

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

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.08.09
Трудоемкость в зачетных единицах:	8 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	8 семестр - 28 часа;
Практические занятия	8 семестр - 28 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	8 семестр - 30 часов;
Самостоятельная работа	8 семестр - 89,2 часа;
в том числе на КП/КР	8 семестр - 31,7 часа;
Иная контактная работа	8 семестр - 4 часа;
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Защита курсового проекта	8 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	8 семестр - 0,5 часа;
	всего - 0,8 часа

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

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

С.К. Осипов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

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

В.О. Киндра

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: 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 проекторочных 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 _{ПК-1} Способен использовать нормативную документацию при разработке объектов теплоэнергетики и теплотехники	знать: - принципы конструирования основных узлов и деталей ГТД и ГТУ; - конструкцию основных узлов ТРД и ГТУ. уметь: - 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 _{ПК-1} Принимает участие в оценке энергетической эффективности объектов теплоэнергетики и теплотехники	знать: - характеристики и конструкцию основных узлов ТРД и ГТУ; - методы расчета основных узлов и деталей ГТД и ГТУ. уметь: - проводить анализ параметров основных узлов ГТД и ГТУ; - 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 5 зачетных единиц, 180 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	Схемы и циклы ТРД и ГТУ	14	8	5	-	5	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Схемы и циклы ТРД и ГТУ" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Схемы и циклы ТРД и ГТУ" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Схемы и циклы ТРД и ГТУ" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> <div>[1], 135-260</div>
1.1	Классификация авиационных двигателей и энергетических установок	3		1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	
1.2	Идеальные циклы ГТД	3		1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	
1.3	Принципиальные схемы и циклы ГТУ	3		1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	
1.4	Термогазодинамический расчет ГТД и зависимость удельных параметров от параметров рабочего тела.	5		2	-	2	-	-	-	-	-	1	-	
2	Лопаточные машины	14		5	-	5	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Лопаточные машины" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> <div>[2], 38-97</div>
2.1	Назначение и принцип действия лопаточных машин.	3		1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	
2.2	Основные уравнения теории лопаточных машин.	5		2	-	2	-	-	-	-	-	1	-	
2.3	Формы учета потерь в лопаточных машинах ВРД и связь между ними.	3		1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	

2.4	Изменение параметров по радиусу и закрутка лопаток	3	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	
3	Осевые компрессоры	14	5	-	5	-	-	-	-	-	4	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Осевые компрессоры"</p> <p><u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Осевые компрессоры" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Осевые компрессоры"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 24-83</p>
3.1	Элементарная ступень осевого компрессора	3	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	
3.2	Характеристики многоступенчатых компрессоров.	3	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	
3.3	Расчет осевых компрессоров.	5	2	-	2	-	-	-	-	-	1	-	
3.4	Конструкция многоступенчатых осевых компрессоров	3	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	
4	Газовые турбины	20	8	-	8	-	-	-	-	-	4	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Газовые турбины"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Газовые турбины" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 42-98 [6], 237-345</p>
4.1	Элементарная ступень турбины	5	2	-	2	-	-	-	-	-	1	-	
4.2	Выбор схемы проточной части турбины и расчете ее основных размеров	5	2	-	2	-	-	-	-	-	1	-	
4.3	Основные особенности и порядок расчета многоступенчатых газовых турбин	5	2	-	2	-	-	-	-	-	1	-	

4.4	Конструкция многоступенчатой газовой турбины.	5	2	-	2	-	-	-	-	-	1	-	
5	Камеры сгорания ТРД и ГТУ	18	5	-	5	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Камеры сгорания ТРД и ГТУ"</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Камеры сгорания ТРД и ГТУ" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Камеры сгорания ТРД и ГТУ" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Камеры сгорания ТРД и ГТУ"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [5], 12-108</p>
5.1	Основные элементы и их назначение	4	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
5.2	Основные характеристики камер сгорания	4	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
5.3	Конструктивное исполнение основных элементов камер сгорания	4	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
5.4	Расчет основных параметров камер сгорания.	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовой проект (КП)	64.0	-	-	-	28	-	4	-	0.3	31.7	-	
	Всего за семестр	180.0	28	-	28	28	2	4	-	0.8	55.7	33.5	
	Итого за семестр	180.0	28	-	28	30		4		0.8	89.2		

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

Анализ конструкций и тепловых схем газотурбинного двигателя. Идеальные циклы ГТД. Идеальные циклы газотурбинного двигателя. Простой цикл газотурбинного двигателя (цикл Брайтона). Вывод основных закономерностей цикла газотурбинного двигателя Брайтона..

1.2. Идеальные циклы ГТД

Цикл турбореактивного двигателя. Цикл ТРДД. Цикл турбовального двигателя. Цикл ТРД с форсажной камерой. Параметры цикла ТРДД с форсажной камерой..

1.3. Принципиальные схемы и циклы ГТУ

Цикл ГТД Брайтона с регенерацией. Цикл ГТД Брайтона с промежуточным охлаждением. Цикл ГТД Брайтона с промежуточным подогревом газа. Цикл ГТД Брайтона с промежуточным охлаждением и регенерацией. Цикл ГТД Брайтона с промежуточным подогревом и регенерацией. Цикл ГТД Брайтона с промежуточным охлаждением, промежуточным подогревом и регенерацией..

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

Определение степени сжатия для достижения максимального КПД и максимальной работы цикла. Расчет параметров газового потока в сечениях проточной части. Расчет мощности и удельного расхода топлива в зависимости от начальных параметров цикла..

2. Лопаточные машины

2.1. Назначение и принцип действия лопаточных машин.

Назначение и место лопаточных машин в ГТД. Элементы конструкции лопаточных машин. Требования к лопаточным машинам..

2.2. Основные уравнения теории лопаточных машин.

Уравнения газовой динамики для анализа и расчета лопаточных машин. Уравнение неразрывности. Уравнение сохранения энергии. Параметры торможения. Обобщенное уравнение Бернулли. Уравнение Эйлера. Уравнение моментов количества движения.

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

Профильные потери. Концевые потери. Дополнительные потери. Номенклатура КПД ступени. Особенности профилирования длинных лопаток..

2.4. Изменение параметров по радиусу и закрутка лопаток

Условия совместной работы элементарных ступеней, расположенных на различных радиусах. Ступень с постоянной циркуляцией. Ступень с постоянной реактивностью. Силы, действующие на лопатки рабочей решетки. Теорема Жуковского в применении к движению газа в решетке..

3. Осевые компрессоры

3.1. Элементарная ступень осевого компрессора

Основные параметры лопаток и их решеток. Схема и принцип работы ступени. Удельная окружная работа в компрессоре. Работа сжатия и КПД ступени компрессора. Основные параметры ступени. Характеристики плоских компрессорных решеток. Гидравлические потери в решетке. Вентиляторные ступени..

3.2. Характеристики многоступенчатых компрессоров.

Основные параметры компрессора и их связь с параметрами ступени. Изменение параметров и размеров проточной части компрессора. Распределение работы сжатия между ступенями. Влияние некоторых параметров на работу компрессора. Применение теории подобия к течению газа в компрессоре. Изображение характеристик компрессоров в параметрах подобия..

3.3. Расчет осевых компрессоров.

Предварительный поступенчатый расчет компрессора на среднем диаметре. Уточненный расчет. Определение параметров потока в сечениях по длине лопаток. Расчет входа и выхода из компрессора, КПД, мощности компрессора. Профилирование лопаток рабочего колеса и направляющего аппарата..

3.4. Конструкция многоступенчатых осевых компрессоров

Выбор проточной части компрессора. Конструкция ротора осевого компрессора: барабанного типа, дискового, барабанно-дискового. Диски компрессора. Конструкция рабочих лопаток и лопаток спрямляющего аппарата. Конструкция замком рабочих лопаток. Статор осевого компрессора. Лабиринтные уплотнения..

4. Газовые турбины

4.1. Элементарная ступень турбины

Принцип работы газовых турбин. Плоская решетка профилей и ее основные параметры. Рабочий процесс в сопловом аппарате. Действительный процесс истечения газа из сопла. Сопло с косым срезом. Течение газа в межлопаточных каналах рабочего колеса турбины. Классификация газовых турбин. 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. Газодинамический расчет ступени турбины. Турбина с постоянным наружным диаметром, средним, с постоянным диаметром втулки. Распределение работы по ступеням. Коэффициент нагрузки, коэффициент осевой скорости..

4.3. Основные особенности и порядок расчета многоступенчатых газовых турбин

Поступенчатый расчет турбины по среднему диаметру. Определение шага и числа лопаток в турбинных решетках. Расчет параметров в межвенцовом зазоре. Профилирование лопаток. Методы профилирования..

4.4. Конструкция многоступенчатой газовой турбины.

Требования к конструкции турбины. Выбор конструкторской схемы турбины. Проектирование рабочей лопатки. Выбор хвостовика. Выбор хвостовика по единичной силе и по графикам подобия. Проектирование бандажной полки. Особенности конструирования ротора турбины. Меры против разбалансировки ротора. Выбор радиальных зазоров и их

управление. Выбор конструкции статора. Требования. Концепция статора. Охлаждение лопаток турбины..

5. Камеры сгорания ТРД и ГТУ

5.1. Основные элементы и их назначение

Классификация камер сгорания: трубчатые, трубчато-кольцевые, кольцевые, индивидуальные. Зоны горения и смешения. Конструкция жаровых и пламенных труб. Конструкция форсунок. Система розжига. Охлаждения элементов камеры сгорания..

5.2. Основные характеристики камер сгорания

Теплонапряженность камеры. Коэффициент избытка воздуха. Коэффициент полноты сгорания. Гидравлические потери. Радиальная и окружная неравномерность температуры газа на выходе из камеры сгорания..

5.3. Конструктивное исполнение основных элементов камер сгорания

Конструкция жаровой трубы. Схемы крепления жаровой трубы в осевом и радиальном направлении. Типы и конструкция фронтных устройств. Система перфорации. Типы форсунок для жидкого и газообразного топлива. Малоэмиссионные камеры сгорания..

5.4. Расчет основных параметров камер сгорания.

Предварительное определение объема жаровой трубы и линейных размеров камеры. Уточнение объема и протяженности зоны горения. Уточнение объема и протяженности зоны горения при необходимости обеспечения повышенной высотности розжига камеры. Определение протяженности зоны смешения (длины газосборника). Определение размеров диффузора. Гидравлический расчет КС. Алгоритм расчета геометрии кольцевой многофорсуночной камеры сгорания..

3.3. Темы практических занятий

1. Расчет высотно-скоростные характеристики ТРД;
2. Термогазодинамический расчет ГТД;
3. Газодинамический расчет осевого компрессора;
4. Газодинамический расчет ступени турбины;
5. Расчет основных параметров камер сгорания;
6. Расчет гидравлических характеристик каналов охлаждения;
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. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Осевые компрессоры"

2. 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 компрессоры"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Газовые турбины"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Камеры сгорания ТРД и ГТУ"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Осевые компрессоры"

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, 2, 3	4, 5, 6, 7, 8	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	60	40	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	60	100	-

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 $R_{уд}$, 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	
Знать:							
конструкцию основных узлов ТРД и ГТУ	ИД-1 _{ПК-1}	+					Контрольная работа/КМ-1 «Термогазодинамический расчет ТРД»
принципы конструирования основных узлов и деталей ГТД и ГТУ	ИД-1 _{ПК-1}	+					Контрольная работа/КМ-1 «Термогазодинамический расчет ТРД»
методы расчета основных узлов и деталей ГТД и ГТУ	ИД-4 _{ПК-1}		+				Контрольная работа/КМ-2 «Сравнительный анализ конструкций ротора осевого компрессора»
характеристики и конструкцию основных узлов ТРД и ГТУ	ИД-4 _{ПК-1}			+			Контрольная работа/КМ-2 «Сравнительный анализ конструкций ротора осевого компрессора»
Уметь:							
проводить гидравлический расчет ТРД и ГТУ	ИД-1 _{ПК-1}				+		Контрольная работа/КМ-3 «Расчет проточной части газовой турбины»
энергетический расчет ТРД и ГТУ	ИД-1 _{ПК-1}			+			Контрольная работа/КМ-3 «Расчет проточной части газовой турбины»
проводить анализ и выбор и согласование параметров основных узлов ГТД и ГТУ	ИД-4 _{ПК-1}				+		Контрольная работа/КМ-4 «Камеры сгорания ТРД»
проводить анализ параметров основных узлов ГТД и ГТУ	ИД-4 _{ПК-1}					+	Контрольная работа/КМ-4 «Камеры сгорания ТРД»

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

8 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 «Камеры сгорания ТРД» (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Курсовой проект (КП) (Семестр №8)

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

Экзамен (Семестр №8)

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

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. Вараксин. – 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
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, КР и КП	Ш-204, Учебная аудитория Ш-204	стол преподавателя, стол, тумба, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, колонки, кондиционер, наборы 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)

8 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 «Камеры сгорания 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	14
1	Схемы и циклы ТРД и ГТУ					
1.1	Классификация авиационных двигателей и энергетических установок		+			
1.2	Идеальные циклы ГТД		+			
1.3	Принципиальные схемы и циклы ГТУ		+			
1.4	Термогазодинамический расчет ГТД и зависимость удельных параметров от параметров рабочего тела.		+			
2	Лопаточные машины					
2.1	Назначение и принцип действия лопаточных машин.			+		
2.2	Основные уравнения теории лопаточных машин.			+		
2.3	Формы учета потерь в лопаточных машинах ВРД и связь между ними.			+		
2.4	Изменение параметров по радиусу и закрутка лопаток			+		
3	Осевые компрессоры					
3.1	Элементарная ступень осевого компрессора			+	+	
3.2	Характеристики многоступенчатых компрессоров.			+	+	
3.3	Расчет осевых компрессоров.			+	+	

3.4	Конструкция многоступенчатых осевых компрессоров		+	+	
4	Газовые турбины				
4.1	Элементарная ступень турбины			+	+
4.2	Выбор схемы проточной части турбины и расчете ее основных размеров			+	+
4.3	Основные особенности и порядок расчета многоступенчатых газовых турбин			+	+
4.4	Конструкция многоступенчатой газовой турбины.			+	+
5	Камеры сгорания ТРД и ГТУ				
5.1	Основные элементы и их назначение				+
5.2	Основные характеристики камер сгорания				+
5.3	Конструктивное исполнение основных элементов камер сгорания				+
5.4	Расчет основных параметров камер сгорания.				+
Вес КМ, %:		25	25	25	25

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 КМ-1

КМ-2 КМ-2

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