ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

РОСТОВСКИЙ ФИЛИАЛ МГТУ ГА

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 13DE759CC81E7DCE9F325D44F50492B6
Владелец: Бобушев Сергей Алексеевич
Действителен: с 11.12.2023 до 05.03.2025

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора по НиМР
_____И.А. Сизько
«25» мая 2022г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине **Б1.ОД.34 Теория авиационных двигателей**
(шифр и название дисциплины)

Направление подготовки	25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей		
Квалификация (степень)	Бакалавр		
Профиль подготовки	Поддержание летной годности		
Кафедра	Воздушных судов и авиационных двигателей		
Курс обучения	2, 3		
Форма обучения	заочная		
Общий объём учебных часов на дисциплину	144	*часа*	4 *з.е.*
Семестр	4, 5		
Объём аудиторной нагрузки	18	*часов*	
Лекции	6	*часов*	
Практические занятия	4	*часа*	
Лабораторные работы	8	*часов*	
Курсовой проект			
Контрольная работа	5	*семестр*	
Зачёт			
Дифференцированный зачёт	5	*семестр*	
Экзамен			
Объём самостоятельной работы студента	126	*часов*	

Ростов-на-Дону, 2022 г.

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Целью освоения дисциплины «**Теория авиационных двигателей»** является формирование у обучаемых необходимых знаний и умений для анализа:

- принципа работы элементов силовых установок самолетов и их характеристик;
- термодинамического рабочего процесса, протекающего в элементах самолетных силовых установок;
- совместной работы элементов самолетных силовых установок;
- характеристик самолетных силовых установок;
- неустановившихся режимов работы самолетных ГТД;
- эксплуатационных ограничений режимов работы самолетных силовых установок;
- влияния условий эксплуатации на рабочий процесс и характеристики самолетных силовых установок;
- перспектив развития самолетных силовых установок.

Задачей изучения дисциплины «**Теория авиационных двигателей»** является формирование у студентов профессиональных знаний в области термодинамических процессов, происходящих в авиационных двигателях и характеристики эксплуатационных ограничений режимов работы самолетных силовых установок, необходимых для подготовки специалистов, осуществляющих эксплуатацию воздушных судов и авиационных двигателей гражданской авиации, а также обслуживание объектов и систем топливо обеспечения аэропортов.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины, наименование индикатора достижения, результаты обучения.

универсальные:

УК –1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

Результаты обучения:

знать:

- актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности (УК-1.1.2);

уметь:

- осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников (УК-1.2.2);

общепрофессиональные:

ОПК-1. Способен использовать основные законы математики, единицы измерения, фундаментальные принципы и теоретические основы физики, теоретической механики, гидравлики, имеющие отношение к техническому

обслуживанию воздушных судов.

ИД-1$_{опк-1}$. Применять основные законы, положения и методы высшей математики для формализации прикладных задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности.

Знать:

–Научно-техническую информацию по математическому моделированию характеристик авиационных силовых установок (ОПК – 1.1.14).

–Достижения отечественной и зарубежной науки в области анализа процессов, происходящих в авиационных силовых установках (ОПК – 1.1.15).

–Прикладные алгоритмы и программы, расчета параметров характеристик в авиационных силовых установках (ОПК – 1.1.16);

Уметь:

– составлять программы расчета параметров и характеристик авиационных силовых установок на основе их математических моделей (ОПК - 1.2.11);

– моделировать с помощью прикладных программ параметры и характеристики авиационных силовых установок в различных условия эксплуатации (ОПК-1.2.12);

Владеть:

– системного анализа параметров и характеристик авиационных силовых установок в процессе их технической эксплуатации (ОПК-1. 3.10);

ИД-2$_{опк-1}$. Применять законы физики для оценки значений параметров физических систем.

Знать:

– закономерностей процессов, происходящих в элементах авиационных двигателей в процессе их эксплуатации (ОПК-1.1.45);

– влияния различных эксплуатационных факторов на параметры и характеристики авиационных двигателей (ОПК-1.1.46);

– способов устранения отклонений параметров и характеристик авиационных двигателей от установленных норм (ОПК-1.1.47).

Уметь:

– составлять математические модели авиационных двигателей с учетом воздействия на них эксплуатационных факторов (ОПК-1.2.31);

– анализировать полетную информацию, касающуюся параметров и характеристик авиационных двигателей и принимать соответствующие управленческие решения в соответствии с этим анализом (ОПК – 1.2.32).

Владеть:

– практического применения математического моделирования для решения прикладных задач теории авиационных двигателей в процессе их эксплуатации (ОПК-1.3.24)

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Теория авиационных двигателей» относится к учебным дисциплинам обязательной части образовательной программы (далее ОП) направления подготовки **25.03.01** – **Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей,** квалификация (степень): бакалавр.

Для успешного освоения данной дисциплины обучающийся должен владеть знаниями, умениями и навыками, сформированными по дисциплинам Б1.ОД.20 «Теоретическая механика», Б1.ОД.23 «Химия», Б1.ОД.28 «Аэродинамика», Б1.ОД.33 «Техническая термодинамика и теплопередача», в частности:

знать:

- методики поиска, сбора и обработки информации;
- метод системного анализа;
- основные уравнения газовой динамики;
- закономерности течения газов и жидкостей в элементах авиационных двигателей и летательных аппаратов;
- закономерности термодинамических и тепловых процессов, при осуществлении рабочего цикла авиационных турбореактивных и поршневых двигателей;
- общие законы физики, которым подчиняются движение и равновесие материальных тел;
- основные законы химии и закономерности химических превращений, закономерности химических процессов и определяющие их факторы;
- методы приготовления растворов заданной концентрации, измерения электропроводности электролитов.

уметь:

- применять методики сбора и обработки информации;
- применять системный подход для решения поставленных задач;
- пользоваться методами и средствами диагностики АТ при техническом обслуживании и ремонте;
- адаптировать известные алгоритмы расчета термодинамических и тепловых процессов к расчету и анализу этих процессов в элементах силовых установок;
- определить термодинамические и кинетические параметры химических реакций;

владеть:

- навыками системного анализа термодинамических и тепловых процессов происходящих в элементах силовых установок;
- навыками разработки алгоритмов для решения прикладных задач термодинамики и теплопередачи;
- навыками анализа химических процессов, происходящих при взаимодействии веществ, расчета возможности их протекания.

Дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей:

- Б1.ОД.32. Техническая диагностика авиационной техники;
- Б1.ОД.35. Автоматика и управление двигателями;
- Б1.ОД.40. Основы теории технической эксплуатации;
- Б1.ВД.М.1.3. Конструкция и прочность самолета;
- Б1.ВД.М.1.4. Системы авиационных двигателей;
- Б1.ВД.М.2.3. Конструкция и прочность вертолетных ГТД;
- Б1.ВД.М.2.4. Системы вертолетных ГТД;
- Б1.ВД.М.1.10. Технологические процессы технического обслуживания;
- Б1.ВД.М.2.10. Технологические процессы технического обслуживания.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая СРС и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля
			Л	Пр	Лаб	СРС	
1	**РАЗДЕЛ 1. Основы теории элементов авиационных ГТД**	4,5	4	2	4	64	
2	Тема 1.1. Уравнения движения газа в газотурбинных двигателях и их элементах		2		4	8	Защита лабораторной работы №1
3	Тема 1.2. Тяга, мощность и удельные параметры авиационных двигателей		2	2		8	
4	Тема 1.3. Теория ступени компрессора ГТД					8	Защита контрольной работы
5	Тема 1.4. Многоступенчатые компрессоры ГТД					8	
6	Тема 1.5. Характеристики компрессоров ГТД и их регулирование					8	
7	Тема 1.6. Газовые турбины авиационных ГТД					8	
8	Тема 1.7. Камеры сгорания авиационных ГТД					8	
9	Тема 1.8. Входные и выходные устройства самолетных силовых установок					8	

10	**РАЗДЕЛ 2. Термодинамический цикл, совместная работа элементов, характеристики и ограничения самолётных силовых установок**	4,5	2	2	4	62	
11	Тема 2.1. Термодинамический анализ рабочего процесса ГТД прямой реакции		2		4	8	Защита лабораторной работы №2
12	Тема 2.2. Совместная работа элементов и программы управления одно- и двухконтурных ТРД					8	
13	Тема 2.3. Характеристики ГТД прямой реакции			2		8	
14	Тема 2.4. Общие сведения о рабочем процессе и характеристиках турбовальных, турбовинтовых и турбовинтовентиляторных двигателей					8	
15	Тема 2.5. Неустановившиеся режимы работы авиационных ГТД					10	
16	Тема 2.6. Эксплуатационные ограничения режимов работы авиационных силовых установок.					10	
17	Тема 2.7. Перспективы развития авиационных ГТД					10	
18	**Форма промежуточной аттестации** (экзамен, дифференцированный зачет, зачет)	5					
19	ИТОГО:		6	4	8	126	

Матрица соотнесения тем/разделов учебной дисциплины и формируемых в них общепрофессиональных и универсальных компетенций

Разделы дисциплины, темы (наименования)	Количество часов	ОПК – 1.1.14	ОПК – 1.1.15	ОПК – 1.1.16	ОПК – 1.1.45	ОПК – 1.1.46	ОПК – 1.1.47	ОПК – 1.2.11	ОПК – 1.2.12	ОПК – 1.2.31	ОПК – 1.2.32	ОПК – 1.3.10	ОПК – 1.3.24	УК – 1.1.2	УК – 1.2.2	Общее количество компетенций
РАЗДЕЛ 1. Основы теории элементов авиационных ГТД	74															
Тема 1.1. Уравнения движения газа в газотурбинных двигателях и их элементах	14	+				+			+	+			+			2
Тема 1.2. Тяга, мощность и удельные параметры авиационных двигателей	12		+				+	+				+		+	+	2
Тема 1.3. Теория ступени компрессора ГТД	8			+					+		+					2
Тема 1.4. Многоступенчатые компрессоры ГТД	8	+			+			+		+	+				+	2
Тема 1.5. Характеристики компрессоров ГТД и их регулирование	8			+		+			+				+	+	+	2
Тема 1.6. Газовые турбины авиационных ГТД	8					+	+			+		+	+			2
Тема 1.7. Камеры сгорания авиационных ГТД	8		+		+			+	+					+		2

Тема 1.8. Входные и выходные устройства самолетных силовых установок	8	+	+				+	+				+				2
РАЗДЕЛ 2. Термодинамический ц2икл, совместная работа элементов, характеристики и ограничения самолётных силовых установок	70															2
Тема 2.1. Термодинамический анализ рабочего процесса ГТД прямой реакции	14	+			+				+			+			+	2
Тема 2.2. Совместная работа элементов и программы управления одно- и двухконтурных ТРД	8				+		+	+		+			+	+	+	2
Тема 2.3. Характеристики ГТД прямой реакции	10		+					+			+	+				2
Тема 2.4. Общие сведения о рабочем процессе и характеристиках турбовальных, турбовинтовых и турбовинтовентиляторных двигателей	8	+		+		+			+				+	+		2
Тема 2.5. Неустановившиеся режимы работы авиационных ГТД	10			+					+		+					2
Тема 2.6. Эксплуатационные ограничения режимов работы авиационных силовых установок.	10		+				+	+						+		2
Тема 2.7. Перспективы развития авиационных ГТД	10					+										2
ИТОГО:	144															

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЭЛЕМЕНТОВ АВИАЦИОННЫХ ГТД

Лекция 1. (2 часа)

Тема 1.1 Уравнения движения газа в двигателях и их элементах

Уравнение неразрывности. Уравнение сохранения энергии. Уравнение первого закона термодинамики. Обобщенное уравнение Бернулли. Теорема Эйлера об изменении количества движения.

Литература: [1, с. 22 … 40; 3, с. 6 … 8]

Лабораторная работа №1. (4 часа) Методы и средства измерения параметров газового потока.

Литература: [7, с. 5 … 26]

Самостоятельная работа студентов 1. (8 часа) Уравнения движения газа в двигателях и их элементах.

Изучение лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения: Уравнение неразрывности. Уравнение сохранения энергии. Уравнение первого закона термодинамики. Обобщенное уравнение Бернулли. Теорема Эйлера об изменении количества движения.

Литература: [1, с. 22 … 40; 3, с. 6 … 8]

Лекция 2. (2 часа)

Тема 1.2. Тяга, мощность и удельные параметры авиационных двигателей

Двигатель и силовая установка. Тяга реактивного двигателя. Эффективная тяга силовой установки с ТРД (ТРДД). Мощность газотурбинного двигателя. Удельные параметры авиационных ГТД.

Литература: [1, с. 41 … 56; 3, с. 9 … 14]

Практическое занятие № 1. (2 часа) Способы определения характеристик авиационных ГТД.

Литература: [3, с. 9 … 14]

Самостоятельная работа студентов 2. (8 часа) Тяга, мощность и удельные параметры авиационных двигателей.

Изучение лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения: Двигатель и силовая установка. Тяга реактивного двигателя. Эффективная тяга силовой установки с ТРД (ТРДД). Мощность газотурбинного двигателя. Удельные параметры авиационных ГТД.

Литература: [1, с. 41 … 56; 3, с. 9 … 14]

Самостоятельная работа студентов 3. (8 часов)

Тема 1.3. Теория ступени компрессора ГТД.

Назначение компрессоров ГТД, их типы и основные требования к ним. Схема и принцип действия ступени осевого компрессора. Работа, затрачиваемая на вращение колеса ступени. Изображение процесса сжатия воздуха в ступени в p, v - и T, s- координатах. Основные параметры ступени компрессора. Условия

совместной работы элементов ступени, расположенных на различных радиусах. Профилирование ступеней по закону постоянства циркуляции.

Литература: [1, с. 57 … 87; 3, с. 15 … 23]

Теория ступени компрессора ГТД.

Изучение лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения: Параметры и характеристики компрессорных решеток профилей. Особенности течения воздуха в лопаточных венцах осевого компрессора. Особенности трансзвуковых и сверхзвуковых ступеней осевого компрессора. Схема и особенности работы центробежной ступени компрессора.

Литература: [1,с. 88 … 105; 3, с. 24 … 36]

Самостоятельная работа студентов 4. (8 часов)

Тема 1.4. Многоступенчатые компрессоры ГТД

Основные параметры многоступенчатого компрессора (каскада) и их связь с параметрами ступеней. Формы проточной части осевого компрессора (каскада).Распределение работы сжатия воздуха между ступенями компрессора (каскада)

Литература: [1,с. 106 … 116; 3, с. 37 … 41]

Многоступенчатые компрессоры ГТД.

Изучение лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения: Основные параметры многоступенчатого компрессора (каскада) и их связь с параметрами ступеней. Формы проточной части осевого компрессора (каскада). Распределение работы сжатия воздуха между ступенями компрессора (каскада)

Литература: [1, с. 106 … 116; 3, с. 37 … 41]

Самостоятельная работа студентов 5. (8 часов)

Тема 1.5. Характеристики компрессоров ГТД и их регулирование

Общие представления о характеристиках компрессоров и методах их определения. Применение теории подобия к построению характеристик компрессоров. Характеристики ступени компрессора. Срывные режимы работы ступени. Характеристики нерегулируемых многоступенчатых компрессоров. Срывные и неустойчивые режимы работы многоступенчатых компрессоров. Рабочие режимы и запас устойчивости компрессора в системе ГТД. Задачи и способы регулирования компрессоров ГТД.

Литература: [1,с. 117 … 165; 3, с. 42 … 67]

Характеристики компрессоров ГТД и их регулирование.

Подготовка лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения: Общие представления о характеристиках компрессоров и методах их определения. Применение теории подобия к построению характеристик компрессоров. Характеристики ступени компрессора. Срывные режимы работы ступени. Характеристики нерегулируемых многоступенчатых компрессоров. Срывные и неустойчивые режимы работы многоступенчатых компрессоров. Рабочие режимы и запас

устойчивости компрессора в системе ГТД. Задачи и способы регулирования компрессоров ГТД.

Литература: [1, с. 117 … 165; 3, с. 42 … 67]

Самостоятельная работа студентов № 6 (8 часов)

Тема 1.6 Газовые турбины авиационных ГТД

Назначение турбин ГТД и основные требования к ним. Схема и принцип работы ступени турбины. Работа газа на окружности колеса ступени. Изображение процесса расширения газа в ступени в $p,V-$ и $i,s-$координатах. Основные параметры ступени турбины.

Литература: [1, с. 166 … 186; 3, с. 68 … 70]

Изучение лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения: Назначение турбин ГТД и основные требования к ним. Схема и принцип работы ступени турбины. Работа газа на окружности колеса ступени. Изображение процесса расширения газа в ступени в $p,V-$ и $i,s-$координатах. Основные параметры ступени турбины.

Литература: [1, с. 166 … 186; 3, с. 68 … 70]

Темы для самостоятельного изучения: Основные параметры многоступенчатой турбины и их связь с параметрами её ступеней. Потери в ступени турбины и их зависимость от различных факторов. Способы представления характеристик ступени газовой турбины. Характеристики ступени турбины.

Литература: [1, с. 187 … 215; 3, с. 71 … 84]

Самостоятельная работа студентов №7 **(8 часов)**

Тема 1.7Камеры сгорания авиационных ГТД

Назначение, схемы и основные параметры камер сгорания ГТД. Основные закономерности процесса горения топлива. Типы основных камер сгорания ГТД и организация процесса горения в них. Характеристики камер сгорания авиационных ГТД. Камеры смешения ТРДДсм.

Литература: [1, с. 216 … 257; 3, с. 85 … 94]

Изучение лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения: Назначение, схемы и основные параметры камер сгорания ГТД. Основные закономерности процесса горения топлива. Типы основных камер сгорания ГТД и организация процесса горения в них. Характеристики камер сгорания авиационных ГТД. Камеры смешения ТРДДсм.

Литература: [1,с. 216 … 257; 3, с. 85 … 94]

Самостоятельная работа студентов 8. **(8 часов)**

Тема 1.8. Входные и выходные устройства самолетных силовых установок.

Типы входных устройств и их классификация. Основные параметры входных устройств и предъявляемые к ним требования. Особенности дозвуковых и трансзвуковых входных устройств. Назначение выходных устройств и предъявляемые к ним требования. Схемы, основные параметры и режимы работы дозвуковых выходных устройств. Потери в выходных устройствах и способы их оценки. Устройства реверса тяги.

Литература: [1, с. 216 … 257; 3, с. 85 … 94]

Входные и выходные устройства самолетных силовых установок.

Подготовка лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения: Основные параметры входных устройств и предъявляемые к ним требования. Особенности дозвуковых и трансзвуковых входных устройств. Назначение выходных устройств и предъявляемые к ним требования. Схемы, основные параметры и режимы работы дозвуковых выходных устройств. Потери в выходных устройствах и способы их оценки.

Литература: [1, с. 216 … 257; 3, с. 85 … 94]

РАЗДЕЛ 2. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ ЦИКЛ, СОВМЕСТНАЯ РАБОТА ЭЛЕМЕНТОВ, ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОГРАНИЧЕНИЯ САМОЛЕТНЫХ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК

Лекция 3. (2 часа)

Тема 2.1. Термодинамический анализ рабочего процесса ГТД прямой реакции.

Идеальный и реальный циклы ГТД. Зависимость работы и внутреннего КПД реального цикла от π и Δ. Преобразование работы цикла в механическую работу ГТД различных типов. Тяговая работа и тяговый КПД ГТД прямой реакции. Полный КПД ГТД прямой реакции. Оптимальное распределение работы цикла между контурами в ТРДД и ТРДДсм. Связь удельных параметров ТРД и ТРДД с параметрами рабочего процесса. Зависимость удельной тяги и удельного расхода топлива ТРД и ТРДД от степени повышения давления и от степени подогрева воздуха в цикле.

Литература: [2, с. 5 … 54; 4, с. 3 … 25]

Лабораторная работа № 2. (4 часа) Определение основных параметров камеры сгорания по результатам стендовых испытаний ТРДД см.

Литература: [7, с. 64 … 74]

Самостоятельная работа студентов 9. (8 часа) Термодинамический анализ рабочего процесса ГТД прямой реакции.

Изучение лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения: Преобразование работы цикла в механическую работу в ГТД различных типов. Тяговая работа и тяговый КПД ГТД прямой реакции. Полный КПД ГТД прямой реакции. Оптимальное распределение работы цикла между контурами в ТРДД и ТРДДсм. Связь удельных параметров ТРД и ТРДД с параметрами рабочего процесса.

Литература: [2, с. 5 … 54; 4, с. 3 … 25]

Самостоятельная работа студентов 12. (8 часа)

Тема 2.2. Совместная работа элементов и программы управления одновальных газогенераторов и одновальных ТРД

Функциональные элементы и функциональные модули авиационных силовых установок. Управляемые параметры и управляющие факторы. Совместная работа элементов одновальных газогенераторов и одновальных ТРД. Рабочие линии на характеристике компрессора одновального газогенератора. Программы управления одновальных ГГ и одновальных ТРД, управляемых по одному параметру. Совместная работа элементов и программы управления одновальных ТРД, управляемых по двум параметрам.

Литература: [2, с. 55 … 107; 4, с. 26 … 37]

Совместная работа элементов и программы управления одновальных газогенераторов и одновальных ТРД.

Изучение лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения: Управляемые параметры и управляющие факторы. Совместная работа элементов одновальных газогенераторов и одновальных ТРД. Рабочие линии на характеристике компрессора одновального газогенератора. Программы управления одновальных ГГ и одновальных ТРД, управляемых по одному параметру.

Литература: [2, с. 55 … 107; 4, с. 26 … 37]

Изучение лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения: Совместная работа элементов и программы управления двухвальных ТРД, управляемых по двум параметрам. Использование критериальных характеристик базового газогенератора в двигателях различных схем. Совместная работа элементов ТРДДсм. Рабочие линии на характеристике КНД и влияние на них различных факторов. Формирование программ управления ТРДДсм.

Литература: [2, с. 108 … 144; 4, с. 38 … 47]

Самостоятельная работа студентов 11. (8 часа)

Тема 2.3. Характеристики ГТД прямой реакции.

Схемы, параметры и области применения ГТД прямой реакции. Номенклатура режимов работы авиационных ГТД. Методы получения характеристик ГТД. Подобие режимов работы ГТД. Приведение данных испытаний ГТД к стандартным атмосферным условиям. Скоростные характеристики ТРД. Высотные характеристики ТРД. Дроссельные характеристики ТРД.

Литература: [2, с. 145 … 187; 4, с. 48 … 52]

Литература: [2, с. 188 … 217; 4, с. 53 … 61]

Практическое занятие № 2 (2 часа)**.** Способ построения рабочей линии на характеристике осевого компрессора авиационного ГТД.

Литература: [4, с. 26 … 37]

Характеристики ГТД прямой реакции. Общие положения.

Изучение лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения: Схемы, параметры и области применения ГТД прямой реакции. Номенклатура режимов работы авиационных ГТД. Методы получения характеристик ГТД. Подобие режимов работы ГТД. Приведение данных испытаний ГТД к стандартным атмосферным условиям.

Литература: [2, с. 145 … 187; 4, с. 48 … 52]

Темы для самостоятельного изучения: Скоростные характеристики ТРД и ТРДД. Высотные характеристики ТРД и ТРДД. Дроссельные характеристики ТРД и ТРДД.

Литература: [2, с. 188 … 217; 4, с. 53 … 61]

Самостоятельная работа студентов 12. (8 часов)

Тема 2.4. Общие сведения о рабочем процессе и характеристиках турбовальных, турбовинтовых и турбовинтовентиляторных двигателей.

Зависимости удельных параметров ГТД непрямой реакции от параметров рабочего процесса. Области применения и основные параметры ТВаД и ТВД. Совместная работа элементов ТВаД и ТВД. Особенности регулирования ТВаД и ТВД. Программы управления ТВаД и ТВД на режимах ограничения. Высотные характеристики ТВаД и ТВД. Дроссельные характеристики ТВаД и ТВД. Скоростные характеристики ТВД. Климатические характеристики турбовальных двигателей. Области применения ТВВД и перспективы их развития.

Литература: [2, с. 237 … 278; 4, с. 62 … 85]

Общие сведения о рабочем процессе и характеристиках турбовальных, турбовинтовых и турбовинтовентиляторных двигателей.

Изучение лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения: Зависимости удельных параметров ГТД непрямой реакции от параметров рабочего процесса. Области применения и основные параметры ТВаД и ТВД. Совместная работа элементов ТВаД и ТВД. Особенности регулирования ТВаД и ТВД. Программы управления ТВаД и ТВД на режимах ограничения. Высотные характеристики ТВаД и ТВД. Дроссельные характеристики ТВаД и ТВД. Скоростные характеристики ТВД.

Литература: [2, с. 237 … 278; 4, с. 62 … 85]

Самостоятельная работа студентов 13. (10 часа**)**

Тема 2.5. Неустановившиеся режимы работы авиационных ГТД.

Требования к динамическим характеристикам ГТД. Факторы, влияющие на переходные процессы в ГТД. Гипотеза квазистационарности. Уравнения динамики роторов ГТД. Факторы, влияющие на избыточную мощность турбины. Изменение

параметров рабочего процесса при приемистости и сбросе газа. Изменение параметров рабочего процесса при приемистости и сбросе газа в ГТД. Запуск ГТД на земле. Запуск ГТД в полете.

Литература: [2, с. 279 … 310; 4, с. 86 … 102]

Неустановившиеся режимы работы авиационных ГТД.

Изучение лекционного материала.

Темы для самостоятельного изучения: Уравнения динамики роторов ГТД. Факторы, влияющие на избыточную мощность турбины. Изменение параметров рабочего процесса при приемистости и сбросе газа. Изменение параметров рабочего процесса при приемистости и сбросе газа в ГТД. Запуск ГТД на земле. Запуск ГТД в полете.

Литература: [2, с. 279 … 310; 4, с. 86 … 102]

Самостоятельная работа студентов 14. (10 часов)

Тема 2.6. Эксплуатационные ограничения режимов работы авиационных силовых установок.

Эксплуатационные ограничения режимов работы авиационных силовых установок. Перспективы развития авиационных ГТД.

Литература: [2, с. 311 … 328]

Самостоятельная работа студентов 15. (10 часов)

Тема 2.7. Перспективы развития авиационных ГТД.

Ограничения по устойчивости работы компрессора. Ограничения по надежной и устойчивой работе камер сгорания. Ограничения по условиям прочности. Возможные области ограничения режимов работы ГТД прямой реакции.

Перспективы развития авиационных ГТД.

Литература: [2, с. 311 … 328]

Ограничения по надежной и устойчивой работе камер сгорания. Ограничения по условиям прочности. Возможные области ограничения режимов работы ГТД прямой реакции.

Литература: [2, с. 311 … 328]

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Теория авиационных двигателей» способствует более глубокому усвоению изучаемого курса, формирует навыки исследовательской работы по вопросам газодинамических процессов и теплообмену, происходящих в элементах авиационных двигателей, характеристик и совместной работы элементов авиационных ГТД и характеристик ГТД в целом. Она ориентирует студента на умение применять полученные теоретические знания на практике и проводится в следующих видах:

- Подготовка и защита контрольной работы;
- подготовка к выполнению и защите лабораторных работ;
- подготовка к дифференцированному зачету.

Для самостоятельной работы студенту и защиты рефератов и подготовки к дифференцированному зачету рекомендуется следующая литература:

1. Нечаев Ю.Н., Федоров Р.М., Котовский В.Н., Полев А.С. Теория авиационных двигателей, часть 1. /Под редакцией Ю.Н. Нечаева. – М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2012, 365 с.;

2. Нечаев Ю.Н., Федоров Р.М., Котовский В.Н., Полев А.С. Теория авиационных двигателей, часть 2. /Под редакцией Ю.Н. Нечаева. – М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2012, 447 с.;

3. Котовский В.Н., Комов А.А. Теория авиационных двигателей, часть 1, тексты лекций, 2013 г. 109 с.

4. Котовский В.Н., Комов А.А. Теория авиационных двигателей, часть 2, тексты лекций, 2013 г. 105 с.

5. Казанджан П.К., Тихонов Н.Д. Теория авиационных двигателей. Теория лопаточных машин.– М.: Машиностроение, 1995, 316 с.;

6. Казанджан П.К., Тихонов Н.Д., Шулекин В.Т. Теория авиационных двигателей. – М.: Транспорт, 2000, 287 с.

7. КомовА.А., Котовский В.Н., Медведев В.В. Теория авиационных двигателей. Лабораторный практикум, для студентов специальности 160901 и направления 162300 дневной всех форм обучения. - М.:МГТУГА, 2013,112 с.;

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1 Текущий контроль успеваемости

Показатели и критерии оценивания сформированности компетенций на различных этапах их формирования.

Форма текущего контроля	Типовые контрольные вопросы	Критерии оценивания
Защита отчета по лабораторной работе №1. Методы и средства измерения параметров газового потока	***Типовые контрольные вопросы:*** 1. Перечислите физические явления, используемые при измерениях температуры. 2. С чем связана необходимость тарировки показаний термопар? 3. Какие приборы называются манометрами, вакуумметрами и барометрами? Какие параметры измеряются ими? 4. Чем различаются приемники полного и статического давлений? 5. Каким образом можно измерить скорость движения газа?	Зачет по лабораторной работе принимается при выполнении следующих условий: - отчет соответствует требованиям, изложенным в Пособии по выполнению лабораторных работ; - отчет выполнен аккуратно и без ошибок в расчетах; - даны исчерпывающие ответы на контрольные вопросы; - показано владение основной и дополнительной литературой; - ответы отличаются четкостью и логической последовательностью.
Защита отчета по лабораторной работе №2. Определение основных параметров камеры сгорания по результатам стендовых испытаний ТРДДсм	***Типовые контрольные вопросы:*** 1. Как организуется процесс горения топлива в камерах сгорания? 2. Какими причинами вызывается снижение полного давления потока в камерах сгорания? 3. Обьясните влияние срыва пламени в камере сгорания при предельных значениях α? 4. Расскажите о системе измерений параметров газа в камере сгорания?	Зачет по лабораторной работе принимается при выполнении следующих условий: - отчет соответствует требованиям, изложенным в Пособии по выполнению лабораторных работ; - отчет выполнен аккуратно и без ошибок в расчетах; - даны исчерпывающие ответы на контрольные вопросы; - показано владение основной и дополнительной литературой;

		- ответы отличаются четкостью и логической последовательностью.
Защита контрольной работы. Теория ступени компрессора ГТД.	***Типовые контрольные вопросы:*** 1. Как проходит процесс течения воздуха в ступени осевого компрессора; 2. Чему ровна работа, затрачиваемая на вращение рабочего колеса ступени; 3. Перечислите основные параметры ступени осевого компрессора; 4. Объясните принципы профилирования лопаток ступени осевого компрессора; 5. Поясните уравнение радиального равновесия;	Контрольная работа принимается при выполнении следующих условий: - выполнена аккуратно и без ошибок в расчетах; - даны исчерпывающие выводы на полученные результаты; - показано владение материала по теме Кр; - ответы отличаются четкостью и логической последовательностью.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Текущий контроль успеваемости студентов осуществляется в форме защиты отчета по выполненной лабораторной работе и выполненной контрольной работе. Процедуры оценивания знаний, умений и навыков при текущем контроле успеваемости осуществляются последовательно по мере прохождения лекционного курса в соответствии с матрицей соотнесения тем/разделов учебной дисциплины и формируемых в них профессиональных компетенций.

Защита контрольной работы осуществляется в течении семестра. Контрольная работа должна быть выполнена аккуратно и без ошибок в расчетах, а также даны исчерпывающие выводы на полученные результаты. Преподаватель оценивает владение материала по теме контрольной работы. Ответы студентов должны отличаются четкостью и логической последовательностью. Студент, выполнивший контрольную работу с ошибками, доложен его доработать в соответствии с полученными замечаниями преподавателя и представить его повторно на проверку преподавателю.

Защита отчета по лабораторной работе осуществляется, как правило, в конце занятия. Преподаватель оценивает знания обучающегося по ответам на контрольные вопросы, умения и навыки оцениваются в ходе занятия. Если студент не отчитался на занятии, то защита отчета по лабораторной работе осуществляется (как и повторная сдача текущего контроля) в дни и часы СРС по согласованию с ведущим преподавателем. Результаты текущего контроля

учитываются преподавателем в журнале учета занятий (или личном журнале преподавателя).

6.2 Промежуточная аттестация

Показатели и критерии оценивания сформированности компетенций по дисциплине.

Типовые контрольные задания (вопросы)	Критерии оценивания
УК –1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач. *1. Примените основные уравнения движения газа к двигателям и их элементам?* *2. Объясните принципы профилирования лопаток ступени осевого компрессора?* *3. Рассказать о неустойчивых режимах работы ступени осевого компрессора.* *4. Перечислить особенности трансзвуковых ступеней осевых компрессоров.* *5. Многоступенчатые осевые компрессоры. Связь параметров компрессоров с параметрами ступеней.* *6. Форма проточной части и распределение работы сжатия по ступеням компрессора* *7. Получение и представление характеристик осевых компрессоров, особенности их протекания.* *8. Критерии подобия и характеристики осевых компрессоров в критериальной форме.* ОПК-1. Способен использовать основные законы математики, единицы измерения, фундаментальные принципы и теоретические основы физики, теоретической механики, гидравлики, имеющие отношение к техническому обслуживанию воздушных судов. *1. Уравнение сохранения энергии. Примеры записи для элементов ГТД* *2. Обобщенное уравнение Бернулли. Примеры записи для элементов ГТД* *3. Уравнение Эйлера об изменении количества движения*	Знания, умения и навыки обучающихся на экзамене определяются оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». При определении оценки экзаменатор руководствуется следующим общими критериями. Оценка «отлично» выставляется при следующих условиях: • даны исчерпывающие и обоснованные ответы на вопросы, поставленные в экзаменационном билете; • правильно решена задача и показано умение грамотно применять полученные теоретические знания в практических целях; • показано глубокое и творческое овладение основной и дополнительной литературой; • ответы отличаются четкостью, мысли излагаются в необходимой логической последовательности. Оценка «хорошо» выставляется при следующих условиях: • даны полные, достаточно глубокие и обоснованные ответы на вопросы, поставленные в экзаменационном билете; • правильно решена задача, но ход ее решения не является оптимальным; • даны полные, но недостаточно обоснованные ответы на дополнительные вопросы; • показаны глубокие знания основной литературы и недостаточное знакомство с дополнительной литературой; • ответы в основном были четкими, но в них не всегда выдерживалась логическая последовательность. Оценка «удовлетворительно» выставляется при следующих условиях: • даны в основном правильные ответы на все вопросы экзаменационного билета, но без должной глубины и обоснования;

4. Течение воздуха в ступени осевого компрессора, треугольники скоростей *5. Работа, затрачиваемая на вращение рабочего колеса ступени* *6. Основные параметры ступени осевого компрессора* *7. Принципы профилирования лопаток ступени осевого компрессора. Уравнение радиального равновесия* *8. Профилирование ступени осевого компрессора по закону постоянства циркуляции* *9. Основные параметры и характеристики компрессорных решеток* *10. Характеристики ступени осевого компрессора*	• в решении задачи допущены отдельные ошибки, не приведшие к большим отклонениям от правильного ответа; • не даны положительные ответы на некоторые дополнительные вопросы; • показаны недостаточные знания основной литературы; • ответы были многословными, мысли излагались недостаточно четко и без должной логической последовательности. Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случаях, когда не выполнены условия, позволяющие поставить оценку «удовлетворительно». При выставлении зачетной оценки учитывается уровень методической подготовленности студента, а также аккуратность и логическая последовательность письменного изложения ответов на вопросы экзаменационного билета.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих формирование компетенций

На основании вопросов для подготовки к дифференцированному зачету формируются билеты в количестве на 25-30% более списочного состава группы студентов.

Каждый билет включает в себя контрольные задания (вопросы), ответы на которые определяют сформированность всех компетенций, формируемых данной дисциплиной. Дисциплина «Теория авиационных двигателей» формирует 2 компетенции, поэтому каждый билет включает в себя 2 вопроса, каждый из которых определяет сформированность одной из компетенций или ее части. Первый вопрос по компетенции УК-1, второй вопрос по компетенции ОПК-1. Получение неудовлетворительной оценки по одному из вопросов говорит о несформированности соответствующей компетенции, что является недопустимым, поэтому в данном случае общая оценка за промежуточную аттестацию будет «неудовлетворительно».

Порядок подготовки и проведения промежуточной аттестации.

Подготовка к промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с утвержденной рабочей программой по дисциплине, содержащей перечень вопросов, выносимых на дифференцированный зачет.

Дифференцированный зачет для студентов проводится устно.

За неявку студента без уважительной причины на дифференцированный зачет в день его проведения по расписанию выставляется неудовлетворительная оценка, и процесс последующей сдачи приравнивается к пересдаче.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

1. Нечаев Ю.Н., Федоров Р.М., Котовский В.Н., Полев А.С. Теория авиационных двигателей, часть 1. /Под редакцией Ю.Н. Нечаева. – М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2012, 365 с.;

2. Нечаев Ю.Н., Федоров Р.М., Котовский В.Н., Полев А.С. Теория авиационных двигателей, часть 2. /Под редакцией Ю.Н. Нечаева. – М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2012, 447 с.;

3. Котовский В.Н., Комов А.А. Теория авиационных двигателей, часть 1, тексты лекций, 2013 г. 109 с.

4. Котовский В.Н., Комов А.А. Теория авиационных двигателей, часть 2, тексты лекций, 2013 г. 105 с.

б) дополнительная литература:

5. Казанджан П.К., Тихонов Н.Д. Теория авиационных двигателей. Теория лопаточных машин.– М.: Машиностроение, 1995, 316 с.;

6. Казанджан П.К., Тихонов Н.Д., Шулекин В.Т. Теория авиационных двигателей. – М.: Транспорт, 2000, 287 с.

в) учебно-методическая литература для проведения лабораторных работ и выполнения курсовой работы:

7. КомовА.А., Котовский В.Н., Медведев В.В. Теория авиационных двигателей. Лабораторный практикум, для студентов специальности 160901 и направления 162300 дневной всех форм обучения. - М.:МГТУГА, 2013,112 с.;

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ" (ДАЛЕЕ - СЕТЬ "ИНТЕРНЕТ"), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

- www.mstuca.ru - электронные ресурсы Университета - электронные версии пособий, методических разработок по всем видам учебной работы;
- http://www.mintrans.ru – официальный сайт Минтранспорта РФ;
- Электронные ресурсы библиотеки Университета - электронные версии пособий, методических разработок, указаний и рекомендаций по всем видам учебной работы:
- http://www.mintrans.ru –официальный сайт Министерства транспорта РФ;
- http://www.favt.ru/ - Федеральное агентство воздушного транспорта;
- http://www.mlgvs.ru/library.html#search - Центральная нормативно-методическая библиотека ГА;
- Программы кафедры на алгоритмическом языке фортран и EXCELдля обработки результатов экспериментальных исследований при проведении лабораторных работ по дисциплине «Техническая термодинамика и теплопередача»;
- Электронные версии лекций пособия для выполнения курсовой работы по дисциплине.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ

ДИСЦИПЛИНЫ

При изучении учебного курса «Теория авиационных двигателей» помимо посещения студентами лекций и активного участия в групповых формах занятий (лабораторные работы и практические занятия) учебным планом по данной дисциплине предусмотрена самостоятельная форма работы студентов. По каждой теме, включенной в рабочую программу, предусмотрено соответствующее количество часов на самостоятельное изучение некоторых вопросов. Вопросы на самостоятельную работу, по которым необходимо углубленное изучение, позволяют подробно разобрать ситуации, рассмотрение и анализ которых будет способствовать становлению и развитию профессиональной компетентности, поможет приобрести навыки и умения, необходимые современному специалисту, обучающемуся по направлению подготовки 25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей.

При этом необходимо учитывать следующие моменты.

Лекция - является основным видом аудиторной работы студентов. В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации и указания на самостоятельную работу.

При написании конспекта лекций необходимо кратко, схематично и последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки и обобщения. Помечать важные мысли, выделять ключевые слова и термины. Проверка терминов и понятий производится с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Следует обозначить вопросы, термины и материал, который вызывает трудности, помечать его и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать его преподавателю на консультации или на лабораторном занятии.

Лабораторная работа. При подготовке к проведению лабораторной работы следует внимательно изучить содержание методического пособия по выполнению лабораторной работы и соответствующий лекционный материал. Следует также подготовить ответы на контрольные вопросы, перечисленные в руководстве к проведению лабораторной работы.

Практические занятия, семинары. При подготовке к проведению практического занятия, семинара следует проработать разделы рекомендованной литературы к предстоящему занятию, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию занятия. Проработать соответствующий раздел конспекта лекций и подготовить ответы на контрольные вопросы.

Подготовка к дифференцированному зачету. При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспект лекций, рекомендуемую литературу и другие литературные источники.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

При чтении лекций по всем темам дисциплины активно используется компьютерная техника для демонстрации слайдов и анимаций с помощью программного приложения Microsoft Power Point (например, специализированные аудитории кафедры).

При этом перечень информационных технологий включает:

- сбор, хранение, систематизация и выдача учебной и научной информации;
- обработку текстовой, графической и эмпирической информации;
- подготовку, конструирование и презентацию итогов исследовательской и аналитической деятельности;
- самостоятельный поиск дополнительного учебного и научного материала, с использованием поисковых систем и сайтов сети Интернет, электронных энциклопедий и баз данных;
- использование электронной почты преподавателей и обучающихся для рассылки, переписки и обсуждения возникших учебных проблем.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Специализированные аудитории кафедры ДЛА (101 … 106Б, 202Б), оснащенная разрезами двигателей и оборудованием для проведения лабораторных работ.
2. Компьютер преподавателя HPP3130 PRO.
3. Интерактивная проекционная система SmartboartSBX 880i4/UF65.
4. Стенды чертежей разрезов различных типов авиационных двигателей.
5. Комплекты плакатов дисциплине «Теория авиационных двигателей».