению "Энергетическое машиностроение" и "Теплоэнергетика и теплотехника" / А. Е. Зарянкин . – М. : Издательский дом МЭИ, 2014 . – 590 с. - ISBN 978-5-383-00903-1 .;
2. 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>;
3. Дерюгин В. В., Васильев В. Ф., Уляшева В. М.- "Тепломассообмен", (3-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2020 - (240 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/145855>;
4. Цирельман Н. М.- "Теория и прикладные задачи тепломассопереноса", (2-е изд., испр.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2019 - (504 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/119624>;
5. Кулагин В. В., Кузьмичев В. С.- "Основы теории ГТД. Рабочий процесс и термогазодинамический анализ" К. 1, (5-е изд., испр.), Издательство: "Машиностроение", Москва, 2020 - (336 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/151080>;
6. Горение и течение в агрегатах энергоустановок: Моделирование, энергетика, экология / В. Г. Крюков, и др. ; Ред. В. Е. Алемасов . – М. : Янус, 1997 . – 304 с. - ISBN 5-88929-015-5 ..

### **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. 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)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
8. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
9. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
10. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>



11. **База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ** - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
12. **База открытых данных Министерства экономического развития РФ** - <http://www.economy.gov.ru>
13. **База открытых данных Росфинмониторинга** - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
14. **Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ"** - <https://www.polpred.com>
15. **Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование»** - <https://openedu.ru>
16. **Открытая университетская информационная система «РОССИЯ»** - <https://uisrussia.msu.ru>
17. **Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации** - <https://minobrnauki.gov.ru>
18. **Федеральный портал "Российское образование"** - <http://www.edu.ru>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>Тип помещения</b>	<b>Номер аудитории, наименование</b>	<b>Оснащение</b>
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	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Ш-206, Лекционная аудитория	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ш-107, Архив	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Моделирование процессов энергетических установок

(название дисциплины)

#### 1 семестр

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

- КМ-1 КМ-1. Расчет потерь давления в типовых каналах энергетического оборудования (Контрольная работа)
- КМ-2 КМ-2. Использование периодичной постановки при моделировании процессов гидрогазодинамики в конструктивных элементах энергетических установок (Контрольная работа)
- КМ-3 КМ-3. Численное моделирование процессов гидрогазодинамики при проектировании энергетических установок (Контрольная работа)
- КМ-4 КМ-4. Методы численного моделирования процессов гидрогазодинамики, протекающих в энергетических установках (Тестирование)

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

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	6	8	12
1	Теоретические основы моделирования процессов гидрогазодинамики в энергетических установках					
1.1	Основные характеристики гидрогазодинамических процессов в элементах энергетических установок		+	+	+	+
1.2	Теоретические основы ламинарных и турбулентных течений		+	+	+	+
2	Численное моделирование процессов гидрогазодинамики в энергетических установках					
2.1	Методы моделирования гидрогазодинамических процессов			+	+	+
2.2	Алгоритм проведения моделирования гидрогазодинамических процессов, основные этапы			+	+	+
Вес КМ, %:			15	30	45	10

#### 2 семестр

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

- КМ-5 КМ-5. Теоретические основы численного моделирования теплообменных процессов в элементах энергетического оборудования (Контрольная работа)
- КМ-6 КМ-6. Подходы к разработке расчетных моделей для моделирования теплообменных процессов в элементах энергетического оборудования (Контрольная работа)
- КМ-7 КМ-7. Численное моделирование теплогидравлических процессов в конструктивных элементах энергетических установок (Контрольная работа)
- КМ-8 КМ-8. Анализ теплогидравлических процессов в конструктивных элементах энергетических установок (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	4	6	8	12
1	Теоретические основы моделирования процессов теплообмена в энергетических установках					
1.1	Теоретические основы моделирования процессов теплопроводности		+	+		
1.2	Теоретические основы моделирования процессов конвекции		+	+		
1.3	Теоретические основы моделирования лучистого теплообмена		+	+		
2	Численное моделирование процессов теплообмена в энергетических установках					
2.1	Численное моделирование процессов теплопроводности			+	+	+
2.2	Численное моделирование процессов конвекции			+	+	+
2.3	Численное моделирование процессов лучистого теплообмена			+	+	+
Вес КМ, %:			20	20	30	30

**3 семестр**

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

- КМ-9 КМ-9. Процессы горения в энергетических установках (Тестирование)  
 КМ-10 КМ-10. Постановка граничных условий при моделировании гомогенного горения (Контрольная работа)  
 КМ-11 КМ-11. Методы численного моделирования процессов горения в энергетических установках (Тестирование)  
 КМ-12 КМ-12. Численное моделирование процессов горения при проектировании энергетических установок (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-9	КМ-10	КМ-11	КМ-12
		Неделя КМ:	4	6	8	12
1	Теоретические основы моделирования процессов горения в энергетических установках					
1.1	Основные характеристики процессов горения в элементах энергетического оборудования		+		+	
1.2	Основы теории горения		+		+	
2	Численное моделирование процессов горения в энергетических установках					
2.1	Моделирования процессов горения как составная часть проектирования			+	+	+

2.2	Основы математического моделирования процессов горения		+	+	+
2.3	Основные этапы компьютерного моделирование процессов горения		+	+	+
Вес КМ, %:		10	30	20	40