

**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: Теплоэнергетика и теплотехника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГИДРОГАЗОДИНАМИКИ**

|   |   |
|---|---|
| <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.01.02</b>   |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>                            | <b>5 семестр - 3;</b>   |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>                             | <b>108 часов</b>  |
| <b>Лекции</b>   | <b>не предусмотрено учебным планом</b>                          |
| <b>Практические занятия</b>   | <b>5 семестр - 48 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>5 семестр - 59,7 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><br><b>Контрольная работа</b><br><b>Тестирование</b> |   |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>                                    |   |
| <b>Зачет с оценкой</b>  | <b>5 семестр - 0,3 часа;</b>                                    |

**Москва 2020**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

|  |  |                             |
|--|--|-----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                             |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                             |
|  | Владелец   | Осипов С.К.                 |
|  | Идентификатор                                      | R06dc7f87-OsipovSK-e84c9a91 |

(подпись)

С.К. Осипов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

А.Н. Рогалев

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

А.Н. Рогалев

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Математическое моделирование процессов гидрогазодинамики

### 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-1 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере теплоэнергетики и теплотехники | ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Выполняет моделирование физических и механических процессов в энергетическом оборудовании с применением систем автоматизированного проектирования | знать:<br>- методы численного моделирования процессов гидрогазодинамики, протекающих в энергетических установках;<br>- методы упрощения расчетных моделей, используемых при моделировании процессов гидрогазодинамики, протекающих в энергетических установках.<br><br>уметь:<br>- использовать информационные технологии, применяемые для моделирования процессов гидрогазодинамики в энергетических установках;<br>- применять методы численного моделирования процессов гидрогазодинамики при проектировании энергетических установок. |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

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

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 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     | Теоретические основы моделирования процессов гидрогазодинамики в энергетических установках   | 26                    | 5       | -  | -   | 14 | -            | - | -   | -  | -  | 12                | -                                 | <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br/>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> |  |
| 1.1   | Основные характеристики гидрогазодинамических процессов в элементах энергетических установок | 14                    |         | -  | -   | 8  | -            | - | -   | -  | -  | 6                 | -                                 |   |  |
| 1.2   | Теоретические основы ламинарных и турбулентных течений                                       | 12                    |         | -  | -   | 6  | -            | - | -   | -  | -  | 6                 | -                                 |   |  |
| 2     | Численное моделирование процессов гидрогазодинамики в энергетических установках              | 64                    |         | -  | -   | 34 | -            | - | -   | -  | -  | 30                | -                                 |   | <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 текущему контролю:</u></b><br/>Повторение материала по разделу "Численное моделирование процессов гидрогазодинамики в энергетических установках"</p> |
| 2.1   | Методы моделирования гидрогазодинамических процессов   | 32                    |         | -  | -   | 16 | -            | - | -   | -  | -  | 16                | -                                 |   |  |
| 2.2   | Алгоритм проведения  | 32                    |         | -  | -   | 18 | -            | - | -   | -  | -  | 14                | -                                 |   |  |

|   |       |  |   |   |    |   |   |   |   |     |      |      |   |
|---|-------|--|---|---|----|---|---|---|---|-----|------|------|---|
| моделирования гидрогазодинамических процессов, основные этапы |       |  |   |   |    |   |   |   |   |     |      |      | <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br>Изучение материала по разделу "Численное моделирование процессов гидрогазодинамики в энергетических установках" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях |
| Зачет с оценкой   | 18.0  |  | - | - | -  | - | - | - | - | 0.3 | -    | 17.7 |   |
| Всего за семестр  | 108.0 |  | - | - | 48 | - | - | - | - | 0.3 | 42   | 17.7 |   |
| Итого за семестр  | 108.0 |  | - | - | 48 | - | - | - | - | 0.3 | 59.7 |      |   |

**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. 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.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Численное моделирование течения в прямой трубе круглого поперечного сечения;
2. Численное моделирование течения в диффузорном канале;
3. Расчет потерь давления в типовых каналах энергетического оборудования;
4. Численное моделирование течения в конфузорном канале в периодической постановке;
5. Численное моделирование течения в сопловой решетке турбомшины;
6. Влияние методов управления потоком на структуру течения в типовых каналах энергетического оборудования;
7. Численное моделирование течения в конфузорном канале.

### **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"

### **3.6 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<br>(в соответствии с разделом 1)  | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) |   | Оценочное средство (тип и наименование) |
|---|------------------|---|---|---|
|   |                  | 1   | 2 |   |
| <b>Знать:</b>   |                  |   |   |   |
| методы упрощения расчетных моделей, используемых при моделировании процессов гидрогазодинамики, протекающих в энергетических установках | ИД-1ПК-1         | +   | + | Контрольная работа/КМ-2                 |
| методы численного моделирования процессов гидрогазодинамики, протекающих в энергетических установках                                    | ИД-1ПК-1         |   | + | Тестирование/КМ-4                       |
| <b>Уметь:</b>   |                  |   |   |   |
| применять методы численного моделирования процессов гидрогазодинамики при проектировании энергетических установок                       | ИД-1ПК-1         | +   | + | Контрольная работа/КМ-3                 |
| использовать информационные технологии, применяемые для моделирования процессов гидрогазодинамики в энергетических установках           | ИД-1ПК-1         | +   |   | Контрольная работа/КМ-1                 |

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

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

**5 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. КМ-1 (Контрольная работа)
2. КМ-2 (Контрольная работа)
3. КМ-3 (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-4 (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №5)*

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

В диплом выставляется оценка за 5 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>.

### **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 ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>

5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Журналы American Chemical Society - <https://www.acs.org/content/acs/en.html>
12. Журналы American Institute of Physics - <https://www.scitation.org/>
13. Журналы American Physical Society - <https://journals.aps.org/about>
14. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
15. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
16. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
17. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
18. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
19. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
20. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
21. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;http://docs.cntd.ru/>
22. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
23. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
24. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
25. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
26. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
27. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения  | Номер аудитории, наименование               | Оснащение   |
|--|---|---|
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | 17Г-3-308,<br>Компьютерный класс            | стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, экран, компьютер персональный, кондиционер  |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации      | 3-407/3,<br>Компьютерный класс каф. "ИТНО"  | стеллаж, стол преподавателя, стол, стул, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер |
| Помещения для самостоятельной работы                           | 3-404/11,<br>Компьютерный класс каф. "ИТНО" | стеллаж, стол преподавателя, стол, стул, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер |
| Помещения для консультирования                                 | 3-309, Аудитория каф. "ИТНО"                | стол, стул, шкаф  |
| Помещения для хранения оборудования и учебного                 | 3-318, Помещение для инвентаря каф.         | стеллаж для хранения инвентаря, стол, стул, шкаф  |

|           |        |  |
|-----------|--------|--|
| инвентаря | "ИТНО" |  |
|-----------|--------|--|

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ****Моделирование процессов гидрогазодинамики**

(название дисциплины)

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

КМ-1 КМ-1 (Контрольная работа)

КМ-2 КМ-2 (Контрольная работа)

КМ-3 КМ-3 (Контрольная работа)

КМ-4 КМ-4 (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    | 9    |
| 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   |