

**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: Энергообеспечение предприятий. Высокотемпературные процессы и установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**ТУРБИНЫ И ДВИГАТЕЛИ**

<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.07.10</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	7 семестр - 4; 8 семестр - 5; всего - 9
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	324 часа
<b>Лекции</b>	7 семестр - 32 часа; 8 семестр - 28 часа; всего - 60 часов
<b>Практические занятия</b>	7 семестр - 32 часа; 8 семестр - 28 часа; всего - 60 часов
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	7 семестр - 2 часа; 8 семестр - 30 часов; всего - 32 часа
<b>Самостоятельная работа</b>	7 семестр - 77,5 часа; 8 семестр - 89,2 часа; всего - 166,7 часа
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	8 семестр - 4 часа;
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	7 семестр - 0,5 часа;
<b>Защита курсового проекта</b>	8 семестр - 0,3 часа;
<b>Экзамен</b>	8 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,3 часа

**Москва 2022**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

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

С.К. Осипов

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Киндра В.О.
	Идентификатор	R429f7b35-KindraVO-2c9422f7

В.О. Киндра

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	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:** формирование системы профессиональных знаний и практических навыков в области теории, расчета и проектирования воздушно-реактивных двигателей и энергоустановок.

### Задачи дисциплины

- изучение конструкций газовых турбин энергетических установок и воздушно-реактивных двигателей;
- изучение методик проектировочных расчетов основных узлов воздушно-реактивных двигателей и энергетических установок;
- выявление и систематизация основных принципов проектирования узлов и агрегатов энергетических установок и двигателей;
- формирование системы научно-практических знаний о методах, законах и основных тенденциях расчета и проектирования.

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 проектировании и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Способен использовать нормативную документацию при разработке объектов теплоэнергетики и теплотехники	знать: - принципы конструирования основных узлов и деталей ГТД и ГТУ; - знать конструкцию основных узлов ТРД и ГТУ.  уметь: - проводить энергетический расчет ТРД и ГТУ; - проводить гидравлический расчет ТРД и ГТУ.
ПК-1 Способен участвовать в проектировании и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники	ИД-4 <sub>ПК-1</sub> Принимает участие в оценке энергетической эффективности объектов теплоэнергетики и теплотехники	знать: - знать характеристики и конструкцию основных узлов ТРД и ГТУ; - методы расчета основных узлов и деталей ГТД и ГТУ.  уметь: - уметь проводить анализ параметров основных узлов ГТД и ГТУ; - уметь проводить анализ и выбор и согласование параметров основных узлов ГТД и ГТУ.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Энергообеспечение предприятий. Высокотемпературные процессы и установки (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 9 зачетных единиц, 324 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	Схемы и циклы ТРД и ГТУ	23	7	7	-	7	-	-	-	-	-	9	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Схемы и циклы ТРД и ГТУ"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Схемы и циклы ТРД и ГТУ" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Схемы и циклы ТРД и ГТУ"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 135-260</p>	
1.1	Классификация авиационных двигателей и энергетических установок	6		2	-	2	-	-	-	-	-	-	2		-
1.2	Принцип работы газотурбинных реактивных двигателей и их основных элементов	6		2	-	2	-	-	-	-	-	-	2		-
1.3	Принципиальные схемы и циклы ГТУ	4		1	-	1	-	-	-	-	-	-	2		-
1.4	Параметры, определяющие совершенство ГТД и ГТУ	4		1	-	1	-	-	-	-	-	-	2		-
1.5	Термогазодинамический расчет ГТД и зависимость удельных параметров от параметров рабочего тела	3		1	-	1	-	-	-	-	-	-	1		-
2	Лопаточные машины	29	7	9	-	9	-	-	-	-	-	11	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Лопаточные машины"</p>	
2.1	Назначение и принцип действия лопаточных машин	6		2	-	2	-	-	-	-	-	-	2		-

2.2	Модель рабочего тела и течений в лопаточных машинах	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 38-97
2.3	Основные уравнения теории лопаточных машин	4	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
2.4	Формы учета потерь в лопаточных машинах ВРД и связь между ними	4	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
2.5	Изменение параметров по радиусу и закрутка лопаток осевых компрессоров	3	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	
2.6	Применение теории подобия для построения характеристик лопаточных машин	3	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	
2.7	Пути совершенствования лопаточных машин	3	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	
3	Осевые и центробежные компрессоры	28	8	-	8	-	-	-	-	-	12	-	
3.1	Элементарная ступень осевого компрессора	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
3.2	Окружная скорость и коэффициент полезного действия	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
3.3	Характеристики многоступенчатых компрессоров	4	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
3.4	Расчет осевых компрессоров	4	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
3.5	Конструкция многоступенчатых осевых компрессоров	4	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	

3.6	Центробежные компрессоры	4		1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Газовые турбины"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Газовые турбины" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 42-98</p>	
4	Газовые турбины	28		8	-	8	-	-	-	-	-	-	12		-
4.1	Элементарная ступень турбины	6		2	-	2	-	-	-	-	-	-	2		-
4.2	Выбор схемы проточной части турбины и расчете ее основных размеров	6		2	-	2	-	-	-	-	-	-	2		-
4.3	Газодинамический расчет ступени турбины	4		1	-	1	-	-	-	-	-	-	2		-
4.4	Профилирование лопаток турбины	4		1	-	1	-	-	-	-	-	-	2		-
4.5	Основные особенности и порядок расчета многоступенчатых газовых турбин	4		1	-	1	-	-	-	-	-	-	2		-
4.6	Конструкция многоступенчатой газовой турбины	4		1	-	1	-	-	-	-	-	-	2		-
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	-		33.5
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>32</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</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>-</b>	<b>32</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>77.5</b>					
5	Камеры сгорания ТРД и ГТУ	40	8	10	-	10	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Камеры сгорания ТРД и ГТУ"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], 12-108</p>	
5.1	Основные элементы и их назначение	8	2	-	2	-	-	-	-	-	-	4	-		
5.2	Основные характеристики камер сгорания	8	2	-	2	-	-	-	-	-	-	4	-		
5.3	Конструктивное исполнение основных элементов камер сгорания	8	2	-	2	-	-	-	-	-	-	4	-		
5.4	Расчет основных параметров камер	8	2	-	2	-	-	-	-	-	-	4	-		

	сгорания												
5.5	Конструкции мало эмиссионных камер сгорания	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
6	Системы охлаждения ТРД и ГТУ	32	8	-	8	-	-	-	-	-	16	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Системы охлаждения ТРД и ГТУ"</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Системы охлаждения ТРД и ГТУ"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [6], 237-345</p>
6.1	Системы охлаждения турбореактивных двигателей и газотурбинных установок	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
6.2	Основы рациональной организации охлаждения камер сгорания	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
6.3	Системы и схемы охлаждения газовой турбины и ее деталей	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
6.4	Системы охлаждения рабочих и сопловых лопаток газовых турбин	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
7	Характеристики и регулирование ТРД и ГТУ	39.7	10	-	10	-	-	-	-	-	19.7	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Характеристики и регулирование ТРД и ГТУ"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Характеристики и регулирование ТРД и ГТУ" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 255-259</p>
7.1	Высотно-скоростные характеристики ТРД	7.7	2	-	2	-	-	-	-	-	3.7	-	
7.2	Частичные нагрузки газотурбинных установок	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
7.3	Статистические характеристики ГТУ	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
7.4	Регулирование ГТУ	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
7.5	Основные элементы систем автоматического регулирования	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовой проект (КП)	32.3	-	-	-	28	-	4	-	0.3	-	-	



	<b>Всего за семестр</b>	<b>180.0</b>		<b>28</b>	<b>-</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>55.7</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>180.0</b>		<b>28</b>	<b>-</b>	<b>28</b>	<b>30</b>		<b>4</b>		<b>0.8</b>	<b>89.2</b>		
	<b>ИТОГО</b>	<b>324.0</b>	<b>-</b>	<b>60</b>	<b>-</b>	<b>60</b>	<b>32</b>		<b>4</b>		<b>1.3</b>	<b>166.7</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. Схемы и циклы ТРД и ГТУ

1.1. Классификация авиационных двигателей и энергетических установок  
Классификация авиационных двигателей и энергетических установок.

1.2. Принцип работы газотурбинных реактивных двигателей и их основных элементов  
Принцип работы газотурбинных реактивных двигателей и их основных элементов.

1.3. Принципиальные схемы и циклы ГТУ  
Принципиальные схемы и циклы ГТУ.

1.4. Параметры, определяющие совершенство ГТД и ГТУ  
Параметры, определяющие совершенство ГТД и ГТУ.

1.5. Термогазодинамический расчет ГТД и зависимость удельных параметров от параметров рабочего тела

Термогазодинамический расчет ГТД и зависимость удельных параметров от параметров рабочего тела.

#### 2. Лопаточные машины

2.1. Назначение и принцип действия лопаточных машин  
Назначение и принцип действия лопаточных машин.

2.2. Модель рабочего тела и течений в лопаточных машинах  
Модель рабочего тела и течений в лопаточных машинах.

2.3. Основные уравнения теории лопаточных машин  
Основные уравнения теории лопаточных машин.

2.4. Формы учета потерь в лопаточных машинах ВРД и связь между ними  
Формы учета потерь в лопаточных машинах ВРД и связь между ними.

2.5. Изменение параметров по радиусу и закрутка лопаток осевых компрессоров  
Изменение параметров по радиусу и закрутка лопаток осевых компрессоров.

2.6. Применение теории подобия для построения характеристик лопаточных машин  
Применение теории подобия для построения характеристик лопаточных машин.

2.7. Пути совершенствования лопаточных машин  
Пути совершенствования лопаточных машин.

#### 3. Осевые и центробежные компрессоры

3.1. Элементарная ступень осевого компрессора  
Элементарная ступень осевого компрессора. Основные параметры элементарной ступени компрессора. Теоретический напор.

3.2. Окружная скорость и коэффициент полезного действия  
Окружная скорость и коэффициент полезного действия. Геометрические параметры решеток профилей.

3.3. Характеристики многоступенчатых компрессоров  
Характеристики многоступенчатых компрессоров.

3.4. Расчет осевых компрессоров  
Расчет осевых компрессоров. Метод полного моделирования.

3.5. Конструкция многоступенчатых осевых компрессоров  
Конструкция многоступенчатых осевых компрессоров.

3.6. Центробежные компрессоры  
Центробежные компрессоры. Характеристики..

#### 4. Газовые турбины

4.1. Элементарная ступень турбины  
Элементарная ступень турбины. Потери в турбине и их оценка. КПД турбины. Степень реактивности ступени турбины.

4.2. Выбор схемы проточной части турбины и расчете ее основных размеров  
Выбор схемы проточной части турбины и расчете ее основных размеров.

4.3. Газодинамический расчет ступени турбины  
Газодинамический расчет ступени турбины.

4.4. Профилирование лопаток турбины  
Профилирование лопаток турбины.

4.5. Основные особенности и порядок расчета многоступенчатых газовых турбин  
Основные особенности и порядок расчета многоступенчатых газовых турбин.

4.6. Конструкция многоступенчатой газовой турбины  
Конструкция многоступенчатой газовой турбины.

#### 5. Камеры сгорания ТРД и ГТУ

5.1. Основные элементы и их назначение  
Основные элементы и их назначение. Классификация камер сгорания.

5.2. Основные характеристики камер сгорания  
Основные характеристики камер сгорания.

5.3. Конструктивное исполнение основных элементов камер сгорания  
Конструктивное исполнение основных элементов камер сгорания.

#### 5.4. Расчет основных параметров камер сгорания

Расчет основных параметров камер сгорания.

#### 5.5. Конструкции мало эмиссионных камер сгорания

Конструкции мало эмиссионных камер сгорания.

### 6. Системы охлаждения ТРД и ГТУ

#### 6.1. Системы охлаждения турбореактивных двигателей и газотурбинных установок

Системы охлаждения турбореактивных двигателей и газотурбинных установок.

#### 6.2. Основы рациональной организации охлаждения камер сгорания

Основы рациональной организации охлаждения камер сгорания. Способы охлаждения жаровых и плазменных труб и оценка их эффективности. Выбор схем охлаждения плазменной трубы при заданных ограничениях по температуре металла.

#### 6.3. Системы и схемы охлаждения газовой турбины и ее деталей

Системы и схемы охлаждения газовой турбины и ее деталей. Потери связанные с системой охлаждения. Охлаждение дисков рабочих колес и подшипников.

#### 6.4. Системы охлаждения рабочих и сопловых лопаток газовых турбин

Системы охлаждения рабочих и сопловых лопаток газовых турбин. Принципы проектирования системы охлаждения. Методики расчета тепловых и гидравлических характеристик для определения запасов прочности.

### 7. Характеристики и регулирование ТРД и ГТУ

#### 7.1. Высотно-скоростные характеристики ТРД

Высотно-скоростные характеристики ТРД.

#### 7.2. Частичные нагрузки газотурбинных установок

Частичные нагрузки газотурбинных установок. Расчет многоступенчатой турбины на переходных режимах. Согласование работы элементов ГТУ.

#### 7.3. Статические характеристики ГТУ

Статические характеристики ГТУ. Влияние параметров наружного воздуха на характеристики ГТУ.

#### 7.4. Регулирование ГТУ

Регулирование ГТУ. Динамические характеристики ГТУ.

#### 7.5. Основные элементы систем автоматического регулирования

Основные элементы систем автоматического регулирования. Запуск ГТУ, приемистость и останов ГТУ..

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

1. Расчет гидравлических характеристик каналов охлаждения;
2. Расчет высотно-скоростные характеристики ТРД;
3. Термогазодинамический расчет ГТД;

4. Газодинамический расчет осевого компрессора;
5. Газодинамический расчет ступени турбины;
6. Расчет основных параметров камер сгорания;
7. Термодинамические потери и коэффициенты полезного действия в лопаточных машинах.

### 3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

### 3.5 Консультации

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Курсовая работа выполняется студентом самостоятельно по индивидуальному заданию в соответствии с методическими указаниями. Отчет по работе оформляется в виде записки по курсовой работе на отдельных листах бумаги формата А4. После титульного листа помещается лист с заданием на курсовую работу, дается характеристика компрессора в виде заданного числового массива. В отчете должны быть отражены название и цели работы, изображены схемы ТРД, дан алгоритм термогазодинамических расчетов ТРД с подстановкой числовых значений параметров. Дается алгоритм расчета скоростных характеристик ТРД при заданном законе регулирования с подстановкой числовых значений параметров. Построение графических зависимостей производится в удобных для определения масштабах на бумаге формата А4 в соответствии с ЕСКД. Проводится анализ скоростных характеристик ТРД с заданным законом регулирования с учетом поля ограничений на частоту вращения ротора  $n$ , температуру газа перед турбиной, коэффициент запаса устойчивости. Выполняется чертёж проточной части двигателя с простановкой размеров основных узлов.

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Схемы и циклы ТРД и ГТУ"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Лопаточные машины"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Осевые и центробежные компрессоры"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Газовые турбины"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Камеры сгорания ТРД и ГТУ"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Системы охлаждения ТРД и ГТУ"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Характеристики и регулирование ТРД и ГТУ"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 8 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- Исследование рабочего процесса ТРД и построение скоростной характеристики

#### **График выполнения курсового проекта**

Неделя	1 - 8	9 - 14	Зачетная
Раздел курсового проекта	1, 3	4, 5, 6, 7, 8	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	60	40	-
Выполненный	60	100	-

объем нарастающим итогом, %			
-----------------------------------	--	--	--

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Ознакомление с заданием на курсовую работу, методическими указаниями и исходными данными
2	Выполнить термогазодинамический расчет ТРД
3	Провести расчет осевых и диаметральных размеров входного устройства, компрессора, камеры сгорания, турбины и реактивного сопла. Начертить конструктивную схему двигателя
4	Выполнить расчет линии рабочих режимов на заданной характеристике компрессора при законе регулирования ТРД $n = \text{const}$ . Построить графики изменения параметров вдоль линии рабочих режимов
5	Рассчитать скоростную характеристику ТРД при заданной высоте полета, $M_{п} = 0 \dots 1,5$ при законе регулирования $n = \text{const}$ .
6	Построить графики изменения тяги $P$ , удельной тяги $P_{уд}$ , удельного расхода топлива $C_{уд}$ от скорости полета $M_{п}$ .
7	Построить график изменения температуры газа перед турбиной от скорости полета $M_{п}$ .
8	Оформление пояснительной записки и графической части

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)							Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7		
<b>Знать:</b>										
знать конструкцию основных узлов ТРД и ГТУ	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>					+				Контрольная работа/КМ-5
принципы конструирования основных узлов и деталей ГТД и ГТУ	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>	+								Контрольная работа/КМ-1 «Термогазодинамический расчет ТРД»
методы расчета основных узлов и деталей ГТД и ГТУ	ИД-4 <sub>ПК-1</sub>							+		Контрольная работа/КМ-6
знать характеристики и конструкцию основных узлов ТРД и ГТУ	ИД-4 <sub>ПК-1</sub>		+							Контрольная работа/КМ-2 «Сравнительный анализ конструкций ротора осевого компрессора»
<b>Уметь:</b>										
проводить гидравлический расчет ТРД и ГТУ	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>							+	+	Контрольная работа/КМ-8
проводить энергетический расчет ТРД и ГТУ	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>			+						Контрольная работа/КМ-3 «Расчет проточной части газовой турбины»
уметь проводить анализ и выбор и согласование параметров основных узлов ГТД и ГТУ	ИД-4 <sub>ПК-1</sub>				+					Контрольная работа/КМ-4 «Высотно-скоростная характеристика ТРД»
уметь проводить анализ параметров основных узлов ГТД и ГТУ	ИД-4 <sub>ПК-1</sub>								+	Контрольная работа/КМ-7

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

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

**7 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1 «Термогазодинамический расчет ТРД» (Контрольная работа)
2. КМ-2 «Сравнительный анализ конструкций ротора осевого компрессора» (Контрольная работа)
3. КМ-3 «Расчет проточной части газовой турбины» (Контрольная работа)
4. КМ-4 «Высотно-скоростная характеристика ТРД» (Контрольная работа)

**8 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-5 (Контрольная работа)
2. КМ-6 (Контрольная работа)
3. КМ-7 (Контрольная работа)
4. КМ-8 (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

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

Экзамен (Семестр №7)

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

Экзамен (Семестр №8)

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

Курсовой проект (КП) (Семестр №8)

Оценка за курсовой проект определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

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

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

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

1. Григорьев В. А., Калабухов Д. С., Захарченко В. С., Зрелов В. А., Гареев А. ..., Кузьмичев В. С., Ланшин А. И., Прокофьев А. Б.- "Основы теории, расчета и проектирования воздушно-реактивных двигателей", Издательство: "Самарский университет", Самара, 2021 - (268 с.) <https://e.lanbook.com/book/257069>;



2. А. Д. Обуховский, Ю. В. Телкова- "Теория лопаточных машин", Издательство: "Новосибирский государственный технический университет", Новосибирск, 2019 - (120 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576434>;
3. А. В. Кистойчев- "Проектирование лопаточного аппарата осевых компрессоров ГТУ", Издательство: "Издательство Уральского университета", Екатеринбург, 2014 - (121 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=276263>;
4. Лиманский А. С., Такмовцев В. В., Ильинков А. В., Хабибуллин И. И.- "Проектный термогазодинамический расчет газовых турбин энергетических машин и установок", Издательство: "КНИТУ-КАИ", Казань, 2021 - (176 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/248921>;
5. Мингазов Б. Г.- "Процессы горения и автоматизированное проектирование камер сгорания ГТД и ГТУ", Издательство: "КНИТУ-КАИ", Казань, 2015 - (160 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/193464>;
6. Иванов, В. Л. Теплообменные аппараты и системы охлаждения газотурбинных и комбинированных установок : [учебник для вузов] / В. Л. Иванов, Э. А. Манушин ; общ. ред. А. Ю. Варакин. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. – 534 с. – (Техническая физика и энергомашиностроение). – ISBN 978-5-7038-4813-5..

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
3. Windows Server / Серверная операционная система семейства Linux.

### 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. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
12. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
13. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ш-204, Учебная аудитория Ш-204	стол преподавателя, стол, тумба, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, колонки, кондиционер, наборы демонстрационного оборудования
Учебные аудитории для проведения практических занятий,	Ш-204, Учебная аудитория Ш-204	стол преподавателя, стол, тумба, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, колонки, кондиционер, наборы

КР и КП		демонстрационного оборудования
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ш-204, Учебная аудитория Ш-204	стол преподавателя, стол, тумба, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, колонки, кондиционер, наборы демонстрационного оборудования
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
Помещения для консультирования	Ш-206, Лекционная аудитория	стол преподавателя, стол компьютерный, вешалка для одежды, тумба, мультимедийный проектор, указка лазерная, доска маркерная передвижная, колонки, кондиционер, инструменты для практических занятий
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ш-107/2, Склад учебного инвентаря Ш-107/2	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Турбины и двигатели

(название дисциплины)

#### 7 семестр

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

- КМ-1 КМ-1 «Термогазодинамический расчет ТРД» (Контрольная работа)  
 КМ-2 КМ-2 «Сравнительный анализ конструкций ротора осевого компрессора» (Контрольная работа)  
 КМ-3 КМ-3 «Расчет проточной части газовой турбины» (Контрольная работа)  
 КМ-4 КМ-4 «Высотно-скоростная характеристика ТРД» (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Схемы и циклы ТРД и ГТУ					
1.1	Классификация авиационных двигателей и энергетических установок		+			
1.2	Принцип работы газотурбинных реактивных двигателей и их основных элементов		+			
1.3	Принципиальные схемы и циклы ГТУ		+			
1.4	Параметры, определяющие совершенство ГТД и ГТУ		+			
1.5	Термогазодинамический расчет ГТД и зависимость удельных параметров от параметров рабочего тела		+			
2	Лопаточные машины					
2.1	Назначение и принцип действия лопаточных машин			+		
2.2	Модель рабочего тела и течений в лопаточных машинах			+		
2.3	Основные уравнения теории лопаточных машин			+		
2.4	Формы учета потерь в лопаточных машинах ВРД и связь между ними			+		
2.5	Изменение параметров по радиусу и закрутка лопаток осевых компрессоров			+		
2.6	Применение теории подобия для построения характеристик лопаточных машин			+		
2.7	Пути совершенствования лопаточных машин			+		

3	Осевые и центробежные компрессоры				
3.1	Элементарная ступень осевого компрессора			+	
3.2	Окружная скорость и коэффициент полезного действия			+	
3.3	Характеристики многоступенчатых компрессоров			+	
3.4	Расчет осевых компрессоров			+	
3.5	Конструкция многоступенчатых осевых компрессоров			+	
3.6	Центробежные компрессоры			+	
4	Газовые турбины				
4.1	Элементарная ступень турбины				+
4.2	Выбор схемы проточной части турбины и расчете ее основных размеров				+
4.3	Газодинамический расчет ступени турбины				+
4.4	Профилирование лопаток турбины				+
4.5	Основные особенности и порядок расчета многоступенчатых газовых турбин				+
4.6	Конструкция многоступенчатой газовой турбины				+
Вес КМ, %:		25	25	25	25

### 8 семестр

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

КМ-5 КМ-5 (Контрольная работа)

КМ-6 КМ-6 (Контрольная работа)

КМ-7 КМ-7 (Контрольная работа)

КМ-8 КМ-8 (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	4	8	12	14
1	Камеры сгорания ТРД и ГТУ					
1.1	Основные элементы и их назначение		+			
1.2	Основные характеристики камер сгорания		+			

1.3	Конструктивное исполнение основных элементов камер сгорания	+			
1.4	Расчет основных параметров камер сгорания	+			
1.5	Конструкции мало эмиссионных камер сгорания	+			
2	Системы охлаждения ТРД и ГТУ				
2.1	Системы охлаждения турбореактивных двигателей и газотурбинных установок		+		
2.2	Основы рациональной организации охлаждения камер сгорания		+		
2.3	Системы и схемы охлаждения газовой турбины и ее деталей		+		+
2.4	Системы охлаждения рабочих и сопловых лопаток газовых турбин		+		+
3	Характеристики и регулирование ТРД и ГТУ				
3.1	Высотно-скоростные характеристики ТРД			+	+
3.2	Частичные нагрузки газотурбинных установок			+	+
3.3	Статические характеристики ГТУ			+	+
3.4	Регулирование ГТУ				+
3.5	Основные элементы систем автоматического регулирования				+
Вес КМ, %:		20	25	25	30

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Турбины и двигатели

(название дисциплины)

#### 8 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:**

КМ-1 Соблюдение графика выполнения курсовой работы

КМ-2 Соблюдение графика выполнения курсовой работы и качества оформления курсовой работы

**Вид промежуточной аттестации – защита КП.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2
		Неделя КМ:	8	14
1	Ознакомление с заданием на курсовую работу, методическими указаниями и исходными данными		+	
2	Выполнить термогазодинамический расчет ТРД			
3	Провести расчет осевых и диаметральных размеров входного устройства, компрессора, камеры сгорания, турбины и реактивного сопла. Начертить конструктивную схему двигателя		+	
4	Выполнить расчет линии рабочих режимов на заданной характеристике компрессора при законе регулирования ТРД $n = \text{const}$ . Построить графики изменения параметров вдоль линии рабочих режимов			+
5	Рассчитать скоростную характеристику ТРД при заданной высоте полета, $M_p = 0 \dots 1,5$ при законе регулирования $n = \text{const}$ .			+
6	Построить графики изменения тяги $P$ , удельной тяги $P_{уд}$ , удельного расхода топлива $C_{уд}$ от скорости полета $M_p$ .			+
7	Построить график изменения температуры газа перед турбиной от скорости полета $M_p$ .			+
8	Оформление пояснительной записки и графической части			+
Вес КМ, %:			60	40