

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

Направление подготовки/специальность: 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ САД/САЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ЭЛЕМЕНТОВ ТУРБОМАШИН

| | |
|--|--|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.02 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 5 семестр - 2; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 72 часа |
| Лекции | 5 семестр - 16 часов; |
| Практические занятия | не предусмотрено учебным планом |
| Лабораторные работы | 5 семестр - 16 часов; |
| Консультации | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| Самостоятельная работа | 5 семестр - 39,7 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: Тестирование Лабораторная работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Зачет с оценкой | 5 семестр - 0,3 часа; |

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

| | | |
|--|--|--------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Тищенко В.А. |
| | Идентификатор | R4ea77783-TishchenkoVA-c16aaeb |

В.А. Тищенко

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

| | | |
|--|--|--------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Митрохова О.М. |
| | Идентификатор | R1d0f453c-FichoriakOM-ee811867 |

О.М.
Митрохова

Заведующий выпускающей
кафедрой

| | | |
|--|--|-----------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Грибин В.Г. |
| | Идентификатор | R44612ca0-GribinVG-8231e2ff |

В.Г. Грибин

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение основ применения современных компьютерных методов проектирования и инженерного анализа, применяемых для проектирования элементов конструкций турбомашин.

Задачи дисциплины

- получить представление об основных инструментах, применяемых в трехмерных САПР;
- овладеть навыками проведения газодинамических расчетов для элементов проточных частей турбомашин;
- подробно изучить с помощью методов численного моделирования базовые газодинамические явления, протекающие в каналах различной геометрии.

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 |
|---|--|---|
| РПК-2 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения | ИД-4РПК-2 Разрабатывает конструкцию отдельных элементов объектов профессиональной деятельности | знать: - перечень и назначение современных инструментов, применяемых при проектировании элементов турбомашин; - назначение основных этапов, необходимых для проведения численного газодинамического расчета. уметь: - создавать твердотельные модели и их сборки в современных трехмерных САПР; - проводить численный расчет и анализ течений в каналах различной геометрии. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение, 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 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 | CAD/CAE пакеты. Описание, назначение, структура | 6 | 5 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 4 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Подготовка к тестированию <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 24-62 | |
| 1.1 | CAD/CAE пакеты. Описание, назначение, структура | 6 | | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 4 | - | | |
| 2 | Современные трехмерные САПР. Основы машиностроительного проектирования | 22 | | 4 | 8 | - | - | - | - | - | - | - | 10 | - | <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Подготовка к лабораторной работе 1 Подготовка к лабораторной работе 2 <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 147-167 |
| 2.1 | Современные трехмерные САПР. Основы машиностроительного проектирования | 22 | | 4 | 8 | - | - | - | - | - | - | - | 10 | - | |
| 3 | Основы вычислительной гидрогазодинамики | 12 | | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 8 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Подготовка к тестированию <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 45-72 |
| 3.1 | Основы вычислительной гидрогазодинамики | 12 | | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 8 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|-------------|----------|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | [4], 106-121 [6], 72-87 |
| 4 | Численное моделирование течений в каналах различной геометрии | 31.7 | 6 | 8 | - | - | - | - | - | - | 17.7 | - | - | <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Подготовка к лабораторной работе 3 Подготовка к лабораторной работе 4 |
| 4.1 | Численное моделирование течений в каналах различной геометрии | 31.7 | 6 | 8 | - | - | - | - | - | - | 17.7 | - | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) |
| | Зачет с оценкой | 0.3 | - | - | - | - | - | - | - | 0.3 | - | - | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 228-313 [5], 303-341 |
| | Всего за семестр | 72.0 | 16 | 16 | - | - | - | - | - | 0.3 | 39.7 | - | | |
| | 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. CAD/CAE пакеты. Описание, назначение, структура

1.1. CAD/CAE пакеты. Описание, назначение, структура

Описание современных подходов контроля жизненного цикла изделия. Место CAD и CAE методов в производственной цепочке энергетического оборудования. Современные трехмерные САПР – основные особенности, философия проектирования, техники проектирования «сверху вниз» и «снизу вверх». CAE – разновидности задач численного моделирования, основные численные методы, применяемые в пакетах инженерных расчетов. Интеграция CAE пакетов в производственную цепочку изделий.

2. Современные трехмерные САПР. Основы машиностроительного проектирования

2.1. Современные трехмерные САПР. Основы машиностроительного проектирования

Работа с системой трехмерного проектирования на примере одного из современных программных продукта. Редактирование эскиза. Создание 3D модели на основе эскизов. Дополнительные элементы построения. Создание сборочных единиц. Подготовка конструкторской документации.

3. Основы вычислительной гидрогазодинамики

3.1. Основы вычислительной гидрогазодинамики

Методы вычислительной гидрогазодинамики. Уравнение переноса в сплошных средах в дифференциальном и интегральном виде, его свойства и основные компоненты. Метод конечных объемов. Основные уравнения газовой динамики для идеальной (уравнения Эйлера) и вязкой жидкости (уравнения Навье – Стокса) с точки зрения численных методов. Этапы проведения численного моделирования течения – дискретизация пространства, выбор основных моделей и свойств рабочего тела, настройка решателя, инициализация расчета, проведение расчета, пост-обработка результатов. Особенности течения в расширяющихся и суживающихся каналах.

4. Численное моделирование течений в каналах различной геометрии

4.1. Численное моделирование течений в каналах различной геометрии

Различные режимы течения в сопле Лавалю – расчетный, с прямым скачком уплотнения, режим трубки Вентури. Течение в диффузоре – с отрывом и без отрыва пограничного слоя от стенки.

3.3. Темы практических занятий не предусмотрено

3.4. Темы лабораторных работ

1. Моделирование течения в диффузорном канале с отрывом пограничного слоя (4 часа);
2. Моделирование режимов течения в сопле Лавалю (4 часа);
3. Проектирование верхней половины диафрагмы паровой турбины (4 часа);
4. Проектирование предохранительного клапана (4 часа).

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) | | | | Оценочное средство (тип и наименование) |
|---|------------------|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Знать: | | | | | | |
| назначение основных этапов, необходимых для проведения численного газодинамического расчета | ИД-4РПК-2 | | | + | | Тестирование/Тест «Вычислительная гидрогазодинамика» |
| перечень и назначение современных инструментов, применяемых при проектировании элементов турбомашин | ИД-4РПК-2 | + | | | | Тестирование/Тест «Современные CAD/CAE пакеты для инженерного проектирования» |
| Уметь: | | | | | | |
| проводить численный расчет и анализ течений в каналах различной геометрии | ИД-4РПК-2 | | | | + | Лабораторная работа/Лабораторная работа № 3 «Моделирование режимов течения в сопле Лавалья» Лабораторная работа/Лабораторная работа № 4 «Моделирование течения в диффузорном канале с отрывом пограничного слоя» |
| создавать твердотельные модели и их сборки в современных трехмерных САПР | ИД-4РПК-2 | | + | | | Лабораторная работа/Лабораторная работа № 1 «Проектирование предохранительного клапана» Лабораторная работа/Лабораторная работа № 2 «Проектирование верхней половины диафрагмы паровой турбины» |

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. Лабораторная работа № 1 «Проектирование предохранительного клапана» (Лабораторная работа)
2. Лабораторная работа № 2 «Проектирование верхней половины диафрагмы паровой турбины» (Лабораторная работа)
3. Лабораторная работа № 3 «Моделирование режимов течения в сопле Лавалья» (Лабораторная работа)
4. Лабораторная работа № 4 «Моделирование течения в диффузорном канале с отрывом пограничного слоя» (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Тест «Вычислительная гидрогазодинамика» (Тестирование)
2. Тест «Современные CAD/CAE пакеты для инженерного проектирования» (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №5)

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 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", Издательство: "МЭИ", Москва, 2019
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013175.html>;
2. Трухний А.Д.- "Паровые и газовые турбины для электростанций", Издательство: "МЭИ", Москва, 2017
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011577.html>;
3. Зиновьев Д. В.- "Основы моделирования в SolidWorks", Издательство: "ДМК Пресс", Москва, 2017 - (240 с.)
<https://e.lanbook.com/book/97361>;
4. Басов К. А.- "Графический интерфейс комплекса ANSYS", Издательство: "ДМК Пресс", Москва, 2008 - (248 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=1290;

5. 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;
6. Каплун, А. Б. ANSYS в руках инженера. Практическое руководство / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева. – 3-е изд. – М. : Эдиториал УРСС, 2009. – 272 с. – ISBN 978-5-397-00564-7..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Ansys / CAE Fidesys;
5. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
6. Компас 3D.

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
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. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
16. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
17. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|-------------------------------|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| | П-20, Учебная аудитория | стол преподавателя, стол учебный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, кондиционер, мел, маркер, стилус |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| | П-31, Компьютерный класс | стол преподавателя, стол учебный, стул, вешалка для одежды, компьютерная сеть |

| | | |
|---|---|--|
| | | с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| | П-20, Учебная аудитория | стол преподавателя, стол учебный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, кондиционер, мел, маркер, стилус |
| Помещения для самостоятельной работы | НТБ-303, Лекционная аудитория | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер |
| | П-28, Комната для самостоятельных занятий студентов | |
| Помещения для консультирования | П-03а, Кабинет сотрудников | |
| | П-27, Переговорная | |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | П-05а, Лаборатория аэродинамики | |
| | П-03б, Подсобное помещение | |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы применения САД/САЕ для проектирования элементов турбомашин

(название дисциплины)

5 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тест «Современные САД/САЕ пакеты для инженерного проектирования» (Тестирование)
- КМ-2 Лабораторная работа № 1 «Проектирование предохранительного клапана» (Лабораторная работа)
- КМ-3 Лабораторная работа № 2 «Проектирование верхней половины диафрагмы паровой турбины» (Лабораторная работа)
- КМ-4 Тест «Вычислительная гидрогазодинамика» (Тестирование)
- КМ-5 Лабораторная работа № 3 «Моделирование режимов течения в сопле Лаваля» (Лабораторная работа)
- КМ-6 Лабораторная работа № 4 «Моделирование течения в диффузорном канале с отрывом пограничного слоя» (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 3 | 4 | 8 | 10 | 12 | 16 |
| 1 | САД/САЕ пакеты. Описание, назначение, структура | | | | | | | |
| 1.1 | САД/САЕ пакеты. Описание, назначение, структура | | + | | | | | |
| 2 | Современные трехмерные САПР. Основы машиностроительного проектирования | | | | | | | |
| 2.1 | Современные трехмерные САПР. Основы машиностроительного проектирования | | | + | + | | | |
| 3 | Основы вычислительной гидрогазодинамики | | | | | | | |
| 3.1 | Основы вычислительной гидрогазодинамики | | | | | + | | |
| 4 | Численное моделирование течений в каналах различной геометрии | | | | | | | |
| 4.1 | Численное моделирование течений в каналах различной геометрии | | | | | | + | + |
| Вес КМ, %: | | | 5 | 20 | 25 | 5 | 25 | 20 |