

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
АВИАЦИОННЫЕ ГТД

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.12.02.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	3 семестр - 16 часов;
Практические занятия	3 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	3 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	3 семестр - 93,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Расчетно-графическая работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;

Москва 2020

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Иванов М.Я.
	Идентификатор	Rb1f0c842-IvanovMY-51a2e4dc

(подпись)

М.Я. Иванов

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

О.М.

Митрохова

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	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 теории и расчета авиационных газотурбинных двигателей и приобретение первичных навыков их использования для решения задач транспортного машиностроения

Задачи дисциплины

- изучение основ рабочих процессов в авиационных газотурбинных двигателях при переменных режимах их эксплуатации;
- овладение основами составления алгоритмов расчета авиационных газотурбинных двигателей и отдельных элементов;
- приобретение первичных навыков по поиску оптимальных решений при создании проектов авиационных газотурбинных двигателей, работающих в широком диапазоне режимов с учетом требований к уровню качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты.

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-2 Способен к проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения	ИД-2 _{ПК-2} Демонстрирует понимание влияния отдельных факторов на работу и конструкцию объекта профессиональной деятельности	знать: - тепловые схемы и основы рабочих процессов авиационных газотурбинных двигателей. уметь: - рассчитывать рабочие процессы авиационных газотурбинных двигателей; - анализировать влияния отдельных факторов на работу и конструкцию авиационных газотурбинных двигателей.
ПК-2 Способен к проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения	ИД-3 _{ПК-2} Принимает обоснованные технические решения при проектировании объекта профессиональной деятельности с учетом обеспечения надежности и эффективности	знать: - изменения в надежности и эффективности авиационных газотурбинных двигателей и их составляющих, возникающих при изменении режимов их эксплуатации; - особенности проектирования конкурентоспособных авиационных газотурбинных двигателей с прогрессивными показателями качества с учетом работы в широком диапазоне режимов. уметь: - применять современные методики расчета авиационных газотурбинных двигателей и их отдельных элементов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение, уровень образования: высшее образование - магистратура.

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 4 зачетных единицы, 144 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	Типы современных авиационных газотурбинных двигателей (АГТД)	12	3	2	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Типы современных авиационных газотурбинных двигателей (АГТД)"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Типы современных авиационных газотурбинных двигателей (АГТД)" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 23-30</p>	
1.1	Типы современных авиационных газотурбинных двигателей (АГТД)	12		2	-	2	-	-	-	-	-	8	-		
2	Расчет и выбор параметров АГТД	14		2	-	4	-	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Расчет и выбор параметров АГТД" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Расчет и выбор параметров АГТД"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 31-40</p>
2.1	Расчет и выбор параметров АГТД	14		2	-	4	-	-	-	-	-	-	8	-	
3	Характеристики компрессоров и турбин АГТД	18		2	-	8	-	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Характеристики компрессоров и турбин АГТД" подготовка к выполнению заданий на</p>
3.1	Характеристики	18	2	-	8	-	-	-	-	-	-	8	-		

	компрессоров и турбин АГТД												практических занятиях <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Характеристики компрессоров и турбин АГТД" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 41-50
4	Охлаждаемые турбины высокого и низкого давления	14	2	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Охлаждаемые турбины высокого и низкого давления" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
4.1	Охлаждаемые турбины высокого и низкого давления	14	2	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Охлаждаемые турбины высокого и низкого давления" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 23-30
5	Камеры сгорания (КС) современных АГТД	10	2	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Камеры сгорания (КС) современных АГТД"
5.1	Камеры сгорания (КС) современных АГТД	10	2	-	-	-	-	-	-	-	8	-	подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Камеры сгорания (КС) современных АГТД" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 40-45
6	Входные и выходные устройства АГТД	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Входные и выходные устройства АГТД" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
6.1	Входные и выходные устройства АГТД	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Входные и выходные устройства АГТД"

													<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 60-65	
7	Неустановившиеся режимы работы АГТД	14	2	-	6	-	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу
7.1	Неустановившиеся режимы работы АГТД	14	2	-	6	-	-	-	-	-	-	6	-	"Неустановившиеся режимы работы АГТД" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Неустановившиеся режимы работы АГТД" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 52-69
8	Экологические характеристики АГТД	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу
8.1	Экологические характеристики АГТД	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	"Экологические характеристики АГТД" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Экологические характеристики АГТД" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 80-87
9	Согласование узлов высокотемпературных АГТД	8	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Согласование узлов высокотемпературных АГТД"
9.1	Согласование узлов высокотемпературных АГТД	8	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Согласование узлов высокотемпературных АГТД" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 70-75
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	16	-	32	-	2	-	-	0.5	60	33.5		

	Итого за семестр	144.0		16	-	32	2	-	0.5	93.5	
--	------------------	-------	--	----	---	----	---	---	-----	------	--

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. Типы современных авиационных газотурбинных двигателей (АГТД)

1.1. Типы современных авиационных газотурбинных двигателей (АГТД)

Турбореактивный двигатель (ТРД). Турбореактивный двигатель с форсажом (ТРДФ). Турбореактивный двухконтурный двигатель (ТРДД). Турбовинтовые двигатели (ТВД), турбовальные ГТД для вертолетов и вспомогательные малоразмерные ТРД. Основные узлы АГТД: воздухозаборник, вентилятор, компрессор, основная камера, турбины высокого и низкого давления, форсажная камера сгорания, выходное сопло.

2. Расчет и выбор параметров АГТД

2.1. Расчет и выбор параметров АГТД

Термогазодинамический расчет ТРД, ТРДД, ТРДФ, ТРДДФ. Порядок расчета. Влияние основных параметров рабочего процесса на удельную тягу и удельный расход топлива. Предварительный выбор параметров по основному режиму полета. Характеристики и методы регулирования ТРД, ТРДФ и ТРДД. Линия совместной работы компрессора и турбины. Высотно-скоростные и дроссельные характеристики.

3. Характеристики компрессоров и турбин АГТД

3.1. Характеристики компрессоров и турбин АГТД

Основные уравнения. Современные методы расчета. Постановка двумерных задач (на поверхностях S_1 и S_2). Постановка трехмерных задач. Расчет многоступенчатых турбомашин. Особенности проектирования высоконагруженных малоступенчатых компрессоров. Проектирование высоконагруженных охлаждаемых турбин.

4. Охлаждаемые турбины высокого и низкого давления

4.1. Охлаждаемые турбины высокого и низкого давления

Современные системы охлаждения сопловых и рабочих лопаток высокотемпературных турбин. Системы подвода охлаждающего воздуха.

5. Камеры сгорания (КС) современных АГТД

5.1. Камеры сгорания (КС) современных АГТД

Общие сведения о КС. Основные и форсажные КС. Особенности процессов горения. Потери полного давления. Распыление топлива, смесеобразование и воспламенение смеси. Рабочий процесс и характеристики КС современных АГТД.

6. Входные и выходные устройства АГТД

6.1. Входные и выходные устройства АГТД

Общие вопросы. Воздухозаборники для дозвуковых и сверхзвуковых скоростей полета. Выходные устройства для дозвуковых и сверхзвуковых скоростей полета. Использование реактивной струи для создания отрицательной тяги..

7. Неустановившиеся режимы работы АГТД

7.1. Неустановившиеся режимы работы АГТД

Расчет параметров на неустановившихся режимах. Приемистость и запуск АГТД.

8. Экологические характеристики АГТД

8.1. Экологические характеристики АГТД

Эмиссионные характеристики КС. Источники и способы снижения вредных выбросов. Источники и способы снижения шума.

9. Согласование узлов высокотемпературных АГТД

9.1. Согласование узлов высокотемпературных АГТД

Учёт дополнительных тепловых радиационных потерь. Особенности физики тепловых процессов высокотемпературных АГТД.

3.3. Темы практических занятий

1. Термогазодинамический расчет АГТД (6 часов);
2. Методы расчета ступеней турбомашин (12 часов);
3. Расчет АГТД на переменных режимах (6 часов);
4. Расчет входных и выходных устройств АГТД (4 часа);
5. Согласование узлов АГТД (4 часа).

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

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	5	6	7	8	9		
Знать:												
тепловые схемы и основы рабочих процессов авиационных газотурбинных двигателей	ИД-2ПК-2	+	+									Расчетно-графическая работа/Защита типового расчета "Термогазодинамический расчет ТРДД"
особенности проектирования конкурентоспособных авиационных газотурбинных двигателей с прогрессивными показателями качества с учетом работы в широком диапазоне режимов	ИД-3ПК-2			+	+	+	+					Расчетно-графическая работа/Защита типового расчета "Термогазодинамический расчет ТРДД"
изменения в надежности и эффективности авиационных газотурбинных двигателей и их составляющих, возникающих при изменении режимов их эксплуатации	ИД-3ПК-2								+	+		Расчетно-графическая работа/Защита типового расчета "Термогазодинамический расчет ТРДД"
Уметь:												
анализировать влияния отдельных факторов на работу и конструкцию авиационных газотурбинных двигателей	ИД-2ПК-2										+	Расчетно-графическая работа/Выполнение типового расчета "Термогазодинамический расчет ТРДД"
рассчитывать рабочие процессы авиационных газотурбинных двигателей	ИД-2ПК-2		+	+								Контрольная работа/Расчет и выбор параметров АГТД Контрольная работа/Расчет многоступенчатых турбомашин
применять современные методики расчета авиационных газотурбинных двигателей и их отдельных элементов	ИД-3ПК-2		+	+	+	+	+					Расчетно-графическая работа/Выполнение типового расчета "Термогазодинамический расчет ТРДД"

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Выполнение типового расчета "Термогазодинамический расчет ТРДД" (Расчетно-графическая работа)
2. Защита типового расчета "Термогазодинамический расчет ТРДД" (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Расчет и выбор параметров АГТД (Контрольная работа)
2. Расчет многоступенчатых турбомашин (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

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

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Васильев Б. Е.- "Численное моделирование процессов в авиационных двигателях и энергоустановках", Издательство: "МГТУ им. Н.Э. Баумана", Москва, 2018 - (78 с.) <https://e.lanbook.com/book/172866>;
2. А. Д. Обуховский, Ю. В. Телкова- "Теория авиационных двигателей", Издательство: "Новосибирский государственный технический университет", Новосибирск, 2012 - (138 с.) <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228770>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. SmathStudio.

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-25, Учебная аудитория	
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	П-25, Учебная аудитория	
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	П-25, Учебная аудитория	
Помещения для самостоятельной работы	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-42, Кафедральная библиотека	
	П-05/1, Помещение для учебного инвентаря	
	П-03/3, Подсобное помещение	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Авиационные ГТД

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Расчет и выбор параметров АГТД (Контрольная работа)
- КМ-2 Расчет многоступенчатых турбомашин (Контрольная работа)
- КМ-3 Выполнение типового расчета "Термогазодинамический расчет ТРДД" (Расчетно-графическая работа)
- КМ-4 Защита типового расчета "Термогазодинамический расчет ТРДД" (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	5	9	14	16
1	Типы современных авиационных газотурбинных двигателей (АГТД)					
1.1	Типы современных авиационных газотурбинных двигателей (АГТД)					+
2	Расчет и выбор параметров АГТД					
2.1	Расчет и выбор параметров АГТД		+	+	+	+
3	Характеристики компрессоров и турбин АГТД					
3.1	Характеристики компрессоров и турбин АГТД		+	+	+	+
4	Охлаждаемые турбины высокого и низкого давления					
4.1	Охлаждаемые турбины высокого и низкого давления				+	+
5	Камеры сгорания (КС) современных АГТД					
5.1	Камеры сгорания (КС) современных АГТД				+	+
6	Входные и выходные устройства АГТД					
6.1	Входные и выходные устройства АГТД				+	+
7	Неустановившиеся режимы работы АГТД					
7.1	Неустановившиеся режимы работы АГТД					+

8	Экологические характеристики АГТД				
8.1	Экологические характеристики АГТД				+
9	Согласование узлов высокотемпературных АГТД				
9.1	Согласование узлов высокотемпературных АГТД			+	
Вес КМ, %:		20	20	25	35