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 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине **Б1.ВД.М.2.3 Конструкция и прочность вертолётных газотурбинных 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 вертолетных ГТД» является формирование у обучаемых необходимых знаний и умений, а также привитие практических навыков в области конструкции и прочности авиационных вертолетных газотурбинных двигателей в объеме, необходимом для подготовки специалистов, осуществляющих техническое обслуживание летательных аппаратов (вертолетов) и 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-1.1.35 - принципы построения конструктивно-компоновочных и силовых схем вертолетных ГТД ;

ПК-1.1.36 - основные принципы конструирования деталей и узлов вертолетных ГТД, определяющих их надежность в эксплуатации;

ПК-1.1.39 - факторы, влияющие на техническое состояние вертолетных ГТД в процессе эксплуатации;

ПК-1.1.40 - принципы оценки технического состояния узлов вертолетных ГТД;

ПК-1.1.44 - особенности конструктивного исполнения и нагружения узлов и деталей вертолетных ГТД в эксплуатации;

ПК-1.1.45 - порядок оценки статической и динамической прочности узлов и деталей вертолетных ГТД с учетом особенностей их конструкции;

ПК-1.1.46 - основные расчетные и экспериментальные методы оценки статической и динамической прочности узлов и деталей вертолетных ГТД;

уметь:

ПК-1.2.31 - описать конструкцию двигателя вертолета и его узлов с использованием технической документации, изображений сборочных единиц и образцов авиационной техники;

ПК-1.2.32 - выполнить построение конструктивно-компоновочной и силовой схемы вертолетного ГТД, эскизное проектирование узла вертолетного ГТД;

ПК-1.2.35 - классифицировать факторы, влияющие на техническое состояние вертолетных ГТД в процессе эксплуатации;

ПК-1.2.36 - классифицировать основные неисправности узлов авиационных двигателей;

ПК-1.2.41 - выполнить оценку статической и динамической прочности вертолетных ГТД;

ПК-1.2.42 - оценить спектр собственных частот и форм колебаний конструкций вертолетных ГТД

ПК-1.2.43 - оценить критические частоты вращения роторов вертолетных ГТД;

ПК-1.2.44 - сформулировать способы обеспечению работоспособности конструкций вертолетных ГТД в эксплуатации и показать на примерах выполненных конструкций;

владеть:

ПК-1.3.21 - навыками чтения, выполнения и оформления чертежей узлов и деталей вертолетного ГТД;

ПК-1.3.23 - анализом особенностей конструкции вертолетных ГТД, оказывающих влияние на их техническое состояние;

ПК-1.3.25 - расчетными и экспериментальными методами оценки статической и динамической прочности основных элементов конструкций вертолетных ГТД с учетом особенностей их нагружения в эксплуатации и конструктивных особенностей.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Конструкция и прочность вертолетных ГТД» относится к учебным дисциплинам Б1.ВД - части, формируемой участниками образовательных отношений (модуль 2 – Техническая эксплуатация вертолетов) 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 вертолетных ГТД» 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.2.1- Конструкция и прочность вертолетов; Б1.ВД.М.2.4- Системы вертолетных ГТД; Б1.ВД.М.2.8- Управление проектами; Б1.ВД.М.2.10- Технологические процессы технического обслуживания; Б2.ОП.П.1- Практика производственная 1. Тренажерная подготовка; Б2.ВП.У.1.М.2- Практика учебная 3. Эксплуатационная практика (модуль 2); Б2.ВП.П.2.М.2- Практика производственная 3. Преддипломная практика (модуль 2).

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Раздел Дисциплины	Се-мес тр	**Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)**				**Формы текущего контроля успеваемости**
		Л	ПЗ	ЛР	СРС	
РАЗДЕЛ 1. КОНСТРУКЦИЯ ВЕРТОЛЕТНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ (ВГТД).	**4**					
Тема 1.1. Общие сведения о ВГТД.	4	**2**			**2**	
Тема 1.2. Конструктивные и силовые схемы ВГТД.	4	**2**		**4**	**4**	Защита ЛР №1
Тема 1.3. Конструкция узлов ВГТД.	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 ВГТД: усилия, расчетные схемы, допущения, общий порядок.	4	**2**			**2**	Защита ЛР №2
Тема 2.2. Статическая прочность конструкций ВГТД.	4	**10**			**6**	Защита ЛР №2-6
Тема 2.3. Колебания и динамическая прочность конструкций ВГТД.	4-5	**10**		**20**	**8**	Защита ЛР №8-12
РАЗДЕЛ 3. СИСТЕМЫ ВГТД.	**5**			**12**	**6**	Защита ЛР №13-15
РАЗДЕЛ 4. НАДЕЖНОСТЬ И КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВГТД В ЭКСПЛУАТАЦИИ. ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ ВГТД.	5	**4**	**8**		**16**	Отчет 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-1.1.35	ПК-1.1.36	ПК-1.1.39	ПК-1.1.40	ПК-1.1.44	ПК-1.1.45	ПК-1.1.46	ПК-1.2.31	ПК-1.2.32	ПК-1.2.35	ПК-1.2.36	ПК-1.2.41	ПК-1.2.42	ПК-1.2.43	ПК-1.2.44	ПК-1.3.21	ПК-1.3.23	ПК-1.3.25	*Σ кол. комп.*
РАЗДЕЛ 1. КОНСТРУКЦИЯ ВЕРТОЛЕТНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ (ВГТД).	**76**																					
Тема 1.1. Общие сведения о ВГТД.	4	+	+	+																		2
Тема 1.2. Конструктивные и силовые схемы ВГТД.	10	+	+	+																		2
Тема 1.3. Конструкция узлов ВГТД.	62	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
РАЗДЕЛ 2. СТАТИЧЕСКАЯ И ДИНАМИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ ВГТД.	**58**																					2
Тема 2.1. Расчет на прочность элементов конструкций ВГТД: усилия, расчетные схемы, допущения, общий порядок.	4	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
Тема 2.2. Статическая прочность конструкций ВГТД.	16	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	2
Тема 2.3. Колебания и динамическая прочность конструкций ВГТД.	38	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	2

РАЗДЕЛ 3. СИСТЕМЫ ВГТД.	**18**	+	+			+	+						+						+	+		2
РАЗДЕЛ 4. НАДЕЖНОСТЬ И КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГТД В ЭКСПЛУАТАЦИИ. ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧ-НОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ ВГТД.	**28**	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
Курсовой проект (КП)	**36**	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
Итого:	**216**																					*Экза-мен*

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Число часов на самостоятельную работу указано в таблице на стр.6.

РАЗДЕЛ 1. КОНСТРУКЦИЯ ВЕРТОЛЕТНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ (ВГТД).

Лекция 1. Предмет курса КиП ВГТД. 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.

Проработка лекционного материала. 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 ВГТД. Установка двигателей на вертолеты

по теме 1.2. Конструктивные и силовые схемы ВГТД.

Конструктивно-компоновочные схемы (ККС) двигателей (типы-см. тему 1.1.). Особенности ККС различных типов ВГТД. Выполнение требований работоспособности, надежности, эксплуатационной технологичности. Усилия действующие на основные элементы и узлы двигателей. Силовые схемы роторов ВГТД. Силовые схемы корпусов ВГТД. Особенности размещения силовых элементов в горячей части двигателя). Крепление двигателей на вертолетах.

Литература: [1, с.28-57;12].

Лабораторная работа №1. Основные типы ВГТД ГА, их основные параметры и области применения. Конструктивно-компоновочные и силовые схемы ВГТД. Установка двигателей на вертолеты.

Литература: [1, с.28-57; 12].

Самостоятельная работа студента.

Проработка лекционного и дополнительного материала. Подготовка к лабораторной работе №1.

Литература: [1, с.28-57; 12].

Лекция 3. Компрессоры ВГТД.

по теме 1.3.1. Компрессоры ВГТД.

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. 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 вертолетные 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 ВГТД.

Литература: [1, с.57-100;13].

Самостоятельная работа студента.

Проработка лекционного и дополнительного материала. Подготовка к лабораторной работе №2.

Литература: [1, с.57-100;13].

Лекция 4. Камеры сгорания ВГТД.

по теме 1.3.2. Камеры сгорания 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. Обеспечение пожарной безопасности ГТД. Характерные неисправности камер сгорания, их предупреждение, обнаружение и устранение.

Литература: [1, с.100-120].

Лабораторная работа №3. Камеры сгорания ВГТД.

Литература: [1, с.100-120;14].

Самостоятельная работа студента.

Проработка лекционного и дополнительного материала. Подготовка к лабораторной работе №3.

Литература: [1, с.100-120;14].

Лекция 5. Турбины ВГТД.

по теме 1.3.3. Турбины ВГТД.

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

Свободные турбины ВГТД. Особенности центростремительных турбин. Конструктивные компоновки. 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 в зависимости от режима работы двигателя. 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 ВГТД.

Литература: [1, с.120-156;16].

Самостоятельная работа студента.

Проработка лекционного и дополнительного материала. Подготовка к лабораторной работе №4.

Литература: [1, с.120-156;16].

Лекция 6. Входные и выходные устройства ВГТД.

по теме 1.3.4. Входные и выходные устройства ВГТД .

Особенности входных устройств ВГТД. Выхлопные трубы. Пылезащитные устройства ВГТД. 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 ВГТД.

Литература: [1, с.157-172;15].

Самостоятельная работа студента.

Проработка лекционного материала. Подготовка к лабораторной работе №5.

Литература: [1, с.157-172;15].

Лекция 7. Опоры роторов. Соединительные муфты.

по теме 1.3.5. Опоры роторов. Соединительные муфты.

Назначение опор. Типы подшипников, применяемых в опорах ВГТД. 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. Соединительные муфты.

Литература: [1, с.173-179;12].

Самостоятельная работа студента.

Проработка лекционного и дополнительного материала. Подготовка к лабораторной работе №6.

Литература: [1, с.173-179;12].

по теме 1.3.6. Конструктивные схемы приводов и редукторов ВГТД.

Авиационные редукторы и основные редукторы ВГТД, редукторы хвостового винта: кинематические схемы, определение передаточных чисел). Конструкция основных элементов редукторов. Материалы. Приводы агрегатов. Характерные неисправности редукторов, приводов агрегатов в эксплуатации.

Лабораторная работа №7. Приводы ВГТД. Основные редукторы двигателей и редукторы хвостового винта.

Литература: [1, с.199-220].

Самостоятельная работа студента.

Проработка материала по теме. Подготовка к лабораторной работе №7.

Литература: [1, с.199-220].

РАЗДЕЛ 2. СТАТИЧЕСКАЯ И ДИНАМИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ ВГТД.

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

по теме 2.1. Расчет на прочность элементов конструкций ВГТД (статическую): расчетные схемы, допущения, общий порядок. Расчет осевых сил, действующих на каскады двигателей.

Лекция 9-10. Статическая прочность рабочих лопаток турбокомпрессоров.

Литература: [1, с. 221-264].

по теме 2.2.Статическая прочность рабочих лопаток турбокомпрессоров.

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 2.3. Статическая прочность дисков турбокомпрессоров.

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 ВГТД.

по теме 2.4. Статическая и динамическая прочность элементов роторов и корпусов. Режимы работы для расчета на прочность и действующие нагрузки. Расчетные схемы и определение напряжений. Оценка прочности валов.

Определение напряжений в оболочках. Потеря устойчивости оболочками и проверка оболочек на устойчивость. Собственные формы колебаний оболочек. Определение собственных частот колебаний оболочки.

Литература: [1, с. 286-294].

Лекция 14. Колебания рабочих лопаток.

Лекция 15. Колебания дисков.

по теме 2.5.Колебания и динамическая прочность рабочих колес.

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

Лекция 16. Оценка динамической прочности рабочих лопаток и дисков ГТД.

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

Лабораторная работа №8 . Исследование спектра частот и форм собственных колебаний оболочек.

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

Самостоятельная работа студента.

Проработка лекционного и дополнительного материала. Подготовка к лабораторной работе №8.

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

Лабораторная работа №9 . Исследование спектра частот и форм собственных колебаний рабочих лопаток ГТД .

Литература: [1, с. 301-347;19].

Самостоятельная работа студента.

Проработка лекционного и дополнительного материала. Подготовка к лабораторной работе №9.

Лабораторная работа №10. Исследование спектра частот и форм собственных колебаний дисков.

Литература: [1, с. 301-347;8].

Самостоятельная работа студента.

Проработка лекционного материала. Подготовка к лабораторной работе №10.

Лекция 17. Критические частоты вращения однодискового ротора.

Лекция 18. Критические частоты вращения многодискового ротора.

по теме 2.6. Поперечные вибрации двигателей и критические частоты вращения их роторов.

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. 347-386;20].

Лабораторная работа №11. Исследование критических частот вращения роторов.

Литература: [1, с. 347-386;20].

Самостоятельная работа студента.

Проработка лекционного и дополнительного материала. Подготовка к лабораторной работе №11. Работа над КП.

Лабораторная работа №12. Исследование критических частот вращения ротора в системе “ротор-корпус”.

Литература: [1, с. 347-386;20].

Самостоятельная работа студента.

Проработка лекционного материала. Подготовка к лабораторной работе №12.

Литература: [1;9].

РАЗДЕЛ 3. СИСТЕМЫ ГТД.

Лекция 19. Состав систем АД и принципы конструирования систем двигателей.

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

по теме 3.1. Масляные системы ВГТД.

Лабораторная работа №13. Масляные системы ВГТД.

Самостоятельная работа студента.

Подготовка к лабораторной работе №13.

Литература: [1, с.387-418;17].

по теме 3.2. Топливные системы ВГТД.

Лабораторная работа №14. Топливные системы ГТД.

Самостоятельная работа студента.

Подготовка к лабораторной работе №14.

Литература: [1, с.418-448;18].

по теме 3.3. Пусковые системы ВГТД.

Лабораторная работа №15. Пусковые системы ВГТД.

Самостоятельная работа студента.

Подготовка к лабораторной работе №15.

Литература: [1, с.448-466;21].

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

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

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

Литература: [1, с. 466-476].

Практическое занятие №1-4. Узлы ВГТД – техническое обслуживание.

ПЗ №1-ТО компрессоров,

ПЗ №2-ТО камер сгорания,

ПЗ №3- ТО турбин,

ПЗ №4-ТО входных и выходных устройств и ППО

Литература: [5;6;7].

Самостоятельная работа студента.

Проработка лекционного и дополнительного материала. Подготовка к практическому занятию №1-4.

Литература: [5;6;7].

Тематика курсового проекта – проектирование ВГТД на базе двигателей-прототипов.

Самостоятельная работа студента.

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 ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1 Текущий контроль успеваемость

Показатели и критерии оценивания сформированности компетенций на различных этапах их формирования

<table>
<tr><th>Форма текущего контроля</th><th>Типовые контрольные задания (вопросы)</th><th>Критерии оценивания</th></tr>
<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="5">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 ВГТД.</td><td rowspan="4">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 ВГТД.</td></tr>
<tr><td>Защита ЛР №4. Турбины ВГТД.</td></tr>
<tr><td>Защита ЛР №5.</td></tr>
</table>

Входные и выходные устройства ВГТД.		
Защита ЛР №6. Опоры роторов. Соединительные муфты.		
Защита ЛР №7. Приводы ВГТД. Редукторы двигателей.		
Защита ЛР №8. Исследование спектра частот и форм собственных колебаний рабочих лопаток ВГТД	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 ?	
Защита ЛР №9. Исследование спектра частот и форм собственных колебаний дисков ВГТД	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 ВГТД. Защита ЛР №14. Топливные системы ВГТД. Защита ЛР №15. Пусковые системы ВГТД.	При защите ЛР 13-15 студент должен уметь охарактеризовать: 1.назначение системы в рамках обеспечения работы узлов ВГТД и ВГТД в целом; 2.требования к системе как составной части ГТД; 3.классификация; 4.состав системы; 5.работа типичной системы.	
Защита ПЗ №1-3. Узлы ВГТД – техническое обслуживание.	1. Формы работ по ТО ГТД назначенного типа. 2. Перечень работ по формам ТО ГТД назначенного типа по узлам.	Зачет по ПЗ ставится, если заполнены разделы журнала ПЗ, даны исчерпывающие ответы

	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.	на контрольные вопросы. Показано знание объектов конкретной авиационной техники.
Защита ПЗ №4. Типичные неисправности узлов ВГТД -виды, поиск, обнаружение, устранение, предупреждение: работа с нормативно-технической документацией, работа на образцах авиационной техники (обнаружение и оценка повреждений элементов ВГТД и т.п.).	1. Классифицируйте условия эксплуатации ГТД различных типов и их влияние на перечень типичных неисправностей. 2. Классифицируйте неисправности ГТД. 3. Способы обнаружения неиправностей. 4. Порядок устранения неисправностей. 5. Мероприятия по предупреждению типичных неисправностей.	
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? 4.Как обеспечена работоспособность турбин проектируемого двигателя? 5.Опишите порядок оценки прочности диска ротора проекттируемого двигателя и влияние на прочность режимов работы двигателя.	Знания, умения и навыки обучающихся на защите КП определяются оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». При выведении оценки комиссия руководствуется следующим общими критериями. 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.

Защита обучающимися курсового проекта проводится в часы консультаций по курсовому проектированию, установленными кафедрой.

Порядок проведения защиты КП определяется рабочей программой дисциплины. 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
По УК-1 -Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач:	«Зачет» по дисциплине принимается при выполнении следующих условий: - даны исчерпывающие и обоснованные ответы на

1. Какие электронные технические библиотеки, содержащие информацию по конструкции и эксплуатации авиационных двигателей, Вам известны? 2. Сайты каких конструкторских бюро, проектирующих ВГТД, Вам известны? 3. Выполните подбор информации по тематике в области конструкции авиационных двигателей, предложенной преподавателем. 4. Выполните подбор информации по тематике в области прочности ВГТД, предложенной преподавателем. 5. Выполните подбор информации по тематике в области надежности ВГТД, предложенной преподавателем. **По ПК-1** 1. Дать понятие конструктивно-компоновочной схемы. 2. Охарактеризуйте связь между прочностью, работоспособностью и надежностью деталей и узлов ВГТД. 3. Какие конструктивные решения позволяют обеспечить надежность рабочих лопаток компрессоров ВГТД в эксплуатации? 4. Какие технологические и производственные решения позволяют обеспечить надежность рабочих лопаток компрессоров ВГТД в эксплуатации? 5. Классифицируйте факторы, влияющие на техническое состояние ВГТД в процессе эксплуатации.	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 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
По 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 ВГТД, предложенной преподавателем. 2. Выполните подбор информации по тематике в области эксплуатационной технологичности ВГТД, 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

3. Выполните анализ и синтез информации по тематике в области конструкции ВГТД, предложенной преподавателем. 4. Выполните анализ и синтез информации по тематике в области прочности ВГТД, предложенной преподавателем. 5. Выполните анализ и синтез информации по тематике в области надежности ВГТД, предложенной преподавателем. **По ПК-1 -** Способен к организации и проведению технического и технологического обслуживания воздушных судов на всех этапах технической эксплуатации летательных аппаратов (ЛА) и двигателей: 1. Класифицируйте основные расчетные методы оценки динамической прочности узлов и деталей ВГТД. 2. Оцените расчетом и проведением эксперимента критические частоты двухопорного ротора и свяжите их и вибрации ВГТД с динамической прочностью. 3. Опишите порядок построения частотной диаграммы колебаний дисков ВГТД. 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 ВГТД.	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 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 проводится 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. Авиационный двигатель ТВ2-117А (ТВ2-117) и редуктор ВР-8А (ВР-8). Техническое описание.–М.: Машиностроение, 1976.

6. Авиационный двигатель ТВ2-117А (ТВ2-117) и редуктор ВР-8А (ВР-8). Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию.–М.: Машиностроение, 1976.

7.Журнал лабораторных и практических занятий “Конструкция и техническое обслуживание ГТД типа ТВ2-117”. (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. – 18с.

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.

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.

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:

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 ВГТД.

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 для исследований по разделу динамики элементов конструкций авиационных ГТД.