

**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**

<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.02</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>5 семестр - 2;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>72 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>5 семестр - 16 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>5 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5 семестр - 39,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Лабораторная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>5 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2018**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

**Преподаватель**

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Тищенко В.А.
	Идентификатор	R4ea77783-TishchenkoVA-c16aae6

(подпись)

**В.А. Тищенко**

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель образовательной программы**

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

**О.М.**

**Митрохова**

(расшифровка подписи)

**Заведующий выпускающей кафедры**

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

**В.Г. Грибин**

(расшифровка подписи)

## 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
ПК-1 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения	ИД-4 <sub>ПК-1</sub> 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	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Подготовка к тестированию <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [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	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к лабораторной работе 1 Подготовка к лабораторной работе 2 <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 147-167
2.1	Современные трехмерные САПР. Основы машиностроительного проектирования	22		4	8	-	-	-	-	-	-	-	10	-	
3	Основы вычислительной гидрогазодинамики	12		4	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Подготовка к тестированию <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [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	-	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> 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	-	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД)
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 228-313 [5], 303-341
	<b>Всего за семестр</b>	<b>72.0</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>39.7</b>	<b>-</b>		
	<b>Итого за семестр</b>	<b>72.0</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>39.7</b>	<b>-</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. 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 Лавалья – 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. Проектирование предохранительного клапана (4 часа);
2. Проектирование верхней половины диафрагмы паровой турбины (4 часа);
3. Моделирование режимов течения в сопле Лавалья (4 часа);
4. Моделирование течения в диффузорном канале с отрывом пограничного слоя (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	
<b>Знать:</b>						
назначение основных этапов, необходимых для проведения численного газодинамического расчета	ИД-4ПК-1			+		Тестирование/Тест «Вычислительная гидрогазодинамика»
перечень и назначение современных инструментов, применяемых при проектировании элементов турбомашин	ИД-4ПК-1	+				Тестирование/Тест «Современные CAD/CAE пакеты для инженерного проектирования»
<b>Уметь:</b>						
проводить численный расчет и анализ течений в каналах различной геометрии	ИД-4ПК-1				+	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-4ПК-1		+			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](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](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 Fidesy;
5. Майнд Видеоконференции;
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](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	
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	
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
	П-28, Комната для самостоятельных занятий студентов	
Помещения для консультирования	П-03/1, Кабинет сотрудников	
	П-27, Переговорная	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	П-05/1, Помещение для учебного инвентаря	
	П-03/3, 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