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
«26» мая 2022г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине **Б1.ВД.М.1.3 Конструкция и прочность 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	очная		
Общий объём учебных часов на дисциплину	216	*часов*	6 *з.е.*
Семестр	4, 5		
Объём аудиторной нагрузки	108	*часов*	
Лекции	40	*часов*	
Практические занятия	8	*часов*	
Лабораторные работы	60	*часов*	
Курсовой проект	5	*семестр*	
Зачёт	4	*семестр*	
Дифференцированный зачёт			
Экзамен	5	*семестр*	
Объём самостоятельной работы студента	108	*часов*	

Ростов-на-Дону, 2022 г.

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

Целью освоения дисциплины «Конструкция и прочность авиационных двигателей» является формирование у обучаемых необходимых знаний и умений, а также привитие практических навыков в области конструкции и прочности авиационных двигателей в объеме, необходимом для подготовки специалистов, осуществляющих техническое обслуживание летательных аппаратов (самолетов) и газотурбинных авиационных двигателей в ГА в рамках поддержания летной годности воздушных судов.

Указанная цель достигается решением задач, выраженных ниже в характеристиках результатов обучения по компетенциям.

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:

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

уметь:

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

профессиональные:

ПК-1 - Способен к организации и проведению технического и технологического обслуживания воздушных судов на всех этапах технической эксплуатации летательных аппаратов (ЛА) и двигателей.

ИД-5$_{ПК-1}$ - применять знания основ конструкции ЛА и двигателей, имеющие отношение к их техническому обслуживанию.

Результаты обучения:

знать:

ПК-1.1.33 - принципы построения конструктивно-компоновочных и силовых схем ГТД;

ПК-1.1.34 - основные принципы конструирования деталей и узлов авиационных двигателей, определяющих их надежность в эксплуатации;

ПК-1.1.37 - факторы, влияющие на техническое состояние авиационных двигателей в процессе эксплуатации;

ПК-1.1.38 - принципы оценки технического состояния узлов авиационных двигателей;

ПК-1.1.41 - особенности конструктивного исполнения и нагружения узлов и деталей авиационных двигателей в эксплуатации;

ПК-1.1.42 - порядок оценки статической и динамической прочности узлов и деталей авиационных двигателей с учетом особенностей их конструкции;

ПК-1.1.43 - основные расчетные и экспериментальные методы оценки статической и динамической прочности узлов и деталей авиационных двигателей;

уметь:

ПК-1.2.29 - описать конструкцию двигателя самолета и его узлов с использованием технической документации, изображений сборочных единиц и образцов авиационной техники;

ПК-1.2.30 - выполнить построение конструктивно-компоновочной и силовой схемы ГТД, эскизное проектирование узла ГТД;

ПК-1.2.33 - классифицировать факторы, влияющие на техническое состояние авиационных двигателей в процессе эксплуатации;

ПК-1.2.34 - классифицировать основные неисправности узлов авиационных двигателей;

ПК-1.2.37 - выполнить оценку статической и динамической прочности авиационных двигателей;

ПК-1.2.38 - оценить спектр собственных частот и форм колебаний конструкций авиационных двигателей;

ПК-1.2.39 - оценить критические частоты вращения роторов авиационных ГТД;

ПК-1.2.40 - сформулировать способы обеспечению работоспособности конструкций авиационных ГТД в эксплуатации и показать на примерах выполненных конструкций;

владеть:

ПК-1.3.20 - навыками чтения, выполнения и оформления чертежей узлов и деталей ГТД;

ПК-1.3.22 - анализом особенностей конструкции авиационных двигателей, оказывающих влияние на их техническое состояние;

ПК-1.3.24 - расчетными и экспериментальными методами оценки статической и динамической прочности основных элементов конструкций авиационных двигателей с учетом особенностей их нагружения в эксплуатации и конструктивных особенностей.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Конструкция и прочность авиационных двигателей» относится к учебным дисциплинам Б1.ВД - части, формируемой участниками образовательных отношений (модуль 1 – Техническая эксплуатация самолетов) учебного плана образовательной программы направления подготовки (специальности) 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.10- Высшая математика; Б1.ОД.12- Физика; Б1.ОД.20- Теоретическая механика; Б1.ОД.21- Сопротивление материалов; Б1.ОД.22- Детали машин; Б1.ОД.31 Динамика и прочность авиационных конструкций ; Б1.ОД.34- Теория авиационных двигателей, в частности:

знать основные понятия, законы и методы высшей математики, их теоретические основания и практическое применение в профессиональной деятельности (ОПК-1.1.1); фундаментальные физические законы, описывающие процессы и явления в природе, принятые в естественных науках методы познания и эксперимента (ОПК-1.1.22); принятые в естественных науках методы познания и эксперимента (ОПК-1.1.23); общие законы физики, которым подчиняются движение и равновесие материальных тел (ОПК-1.1.27); основные понятия и инструменты теоретической механики (ОПК-1.1.28); основные алгоритмы исследования равновесия и движения механических систем (ОПК-1.1.29); основные положения и законы физики для оценки прочностных свойств материалов и конструкций (ОПК-1.1.30); типовые конструкции деталей и узлов машин, их свойства и область применения (ОПК-1.1.31); основные методы расчета конструкций деталей и узлов общего назначения (ОПК-1.1.32); общие критерии работоспособности деталей машин (ОПК-1.1.33); методы расчета собственных частот и форм колебаний тонкостенных авиационных конструкций (ОПК-3.1.37); научно-технической информации по математическому моделированию характеристик авиационных силовых установок (ОПК-1.1.14); достижений отечественной и зарубежной науки в области анализа процессов, происходящих в авиационных силовых установках (ОПК-1.1.15); прикладных алгоритмов и программ расчета параметров и характеристик авиационных силовых установок (ОПК-1.1.16);

уметь применять методы высшей математики в рамках дисциплины и при решении профессиональных задач (ОПК-1.2.1); применять физические законы для объяснения функционирования механизмов, явлений природы (ОПК-1.2.16); применять полученные знания для решения задач теоретической механики (ОПК-1.2.18); составлять механические модели типовых элементов конструкций (ОПК-1.2.19); применять законы физики и естественных наук при расчетах на прочность, жесткость и устойчивость элементов конструкций (ОПК-1.2.20); применять знания физики, механики, сопротивления материалов, взаимозаменяемости, технологии материалов при проектировании деталей и узлов механизмов и машин (ОПК-1.2.21);

обосновывать оптимальные параметры конструкций с использованием расчетов на прочность и жесткость (ОПК-1.2.22); определять собственные частоты и формы колебаний тонкостенных авиационных конструкций (ОПК-3.2.26); 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 условиях эксплуатации (ОПК-1.2.12);

владеть навыками применения физических законов для проведения оценок значений параметров физических систем (ОПК-1.3.12); навыками применения законов теоретической механики для анализа процессов и явлений, решения практических задач (ОПК-1.3.14); навыками составления механических систем, применяемых в исследовании конкретных механизмов (ОПК-1.3.15); методикой расчета и конструирования узлов и деталей машин (ОПК-1.3.16); навыками определения собственных частот и форм колебаний тонкостенных авиационных конструкций (ОПК-3.3.17); навыками системного анализа параметров и характеристик авиационных силовых установок в процессе их технической эксплуатации (ОПК-1.3.10).

Дисциплина «Конструкция и прочность авиационных двигателей» выступает опорой для следующих дисциплин: Б1.ОД.17- Безопасность полётов; Б1.ОД.30 Гидравлика; Б1.ОД.32 Техническая диагностика авиационной техники; Б1.ОД.35 - Автоматика и управление авиационными двигателями; Б1.ОД.40 - Основы теории технической эксплуатации ЛА; Б1.ВД.М.1.1- Конструкция и прочность самолетов; Б1.ВД.М.1.4- Системы авиационных двигателей; Б1.ВД.М.1.8- Управление проектами; Б1.ВД.М.1.10- Технологические процессы технического обслуживания; Б2.ОП.П.1- Практика производственная 1. Тренажерная подготовка; Б2.ВП.У.1.М.1- Практика учебная 3. Эксплуатационная практика (модуль 1); Б2.ВП.П.2.М.1- Практика производственная 3. Преддипломная практика (модуль 1).

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет **6** зачетных единиц, **216** часов.

Раздел дисциплины	Семестр	**Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)**				**Формы текущего контроля успеваемости**
		Л	ПЗ	ЛР	СРС	
РАЗДЕЛ 1. КОНСТРУКЦИЯ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.	**4**					
Тема 1.1. Общие сведения о ГТД.	4	**2**			**2**	
Тема 1.2. Конструктивные и силовые схемы ГТД.	4	**2**		**4**	**4**	Защита ЛР №1
Тема 1.3. Конструкция узлов ГТД.	4	**10**		**24**	**28**	Защита ЛР №2-7
РАЗДЕЛ 2. СТАТИЧЕСКАЯ И ДИНАМИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ ГТД.	**4-5**					
Тема 2.1. Расчет на прочность элементов конструкций ГТД: усилия, расчетные схемы, допущения, общий порядок.	4	**2**			**2**	Защита ЛР №2
Тема 2.2. Статическая прочность конструкций ГТД.	4	**10**			**6**	Защита ЛР №2-6
Тема 2.3. Колебания и динамическая прочность конструкций ГТД.	4-5	**10**		**20**	**8**	Защита ЛР №8-12
РАЗДЕЛ 3. СИСТЕМЫ ГТД.	**5**			**12**	**6**	Защита ЛР №13-15
РАЗДЕЛ 4. НАДЕЖНОСТЬ И КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГТД В ЭКСПЛУАТАЦИИ. ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ АД.	5	**4**	**8**		**16**	Защита ПЗ №1-4
Курсовой проект	**5**				**36**	Защита КП
Форма промежуточной аттестации – *зачет*	**4**					
Форма промежуточной аттестации – *экзамен*	**5**					
ИТОГО:		**40**	**8**	**60**	**108**	

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

Разделы дисциплины, темы (наименования)	*Кол. часов*	*Компетенции*																				
		УК-1.1.2	УК-1.2.2	ПК-1.1.33	ПК-1.1.34	ПК-1.1.37	ПК-1.1.38	ПК-1.1.41	ПК-1.1.42	ПК-1.1.43	ПК-1.2.29	ПК-1.2.30	ПК-1.2.33	ПК-1.2.34	ПК-1.2.37	ПК-1.2.38	ПК-1.2.39	ПК-1.2.40	ПК-1.3.20	ПК-1.3.22	ПК-1.3.24	*Σ кол. комп.*
РАЗДЕЛ 1. КОНСТРУКЦИЯ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.	**76**																					
Тема 1.1. Общие сведения о ГТД.	4	+	+	+																		2
Тема 1.2. Конструктивные и силовые схемы ГТД.	10	+	+	+																		2
Тема 1.3. Конструкция узлов ГТД.	62	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
РАЗДЕЛ 2. СТАТИЧЕСКАЯ И ДИНАМИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ ГТД.	**58**																					2
Тема 2.1. Расчет на прочность элементов конструкций ГТД: усилия, расчетные схемы, допущения, общий порядок.	4	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
Тема 2.2. Статическая прочность конструкций ГТД.	16	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	2
Тема 2.3. Колебания и динамическая прочность конструкций ГТД.	38	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	2
РАЗДЕЛ 3. СИСТЕМЫ ГТД.	**18**	+	+			+	+						+						+	+		2

РАЗДЕЛ 4. НАДЕЖНОСТЬ И КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГТД В ЭКСПЛУАТАЦИИ. ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧ-НОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ АД.	**28**	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
Курсовой проект (КП)	**36**	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
Итого:	**216**																					

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Если особо не оговорено далее, то продолжительность лекции (академических часов) -2 часа; лабораторной работы - 4 часа; практического занятия– 2 часа.

РАЗДЕЛ 1. КОНСТРУКЦИЯ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.

Лекция 1. Предмет курса КиП АД. Цели, задачи, требования к уровню освоения дисциплины. Место дисциплины в рамках подготовки бакалавра. Характеристика занятий и контрольных материалов. Литература. Типы и особенности конструктивно-компоновочных схем ГТД

по теме 1.1. Общие сведения о ГТД.

История создания. Типы ГТД и области их применения (для ТРД, ТРДД, ТВД, турбовальных ГТД, винтовентиляторных ГТД. Диаграмма "Высота полета=f(скорость полета)"). Основные параметры (абсолютные и относительные (удельные), порядок значений параметров для ГТД различных типов и поколений, тенденция их изменения). Перспективы развития (в направлениях - интенсификации рабочего процесса, оптимизации конструкции по удельному весу и показателям надежности, разработке новых схем, развития средств диагностирования и т.д.).

Литература: [1, с.4-28].

Самостоятельная работа студента. (2 часа)

Проработка лекционного материала и углубленная проработка вопросов темы. Подготовка к лабораторной работе №1.

Литература: [1, с.4-28, 12].

Лекция 2. Типы ГТД ГА, их основные параметры и области применения. Конструктивно-компоновочные и силовые схемы ГТД. Установка двигателей на ВС

по теме 1.2. Конструктивные и силовые схемы ГТД.

Конструктивно-компоновочные схемы (ККС) двигателей (типы-см. тему 1.1.). Особенности ККС различных типов ГТД. Выполнение требований работоспособности, надежности, эксплуатационной технологичности. Усилия действующие на основные элементы и узлы двигателей. Силовые схемы роторов ГТД (двух-,трех-, четырехопорные роторы, особенности размещения подшипников в зависимости от схемы ротора, применение муфт и т.д.). Силовые схемы корпусов ГТД (с одинарной связью -внутренней и внешней, с двойной - замкнутой и разомкнутой. Особенности размещения силовых элементов в горячей части двигателя). Крепление двигателей на воздушных судах (принципы, основная и вспомогательные плоскости и узлы подвески. Передача силы тяги).

Литература: [1, с.28-57;12].

Лабораторная работа №1.

Основные типы ГТД ГА, их основные параметры и области применения. Конструктивно-компоновочные и силовые схемы ГТД. Установка двигателей на ВС.

Литература: [1, с.28-57; 12].

Самостоятельная работа студента. (4 часа)

Проработка лекционного материала и углубленная проработка вопросов темы. Подготовка к лабораторной работе №1.

Литература: [1, с.28-57; 12].

Лекция 3. Компрессоры авиационных ГТД.

по теме 1.3. Конструкция узлов ГТД.

Назначение и типы компрессоров (осевые, центробежные, диагональные, комбинированные. Связь типа компрессора с типом ГТД и параметрами его рабочего процесса). Конструктивные компоновки (число ступеней, законы профилирования проточной части- с постоянным наружным средним и внутренним диаметрами, число и расположение опор, особенности, конструктивные типы роторов

и статоров основных изучаемых типов ГТД). Роторы компрессоров (барабанные, дисковые и смешанные. Области применения. Разборные и неразборные конструкции. Диски и валы. Передача крутящих моментов. Центрирование элементов ротора. Материалы).

Рабочие лопатки (назначение, геометрические характеристики, материалы. Перовая часть рабочих лопаток. Хвостовики и полки лопаток.) Крепление рабочих лопаток с использование замков различных конструкций). Статоры компрессоров (назначение, элементы статоров направляющие и спрямляющие аппараты, корпусы опор. Рамные и консольные аппараты. Предотвращение заклинения регулируемых лопаток входных направляющих аппаратов). Уплотнения проточной части компрессоров (легкосрабатываемые покрытия, металлокерамические и сотовые вставки, лабиринтные) и опор (лабиринтные, торцевые и радиально-торцевые контактные). Расход среды через лабиринтное уплотнение. Активное управление радиальными зазорами в последних ступенях компрессоров. Разгрузочные полости компрессоров. Вспомогательные системы и устройства компрессоров (устройства защиты входа в компрессор, системы отбора воздуха, противообледенительные системы, системы повышения газодинамической устойчивости и регулирования компрессоров, системы газодинамической разгрузки роторов от осевых усилий, устройства системы контроля и диагностирования состояния компрессоров). Отбор воздуха на самолетные и двигательные нужды. Особенности конструкции центробежных и комбинированных компрессоров. Материалы, используемые в конструкциях компрессоров и особенности эксплуатации деталей из дуралюминиевых и титановых сплавов. Шум, создаваемый компрессором, и способы его снижения. Характерные неисправности компрессоров, их предупреждение, обнаружение и устранение. Способы повышения эксплуатационной надежности компрессоров (конструктивно-технологические, организационные).

Литература: [1, с.57-100].

Лабораторная работа №2.

Компрессоры авиационных ГТД.

Литература: [1, с.57-100;13].

Самостоятельная работа студента. (6 часов)

Проработка лекционного материала и углубленная проработка вопросов темы. Подготовка к лабораторной работе №2.

Литература: [1, с.57-100;13].

Лекция 4. Камеры сгорания авиационных ГТД.

по теме 1.3. Конструкция узлов ГТД.

Назначение камер сгорания. Организация рабочего процесса в камерах сгорания (коэффициент избытка воздуха, зоны камеры сгорания, первичный и вторичный воздух). Типы камер сгорания (прямоточные: трубчато-кольцевые, кольцевые, противоточные). Конструкция элементов камер сгорания (диффузоры, фронтовые устройства, смесительные устройства, устройства охлаждения, элементы подвески жаровых труб и обеспечение свободы температурных расширений, форсунки (типы-одноконтурные, двухконтурные, испарительного типа) и их расходные характеристики, воспламенители, дренажные устройства). Материалы, используемые в конструкциях камер сгорания. Определение основных геометрических характеристик камер сгорания. Меры борьбы с эмиссией вредных веществ (компоненты продуктов сгорания. Многогорелочные фронтовые устройства, двузонные камеры сгорания с последовательным расположением зон, двухъярусные камеры сгорания). Обеспечение пожарной безопасности ГТД. Характерные неисправности камер сгорания, их предупреждение, обнаружение и устранение.

Литература: [1, с.100-120].

Лабораторная работа №3.

Камеры сгорания авиационных ГТД.

Литература: [1, с.100-120;14].

Самостоятельная работа студента. (4 часа)

Проработка лекционного материала и углубленная проработка вопросов темы. Подготовка к лабораторной работе №3.

Литература: [1, с.100-120;14].

Лекция 5. Турбины авиационных ГТД.

по теме 1.3. Конструкция узлов ГТД.

Назначение и типы газовых турбин, классификация (по направлению движения потока, числу каскадов, способа срабатывания теплоперепада и др.).

Особенности центростремительных турбин. Конструктивные компоновки (по форме проточной части (закону профилирования, числу ступеней и каскадов, размещению силовых элементов). Роторы осевых турбин (дисковая и барабанно-дисковая схемы, основные элементы роторов). Рабочие лопатки газовых турбин особенности геометрических характеристик профилей лопаток турбин по сравнению с лопатками компрессоров, охлаждение рабочих лопаток). Крепление рабочих лопаток (радиальная и осевая фиксации, бандажирование рабочих лопаток турбин). Диски турбин (особенности профилирования дисков турбин с учетом их нагружения. Дефлекторы дисков). Валы турбин (вкл. особенности соединений дисков и валов). Статоры турбин (основные элементы, влияние минимальной площади проходного сечения соплового аппарата первой ступени на расход газа через двигатель в целом, способы опирания и передачи нагрузок с лопаток сопловых аппаратов на корпусы). Особенности конструкции и охлаждения лопаток сопловых аппаратов. Корпусы сопловых аппаратов (особенности разъемов, центрирование частей корпуса, изменение размеров в процессе эксплуатации и конструктивные мероприятия, обеспечивающие предотвращение усадки и коробления). Корпусы опор, тепловая защита опор. Материалы, используемые для деталей турбин. Понятие жаростойкости и жаропрочности. Уплотнения проточной части и опор. Изменение радиального зазора в турбине и системы активного управления радиальными зазорами. Охлаждение турбин (способы охлаждения, их эффективность, влияние системы охлаждения турбины на характеристики двигателя в целом). Характерные неисправности турбин, их предупреждение, обнаружение и устранение.

Литература: [1, с.120-156].

Лабораторная работа №4.

Турбины авиационных ГТД.

Литература: [1, с.120-156;16].

Самостоятельная работа студента. (6 часов)

Проработка лекционного материала и углубленная проработка вопросов темы. Подготовка к лабораторной работе №4.

Литература: [1, с.120-156;16].

Лекция 6. Входные и выходные устройства авиационных ГТД.

по теме 1.3. Конструкция узлов ГТД.

Особенности входных устройств ГТД. Нерегулируемые и регулируемые сопла. Особенности выходных устройств ТВД. Реверсирование тяги (назначение, коэффициент, реверсирование, устройства створчатого и решетчатого типа, усилия на элементы устройства, основные элементы воздушных и гидрогазовых систем привода, особенности реверсирования тяги двигателей с большой степенью двухконтурности). Шум, создаваемый реактивной струей, и способы его снижения. Характерные неисправности входных и выходных устройств, их предупреждение, обнаружение и устранение.

Литература: [1, с.157-172].

Лабораторная работа №5.

Входные и выходные устройства авиационных ГТД.

Литература: [1, с.157-172;15].

Самостоятельная работа студента. (4 часа)

Проработка лекционного материала и углубленная проработка вопросов темы. Подготовка к лабораторной работе №5.

Литература: [1, с.157-172;15].

Лекция 7. Опоры роторов. Соединительные муфты.

по теме 1.3. Конструкция узлов ГТД.

Назначение опор. Типы подшипников, применяемых в опорах авиационных ГТД. Выбор подшипников. Особенности центрирования сепараторов и понятие самобалансировки. Конструкция элементов крепления подшипников в опорах. Упругодемпферные устройства. Уплотнения опор (см. темы по соответствующим узлам). Соединительные муфты. Материалы. Характерные неисправности опор и соединительных муфт, их предупреждение, обнаружение и устранение.

Литература: [1, с.173-179].

Лабораторная работа №6.

Опоры роторов ГТД. Соединительные муфты.

Литература: [1, с.173-179;12].

Самостоятельная работа студента. (4 часа)

Проработка лекционного материала и углубленная проработка вопросов темы. Подготовка к лабораторной работе №6.

Литература: [1, с.173-179;12].

по теме 1.3. Конструкция узлов ГТД.

Редукторы двигателей ТВД, редукторы вентиляторов; кинематические схемы определение передаточных чисел). Конструкция основных элементов редукторов. Материалы. Измерители крутящего момента (электромеханические и гидромеханические). Приводы агрегатов. Привод постоянных оборотов. Характерные неисправности редукторов, приводов агрегатов в эксплуатации.

Лабораторная работа №7.

Приводы ГТД. Редукторы двигателей.

Литература: [1, с.199-220].

Самостоятельная работа студента. (4 часа)

Проработка вопросов темы. Подготовка к лабораторной работе №7.

Литература: [1, с.199-220].

РАЗДЕЛ 2. СТАТИЧЕСКАЯ И ДИНАМИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ ГТД.

Лекция 8. Цели и задачи расчета прочности и динамики АД. Усилия, действующие в ГТД. Общий порядок расчета на статическую прочность элементов конструкций ГТД.

по теме 2.1. Расчет на прочность элементов конструкций ГТД: усилия, расчетные схемы, допущения, общий порядок.

Лекция 9,10. Статическая прочность рабочих лопаток турбокомпрессоров.

Литература: [1, с. 221-264].

по теме 2.2. Статическая прочность конструкций ГТД.

Условия работы рабочих лопаток, нагрузки, действующие на них. Определение напряжений в рабочих лопатках (классификация напряжений от действующих нагрузок. Расчетная схема и основные расчетные соотношения для напряженного состояния лопатки при: растяжении рабочих лопаток центробежными силами; изгибе лопаток газовыми силами; изгибе лопаток центробежными силами; совместном действии нагрузок. Напряжения от действия центробежных сил при различных законах изменения площади сечения вдоль радиуса. Учет температурных напряжений в лопатках турбин). Разгрузка лопаток от напряжения изгиба (выносом центра тяжести сечений, шарнирное крепление и др., коэффициенты компенсации и их изменение в зависимости от условий эксплуатации). Критерии и запасы статической прочности лопаток. Учет

многорежимности нагружения рабочих лопаток в процессе эксплуатации. Прочность хвостовиков лопаток (нагрузки, расчетные схемы уравнения состояния и определение напряжений).

Лекция 11,12. Статическая прочность дисков турбокомпрессоров.

Литература: [1, с. 264-284;3].

по теме 2.2. Статическая прочность конструкций ГТД.

Условия работы дисков компрессоров и турбин и их нагружение.

Основные эксплуатационные режимы расчета дисков на прочность и учет многорежимности нагружения. Основные уравнения напряженного состояния дисков. Граничные условия. Общие свойства напряженного состояния дисков. Метод конечных разностей. Методика расчетного определения напряжений, действующих в дисках. Критерии и запасы прочности дисков. Особенности определения напряжений в диске с учетом неупругих деформаций. Метод переменных параметров упругости. Особенности расчета на прочность колес центробежных компрессоров и радиальных турбин.

Лекция 13. Статическая прочность элементов роторов и корпусов ГТД.

по теме 2.2. Статическая прочность конструкций ГТД.

Режимы работы роторов для расчета на прочность и действующие нагрузки. Расчетные схемы и определение напряжений. Оценка прочности валов. Расчетные схемы и определение напряжений в оболочках. Потеря устойчивости оболочками и проверка оболочек на устойчивость. Непробиваемость оболочек.

Литература: [1, с. 286-294].

Лекция 14. Колебания и оценка динамической прочности рабочих лопаток.

.Литература: [1, с. 301-347].

Лекция 15. Колебания и оценка динамической прочности дисков.

Литература: [1, с. 301-347].

Лекция 16. Колебания и оценка динамической прочности оболочек.

Литература: [1, с. 284-290, 296-300].

по теме 2.3. Колебания и динамическая прочность конструкций ГТД.

Собственные формы и частоты колебаний конструкций. Особенности спектров собственных колебаний рабочих колес в целом. Источники возбуждения колебаний конструкций. Резонансные диаграммы. Влияние геометрических характеристик и других факторов на собственные частоты колебаний. Запасы динамической прочности. Пути борьбы с опасными резонансными колебаниями.

Лабораторная работа №8 .

Исследование спектра частот и форм собственных колебаний рабочих лопаток ГТД.

.Литература: [1, с. 301-347;19].

Лабораторная работа №9.

Исследование спектра частот и форм собственных колебаний дисков.

Литература: [1, с. 301-347;8].

Лабораторная работа №10 .

Исследование спектра частот и форм собственных колебаний оболочек.

Литература: [1, с. 284-290, 296-300; 19;8].

Самостоятельная работа студента. (10 часов)

Проработка лекционного материала и углубленная проработка вопросов тем (Л8-16). Подготовка к лабораторным работам №8-10.

Литература: [1; 19;8].

Лекция 17. Критические частоты вращения однодискового ротора.

Литература: [1, с. 347-366].

Лекция 18. Критические частоты вращения многодискового ротора и ротора в системе “ротор-корпус”.

по теме 2.3. Колебания и динамическая прочность конструкций ГТД.

Динамика простейшего ротора. Критическая частота вращения роторов в системе ГТД. Метод динамических жесткостей. Критическая частота вращения многодискового ротора. Пути борьбы с опасными вибрациями двигателей. Нормирование и контроль вибраций двигателей в эксплуатации.

Литература: [1, с. 366-386].

Лабораторная работа №11.

Исследование критических частот вращения роторов.

Литература: [1, с. 366-386;20].

Самостоятельная работа студента.

Проработка лекционного материала. Подготовка к лабораторной работе №11.

Лабораторная работа №12.

Исследование критических частот вращения ротора в системе "ротор-корпус".

Литература: [1, с. 366-386;20].

Самостоятельная работа студента. (4 часа)

Проработка лекционного материала и углубленная проработка вопросов тем. Подготовка к лабораторной работе №11,12.

Литература: [1;20].

РАЗДЕЛ 3. СИСТЕМЫ ГТД.

Лекция 19. Системы ГТД-назначение, требования, классификация, принципы построения, основные агрегаты.

Литература: [1, с.387-418;17; 18; 21].

Лабораторная работа №13.

Масляные системы ГТД.

Самостоятельная работа студента. (2 часа)

Подготовка к лабораторной работе №13.

Литература: [1, с.387-418;17].

Лабораторная работа №14.

Топливные системы ГТД.

Самостоятельная работа студента. (2 часа)

Подготовка к лабораторной работе №14.

Литература: [1, с.418-448;18].

Лабораторная работа №15.

Пусковые системы ГТД.

Самостоятельная работа студента. (2 часа)

Подготовка к лабораторной работе №15.

Литература: [1, с.448-466;21].

РАЗДЕЛ 4. НАДЕЖНОСТЬ И КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГТД В ЭКСПЛУАТАЦИИ. ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ АД.

Лекция 20. Надежность АД и конструктивные способы ее обеспечения. Контроль состояния АД в эксплуатации. Эксплуатационная технологичность конструкций АД. Перспективы развития АД.

Надежность, безопасность, долговечность. Показатели безотказности и долговечности ГТД. Влияние конструкции АД и условий эксплуатации на показатели безотказности. Виды ресурса ГТД и методы их установления. Задачи диагностики и контроля состояния двигателей. Конструктивные способы обеспечения контролепригодности. Понятие об автоматизированных системах диагностирования ГТД.

Литература: [1, с. 466-476; 23].

Практическое занятие №1-4. Узлы авиационных двигателей – техническое обслуживание.

ПЗ №1-ТО компрессоров,

ПЗ №2-ТО камер сгорания,

ПЗ №3- ТО турбин,

ПЗ №4-ТО входных и выходных устройств и ППО–

работы по техническому обслуживанию: работа с нормативно-технической документацией, практические работы по техническому обслуживанию на образцах авиационной техники. Типичные неисправности авиационных ГТД-виды, поиск, обнаружение, устранение, предупреждение: работа с нормативно-технической документацией, работа на образцах авиационной техники (обнаружение и оценка повреждений элементов ГТД и т.п.).

Литература: [5;7].

Самостоятельная работа студента. (16 часов)

Проработка лекционного материала и углубленная проработка вопросов раздела 4. Подготовка к практическому занятию №1-4.

Литература: [5;7;23].

Тематика курсового проекта – проектирование ГТД на базе двигателей-прототипов [9].

Самостоятельная работа студента. (36 часов)

Литература: [9].

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

Самостоятельная работа студента по дисциплине «Конструкция и прочность авиационных двигателей» способствует более глубокому усвоению изучаемого курса, формирует навыки исследовательской работы по проблемам конструкции и прочности авиационных двигателей, самостоятельному изучению конструкций АД, ориентирует студента на умение применять полученные теоретические знания на практике и проводится в следующих видах:

- проработка лекционного материала;
- подготовка к выполнению и защите лабораторных работ;
- подготовка к практическим занятиям;
- выполнение КП;
- подготовка к зачету и экзамену.

Для самостоятельной работы студенту рекомендуется следующая основная литература:

- Лозицкий Л.П. и др. Конструкция и прочность авиационных газотурбинных двигателей. – М.: Воздушный транспорт, 1992.
- Евдокимов А.И. и др. Конструкция и прочность авиадвигателей. Учебник для авиационных ВУЗов. М.: ВВА, 2012,
- Иноземцев А.А., Сандрацкий В.Л. Газотурбинные двигатели.-ОАО “Авиадвигатель”.-Пермь, 2006,

а так же пособия по видам занятий из приводимого ниже списка литературы.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1 Текущий контроль успеваемость

Показатели и критерии оценивания сформированности компетенций на различных этапах их формирования

Форма текущего контроля	**Типовые контрольные задания (вопросы)**	**Критерии оценивания**

<table>
<tr><td>Защита ЛР №1.
Основные типы ГТД ГА, их основные параметры и области применения.
Конструктивно-компоновочные и силовые схемы ГТД. Установка двигателей на ВС.</td><td>1.Перечислите основные типы ГТД и опишите области их применения с использованием диаграммы H-V.
2. В чем состоят особенности конструкции и технического обслуживания модульных двигателей?
3. Назовите исторические вехи и особые конструктивные решения в развитии авиационных газотурбинных двигателей.
4. Понятие конструктивно-компоновочной схемы.
5. Понятие силовой схемы двигателя и виды силовых схем.</td><td rowspan="9">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;
-даны исчерпывающие ответы на контрольные вопросы;
-показано овладение основной и дополнительной литературой;
-ответы отличаются четкостью и даны в логической последовательности.</td></tr>
<tr><td>Защита ЛР №2.
Компрессоры авиационных ГТД.</td><td rowspan="5">При защите ЛР 2-5 студент должен уметь охарактеризовать:
1.назначение узла;
2.требования;
3.основные характеристики;
4.классификация;
5.состав узла, особенности конструктивных реализаций узлов</td></tr>
<tr><td>Защита ЛР №3.
Камеры сгорания авиационных ГТД.</td></tr>
<tr><td>Защита ЛР №4.
Турбины авиационных ГТД.</td></tr>
<tr><td>Защита ЛР №5.
Входные и выходные устройства авиационных ГТД.</td></tr>
<tr><td>Защита ЛР №6.
Опоры роторов. Соединительные муфты.</td></tr>
<tr><td>Защита ЛР №7.
Приводы ГТД.
Редукторы двигателей.</td><td rowspan="2">1. Каковы источники возбуждения колебаний лопаток на работающем двигателе?
2. Для чего надо знать спектр собственных частот и форм колебаний лопатки?
3. Что понимается под формой колебаний лопатки? Какие формы колебаний лопаток Вы знаете?
4. Как выявляется рисунок узловых линий при экспериментальном определении форм колебаний лопатки ?
5. Какими частотными свойствами обладает таблица собственных форм колебаний лопатки ?</td></tr>
<tr><td>Защита ЛР №8.
Исследование спектра частот и форм собственных колебаний рабочих лопаток ГТД</td></tr>
</table>

Защита ЛР №9. Исследование спектра частот и форм собственных колебаний дисков	1. Каковы источники возбуждения колебаний дисков на работающем двигателе? 3. Что понимается под формой колебаний диска? Какие формы колебаний дисков Вы знаете? 4. Как выявляется рисунок узловых линий при экспериментальном определении форм колебаний диска ? 5. Как строится таблица собственных форм колебаний диска ?	
Защита ЛР №10. Исследование спектра частот и форм собственных колебаний оболочек	1. Каковы источники возбуждения колебаний оболочек на работающем двигателе? 2. Что понимается под формой колебаний оболочки? Какие формы колебаний оболочек Вы знаете? 3. Опишите состав и назначение элементов экспериментальной установки. 4. Как фиксируется момент возникновения резонансных колебаний оболочки? 5. Как выявляется рисунок узловых линий при экспериментальном определении форм колебаний оболочки ?	
Защита ЛР №11. Исследование критических частот вращения роторов	1. Каковы основные источники возбуждения вибраций на работающем двигателе? 2. Дайте понятие критической частоты вращения ротора и поясните в чем состоит практическая необходимость ее определения. 3. Выполните сравнительный анализ способов определения критических частот вращения роторов. 4. Опишите состав и назначение элементов экспериментальной установки. 5. Выполните сравнительный анализ способов определения критической частоты вращения ротора.	

Защита ЛР №12. Исследование критических частот вращения ротора в системе “ротор-корпус”	1. Какой из видов прецессии ротора является более опасным ? 2. Опишите состав и назначение элементов экспериментальной установки. 3. Чем объясняется необходимость рассмотрения совместных колебаний ротора и корпуса двигателя и критических частот вращения ротора в системе “ротор-корпус” ? 4. Что понимается под динамической жесткостью и в чем состоит ее отличие от статической жесткости ? 5. Как связаны между собой виброперемещения, виброскорость и виброускорение ? Какие виды нагружения характеризует, в основном, каждая из перечисленных характеристик ?	
Защита ЛР №13. Масляные системы ГТД. Защита ЛР №14. Топливные системы ГТД. Защита ЛР №15. Пусковые системы ГТД.	При защите ЛР 13-15 студент должен уметь охарактеризовать: 1.назначение системы в рамках обеспечения работы узлов ГТД и ГТД в целом; 2.требования к системе как составной части ГТД; 3.классификация; 4.состав системы; 5.работа типичной системы.	
Защита ПЗ №1-4. Узлы авиационных двигателей – техническое обслуживание.	1. Формы работ по ТО ГТД назначенного типа. 2. Перечень работ по формам ТО ГТД назначенного типа по узлам. 3. Требования мер техники безопасности при проведении работ и общие требования к выполнению работ по ТО. 4. Технологические карты работ по ТО. 5. Выполнить контрение элементов ГТД.	Зачет по ПЗ ставится, если заполнены разделы журнала ПЗ, даны исчерпывающие ответы на контрольные вопросы. Показано знание объектов конкретной авиационной техники.
Защита курсового проекта	1.Охарактеризуйте силовую схему статора проетируемого двигателя 2. Какие конструктивные решения в конструкции проектируемого двигателя обеспечивают его газодинамическую устойчивость? 3.Как в конструкции проектируемого двигателя реализованы требования к эксплуатационной технологичности?	Знания, умения и навыки обучающихся на защите КП определяются оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». При выведении оценки комиссия руководствуется следующим общими критериями.

	4.Как обеспечена работоспособность турбин проектируемого двигателя? 5.Опишите порядок оценки прочности диска ротора проекттируемого двигателя и влияние на прочность режимов работы двигателя.	Проект должен быть выполнен самостоятельно. При этом оценки -«отлично» заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов курсового проекта, усвоивший и применивший основную и дополнительную литературу, рекомендованную для выполнения КП. Обучающийся должен продемонстрировать связь задач, решаемых в ходе курсового проектирования с задачами и практикой технической эксплуатации двигателей. Оформление пояснительной записки и графической части проекта полностью соответствуют требованиям к выполнению КП. Ответы на поставленные вопросы правильны, логичны и отличаются полнотой; -оценки «хорошо» заслуживает обучающийся, допустивший ряд не принципиальных погрешностей при изложении пояснительной записки и выполнении графической части КП и самостоятельно сумевший указать способы их устранения. Оформление пояснительной записки и графической части проекта полностью соответствуют требованиям к выполнению КП. Ответы на поставленные вопросы правильны, логичны, но не всегда отличаются полнотой; -оценки «удовлетворительно» заслуживает

		обучающийся, допустивший ряд значимых погрешностей при изложении пояснительной записки и выполнении графической части КП и сумевший указать способы их устранения только с помощью преподавателя. В оформлении пояснительной записки и графической части проекта наблюдаются отступления от требований к выполнению КП. В ответах на поставленные вопросы возникают затруднения и требуются “наводящие” подсказки преподавателя; -оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, допустившему принципиальные ошибки при изложении пояснительной записки и выполнении графической части КП. В оформлении пояснительной записки и графической части проекта наблюдаются многократное отступления от требований к выполнению КП. В ответах на поставленные возникают затруднения, свидетельствующие о незнании материалов КП и разделов дисциплины в целом.

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

Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности осуществляется на основе Положения о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА).

Подготовка обучающихся к текущему контролю осуществляется во время их самостоятельной работы и всех видов аудиторных занятий.

Защита обучающимися результатов лабораторных работ и практических занятий проводится в часы, отведенные по расписанию для лабораторных работ и практических занятий, а также в часы консультаций, установленные кафедрой.

Полностью завершенный КП должен быть представлен руководителю КП на проверку и рецензирование не позднее 7 дней до дня защиты КП.

Неявка студента без уважительной причины на защиту КП в день ее проведения, означает получение оценки “неудовлетворительно” и процесс последующей сдачи приравнивается к пересдаче.

При успешной защите оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» проставляется обучающемуся в зачетную книжку и зачетно-экзаменационную ведомость. Оценка «неудовлетворительно» проставляется только в зачетно-экзаменационную ведомость. Ведомость подписывается всеми членами комиссии по каждому обучающемуся отдельно.

Повторная защита обучающимся одной и той же лабораторной работы, практического занятия или любого вида индивидуального задания, как правило, не должна иметь более двух попыток. Для третьей и последующих попыток он должен представить преподавателю разрешение заведующего кафедрой. При необходимости для приема защиты заведующим кафедрой может быть назначена комиссия.

Обучающиеся, имеющие текущие задолженности по дисциплине, обязаны их ликвидировать за неделю до зачетно-экзаменационной сессии.

При индивидуальной работе с обучающимся, пропустившим большое количество занятий, преподаватель имеет право с разрешения заведующего кафедрой выдать обучающемуся дополнительное домашнее задание (конспектирование раздела учебника, самостоятельное изучение тем пропущенных занятий с последующим компьютерным тестированием и т.п.) и поставить оценку в журнал учета текущей успеваемости по результатам защиты этого задания.

6.2 Промежуточная аттестация

Показатели и критерии оценивания сформированности компетенций по дисциплине

Типовые контрольные задания (вопросы) к зачету	Критерии оценивания
УК-1-Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач : 1. Какие электронные технические библиотеки, содержащие информацию по конструкции и эксплуатации авиационных двигателей, Вам известны? 2. Сайты каких конструкторских бюро, проектирующих АД, Вам известны? 3. Выполните подбор информации по тематике в области конструкции авиационных двигателей, предложенной преподавателем. 4. Выполните подбор информации по тематике в области прочности авиационных двигателей, предложенной преподавателем. 5. Выполните подбор информации по тематике в области надежности авиационных двигателей, предложенной преподавателем.	«Зачет» по дисциплине принимается при выполнении следующих условий: - даны исчерпывающие и обоснованные ответы на вопросы, поставленные в билете; - показано умение грамотно применять полученные теоретические знания в практических целях; - показано овладение основной и дополнительной литературой; - ответы отличаются четкостью, мысли излагаются

ПК-1 - Способен к организации и проведению технического и технологического обслуживания воздушных судов на всех этапах технической эксплуатации летательных аппаратов (ЛА) и двигателей: 1. Дать понятие конструктивно-компоновочной схемы. 2. Охарактеризуйте связь между прочностью, работоспособностью и надежностью деталей и узлов авиационных двигателей (АД) (здесь и далее – ГТД). 3. Какие конструктивные решения позволяют обеспечить надежность рабочих лопаток компрессоров АД в эксплуатации? 4. Какие технологические и производственные решения позволяют обеспечить надежность рабочих лопаток компрессоров АД в эксплуатации? 5. Классифицируйте факторы, влияющие на техническое состояние авиационных двигателей в процессе эксплуатации.	в необходимой логической последовательности. «Незачет» выставляется в случаях, когда не выполнены условия, позволяющие поставить «Зачет». При выставлении «зачета» учитывается уровень методической подготовленности студента, а также аккуратность и логическая последовательность изложения ответов на вопросы билета.

Типовые контрольные задания (вопросы) к экзамену	Критерии оценивания
УК-1 -Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач: 1. Выполните анализ и синтез информации по тематике в области эксплуатации авиационных двигателей, предложенной преподавателем. 2. Выполните подбор информации по тематике в области эксплуатационной технологичности авиационных двигателей, предложенной преподавателем. 3. Выполните анализ и синтез информации по тематике в области конструкции авиационных двигателей, предложенной преподавателем. 4. Выполните анализ и синтез информации по тематике в области прочности авиационных двигателей, предложенной преподавателем.	Общие критерии оценивания результатов освоения формируемых компетенций по 4-х балльной шкале. Знания, умения и навыки обучающихся определяются оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». При выведении оценки руководствуются следующим критериями. По результатам ответа на вопрос или решения задания оценки -«отлично» заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов дисциплины по оцениваемой компетенции, усвоивший и применивший основную и дополнительную литературу. Обучающийся должен продемонстрировать связь задач, решаемых в ходе изучения дисциплины с задачами и практикой технической эксплуатации двигателей. Ответы на поставленные вопросы правильны, логичны и отличаются полнотой; -оценки «хорошо» заслуживает обучающийся, допустивший ряд не принципиальных погрешностей при изложении материалов дисциплины по оцениваемой компетенции и самостоятельно сумевший указать способы их устранения. Ответы на поставленные вопросы

5. Выполните анализ и синтез информации по тематике в области надежности авиационных двигателей, предложенной преподавателем. **ПК-1-** Способен к организации и проведению технического и технологического обслуживания воздушных судов на всех этапах технической эксплуатации летательных аппаратов (ЛА) и двигателей: 1. Классифицируйте основные расчетные методы оценки динамической прочности узлов и деталей авиационных двигателей. 2. Оцените расчетом и проведением эксперимента критические частоты двухопорного ротора и свяжите их и вибрации АД с динамической прочностью. 3. Опишите порядок построения частотной диаграммы колебаний дисков ГТД. 4. Какие принципы конструирования деталей и узлов реализуют с целью обеспечения их доступности в эксплуатации? Проиллюстрируйте на примерах конструкций. 5. Перечислить и дать характеристику способов оценки технического состояния узлов авиационных двигателей.	правильны, логичны, но не всегда отличаются полнотой; -оценки «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, допустивший ряд значимых погрешностей при изложении материалов дисциплины по оцениваемой компетенции и сумевший указать способы их устранения только с помощью преподавателя. В ответах на поставленные вопросы возникают затруднения и требуются “наводящие” подсказки преподавателя; -оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, допустившему принципиальные ошибки при изложении материалов дисциплины по оцениваемой компетенции. В ответах на поставленные возникают затруднения, свидетельствующие о незнании материалов в рамках оцениваемой компетенции и разделов дисциплины в целом. Постановка положительной оценки возможна только в случае уверенной иллюстрации материалов ответа на поставленный вопрос или решения задачи с привлечением конструкций АД, размещенных в лабораториях кафедры ДЛА, даже в случаях, особо не оговоренных в вопросе или задании. При получении неудовлетворительной оценки по одной из компетенций, итоговая оценка по дисциплине может быть только «неудовлетворительно».

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

Рекомендации студентам по подготовке к промежуточной аттестации.

Подготовка к промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с утвержденной рабочей программой по дисциплине.

Сформированность каждой компетенции, в итоге, оценивается на зачете (частично) и экзамене по изучении всего курса.

На основании вопросов и заданий фонда оценочных средства (ФОС) формируются экзаменационные билеты для зачета и экзамена в количестве на 25-30% более списочного состава экзаменуемой группы студентов. Каждый Билет включает в себя три вопроса, один из которых служит для оценки сформированности компетенций на экзамене (или их частей на зачете) по универсальной составляющей, а второй и третий – по профессиональной составляющей.

Зачет и экзамен для студентов проводятся письменно.

При получении неудовлетворительной оценки по одной из компетенций, итоговая оценка по дисциплине может быть только «неудовлетворительно».

При ответе на вопросы требуется, при необходимости, проиллюстрировать материал ответа примерами конструкций двигателей, размещенных в лабораториях кафедры ДЛА.

Неявка студента без уважительной причины на зачет в день его проведения по расписанию, означает незачет и процесс последующей сдачи приравнивается к пересдаче.

Неявка студента без уважительной причины на экзамен в день его проведения по расписанию, означает получение оценки “неудовлетворительно” и процесс последующей сдачи приравнивается к пересдаче.

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

а) основная литература:

1. Лозицкий Л.П. и др. Конструкция и прочность авиационных газотурбинных двигателей. – М.: Воздушный транспорт, 1992.

б) дополнительная литература:

2. Евдокимов А.И. и др. Конструкция и прочность авиадвигателей. Учебник для авиационных ВУЗов. М.: ВВА, 2012.

3. Чичков Б.А. Расчет на прочность дисков турбомашин. Пособие по дисциплине КиП ГТД. – М.: МГТУ ГА, 1999.

4. Машошин О.Ф., Чичков Б.А. Рабочие лопатки авиационных ГТД: конструкция, прочность, эксплуатация. Учебное пособие для обучающихся по направлениям подготовки 25.03.01, 25.04.01.– М:МГТУ ГА, 2017. – 80с.

5. Лозицкий Л.П. и др. Авиационные двухконтурные двигатели Д-30КУ и Д-30КП. – М.: Машиностроение, 1988.

6. Чичков Б.А. Пособие по проведению практического занятия "Конструкция и эксплуатация системы запуска двигателей Д-30КП самолета Ил-76" – М.: МГТУ ГА, 2010.

7. Журнал практических занятий “КиТО ТРДД типа Д-30КП. (2016 г. – электронная версия в формате pdf”).

8. Чичков Б.А. Конструкция и прочность двигателей. Исследование спектра собственных частот и форм колебаний диска. Методические указания к выполнению лабораторной работы.– М: МГТУ ГА, 2018.

9. Чичков Б.А. Пособие к выполнению курсового проекта по дисциплине КиП Д. – М.: МГТУ ГА, 2015.

10. Умушкин Б.П., Москаленко Л.В. Пособие к выполнению лабораторных работ по дисциплине Конструкция и прочность ГТД. – М.: МГТУ ГА, 2008.

11. Чичков Б.А. Журнал лабораторных работ по дисциплине Конструкция и прочность авиационных двигателей. – М.: МГТУ ГА, 2014.

12. Москаленко Л.В., Умушкин Б.П. Конструкция и прочность авиационных двигателей. Пособие к лабораторным занятиям по теме Конструктивно-компоновочные и силовые схемы ГТД. – М.: МГТУ ГА, 2007.

13. Чичков Б.А., Москаленко Л.В. Конструкция и прочность двигателей. Основы конструкции и прочности двигателей. Компрессоры авиационных ГТД. Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторной работы для обучающихся по направлению подготовки 25.03.01.– М: МГТУ ГА, 2019.

14. Москаленко Л.В., Умушкин Б.П. Конструкция и прочность авиационных двигателей. Пособие к лабораторным занятиям по теме Камеры сгорания ГТД. – М.: МГТУ ГА, 2007.

15. Москаленко Л.В., Умушкин Б.П. Конструкция и прочность авиационных двигателей. Пособие к лабораторным занятиям по теме Входные и выходные устройства ГТД. – М.: МГТУ ГА, 2007.

16. Москаленко Л.В., Умушкин Б.П., Чичков Б.А. Конструкция и прочность авиационных двигателей. Пособие к лабораторным занятиям по теме Турбины газотурбинных двигателей. – М.: МГТУ ГА, 2007.

17.Москаленко Л.В.,Умушкин Б.П.,Чичков Б.А. Конструкция и прочность авиационных двигателей. Пособие к лабораторным занятиям по теме «Масляные системы ГТД» – М.: МГТУ ГА, 2007.

18. Чичков Б.А., Москаленко Л.В. Системы двигателя. Основы конструкции и прочности двигателей. Конструкция и прочность двигателя. Топливные системы авиационных ГТД. Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторной работы для обучающихся по направлению подготовки 25.03.01.– М: МГТУ ГА, 2019.

19. Чичков Б.А. Конструкция и прочность двигателей. Основы конструкции и прочности АД. Пособие по выполнению лабораторных работ . – М.: МГТУ ГА, 2013.

20. Чичков Б.А. Конструкция и прочность авиационных двигателей. Исследование динамики роторов и вибрации ГТД. Пособие по выполнению лабораторных работ– М.: МГТУ ГА, 2015.

21. Москаленко Л.В., Умушкин Б.П. Конструкция и прочность авиационных двигателей. Пособие к лабораторным занятиям по теме «Пусковые системы авиационных ГТД» для студентов 4 курса специальности 160901 всех форм обучения. М.: МГТУ ГА, 2007.

22. Чичков Б.А. Конструкция и прочность двигателей самолетов. Пособие по изучению дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 25.03.01.– М: МГТУ ГА, 2016.

23. Чичков Б.А., Пивоваров В.А., Раков П.И. Конструкция и техническое обслуживание АД. Учебное пособие. –М.: МГТУ ГА, 2007.

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

1. http://storage.mstuca.ru – электронные библиотечные ресурсы Университета - электронные версии пособий, методических разработок по всем видам учебной работы по дисциплине КПАД (КПД), в т.ч.:

http://storage.mstuca.ru/ handle/123456789/5047;
http://storage.mstuca.ru/handle/123456789/7933;
http://storage.mstuca.ru/handle/123456789/4354;
http://storage.mstuca.ru/handle/123456789/4346;
http://storage.mstuca.ru/handle/123456789/8062
и др.

2. электронная библиотека «Авиа-Медиа» на сервере МГТУ ГА. Серия эталон. Руководства по технической эксплуатации по типам ВС;

3.http://www.mintrans.ru –официальный сайт министерства транспорта РФ;

4. http://www.favt.ru/- Федеральное агентство воздушного транспорта;

5. http://www.mlgvs.ru/library.html#search - центральная нормативно-методическая библиотека га;

6. Сайты университетов, научно-исследовательских организаций и разработчиков двигателей, научно-технических библиотек.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При изучении учебного курса помимо посещения студентами лекций и активного участия в групповых формах занятий (практические занятия, лабораторные работы) учебным планом по данной дисциплине предусмотрена самостоятельная форма 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 одним из основных 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 на практические занятия и указания на самостоятельную работу.

Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. Уделить внимание следующим понятиям (перечисление понятий) и др.

Практические занятия. Проработка методического пособия по предстоящей теме, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию занятия. Подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы и др.

Лабораторная работа. Проработка методического пособия по выполнению лабораторной работы. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам и др.

Курсовой проект. При подготовке КП необходимо ориентироваться на методические указания к выполнению курсового проекта, конспект лекций, рекомендуемую литературу и др.

Подготовка к зачету и экзамену. При подготовке к зачету и экзамену необходимо ориентироваться на конспект лекций, рекомендуемую литературу и др.

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 используется компьютерная техника для демонстрации слайдов.

При этом перечень информационных технологий включает:

- сбор, хранение, систематизация и выдача учебной и научной информации;
- обработка текстовой, графической и эмпирической информации;
- подготовка, конструирование и презентация 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.

Учебный процесс также предполагает использование следующих программ и презентаций, в т.ч.:

1. Расчет на прочность дисков турбомашин.
2. Расчет геометрических характеристик проточной части двигателя.
3. Расчет критических частот вращения однодискового ротора.
4. Электронные версии лекции по дисциплине.
5. Презентации по конструкции узлов авиационных ГТД.

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

1. Специальные помещения (в т.ч. специализированные классы двигателей, эксплуатируемых в гражданской авиации и классы ПК, размещенные на каф. ДЛА и в УИТ МГТУ ГА, с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации) для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации в аудитории (в т.ч. имеют проекционные и индивидуальные компьютерные системы с лицензионным программным обеспечением MS Office и Adobe PDF, макеты, стенды и комплекты плакатов по конструкции и ТО двигателей).

2. Электронно-библиотечная система (электронная библиотека) с доступом к библиотечному фонду и международным реферативным базам данных научных изданий с адаптацией электронных образовательных ресурсов для лиц с ограниченными возможностями здоровья.

3. Лаборатория с установками (в соответствии с перечнем ЛР) для исследований по разделу динамики элементов конструкций авиационных ГТД.