ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ ИМЕНИ ГЛАВНОГО МАРШАЛА АВИАЦИИ А.А. НОВИКОВА»

УТВЕРЖДАЮ
Ректор
_____ Ю.Ю. Михальчевский
«_30_» _____ 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Конструкция и прочность авиационных двигателей

Специальность
25.05.05 Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения

Специализация
«Организация технического обслуживания и ремонта воздушных судов»

Квалификация выпускника
инженер

Форма обучения
очная

Санкт-Петербург
2023

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Конструкция и прочность авиационных двигателей» являются формирование знаний, умений и навыков для успешной профессиональной деятельности в области организации технического обслуживания и ремонта ВС, в части, связанной с вопросами конструкции и прочности авиационных двигателей в объеме, требуемом для подготовки специалистов осуществляющих техническое обслуживание и ремонт отечественной и зарубежной авиационной техники в гражданской авиации.

Задачами освоения дисциплины «Конструкция и прочность авиационных двигателей» являются формирование знаний, умений и навыков для самостоятельного решения вопросов прочности конструкции авиационных двигателей в объеме, требуемом для подготовки специалистов осуществляющих техническое обслуживание и ремонт отечественной и зарубежной авиационной техники в гражданской авиации.

Дисциплина обеспечивает подготовку обучающегося к решению задач профессиональной деятельности эксплуатационно-технологического типа.

2. Место дисциплины в структуре ОПОПВО

Дисциплина «Конструкция и прочность авиационных двигателей» представляет собой дисциплину, относящуюся к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 Дисциплины (модули).

Данная дисциплина базируется на результатах обучения, полученных при изучении дисциплин: «Основы авиации»,«Основы технологии ремонта», «Аэродинамика и динамика полета», «Системы воздушных судов и авиационных двигателей», «Гидравлика», «Теория авиационных двигателей», «Компоненты жидкостных систем воздушных судов», «Методы и средства исследований авиационной техники», «Теория автоматического управления», «Автоматизированные системы управления», «Теория технической эксплуатации авиационной техники», «Конструкция и прочность воздушных судов».

Дисциплина «Конструкция и прочность авиационных двигателей» является обеспечивающей для дисциплин: «Горюче-смазочные материалы и специальные жидкости», «Средства контроля технического состояния авиационной техники», «Автоматика управления авиационными двигателями», «Конструкция и техническое обслуживание самолета (типа)», «Конструкция и техническое обслуживание вертолёта (типа)». «Методы и средства диагностирования авиационной техники».

Дисциплина «Конструкция и прочность авиационных двигателей» изучается в 7 и 8 семестрах.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины «Конструкция и прочность авиационных двигателей» направлен на формирование следующих компетенций:

Перечень и код компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-6	Способен понимать сущность процессов, протекающих в механизмах, агрегатах, системах и конструктивных элементах воздушных судов для осуществления контроля и анализа их состояния, прогнозировать и организовывать выполнение комплекса работ по их восстановлению
$ИД^{2}_{ПК6}$	Анализирует процессы, протекающие в механизмах, агрегатах, системах и конструктивных элементах воздушных судов и авиационных двигателей, систем и конструктивных элементов воздушных судов и авиационных двигателей

Планируемые результаты изучения дисциплины:

Знать:

- как влияют процессы, протекающие в механизмах, агрегатах, системах и конструктивных элементах воздушных судов на работоспособность авиационных двигателей.

Уметь:

- анализировать процессы авиационных двигателей, систем и конструктивных элементов воздушных судов и авиационных двигателей на уровень надежности.

Владеть:

- методами восстановления работоспособности конструктивных элементов авиационных двигателей.

4 Объем дисциплины и виды учебной нагрузки

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 академических часа.

Наименование	Всего часов	семестр	
		7	8

Общая трудоемкость дисциплины	252	108	144
Контактная работа:	123	66,5	56,5
Лекции	60	28	32
практические занятия	52	24	28
Семинары	-	-	-
лабораторные работы	4	-	4
курсовой проект	4	4	-
Самостоятельная работа студента	87	43	44
Промежуточная аттестация	45	9	36
контактная работа	3	0,5	2,5
Самостоятельная работа по подготовке к зачету с оценкой и экзамену	42	8,5	33,5

5 Содержание дисциплины

5.1 Соотнесения тем дисциплины и формируемых компетенций

Темы, дисциплины	Количество часов	Компетенции	Образовательные технологии	Оценочные средства
		ОК-6		
7 семестр				
Тема 1. Общие сведения о конструкции авиационных газотурбинных двигателей.	26	+	ВК, Л, ПЗ, СРС, КРП	УО, Д
Тема 2. Конструктивно-компоновочные и силовые схемы ГТД различного назначения.	26	+	Л, ПЗ, СРС, РКС	УО, Д, РЗ, СЗ
Тема 3. Статические нагрузки, действующие на основные узлы авиационных ГТД.	28	+	Л, ПЗ, СРС, РКС	УО, Д, РЗ, СЗ
Тема 4. Основы теории прочности деталей ГТД.	28	+	Л, ПЗ, СРС, РКС	УО, Д, РЗ, СЗ
Тема 5. Статическая прочность рабочих лопаток авиационных ГТД.	27	+	Л, ПЗ, СРС, РКС	УО, Д, РЗ, СЗ, ЗКРП

Темы, дисциплины	Количество часов	Компетенции	Образовательные технологии	Оценочные средства
		ОК-6		
Итого за семестр 7	135			
Промежуточная аттестация за 7 семестр	9			
Всего за семестр 7	144			
8 семестр				
Тема 6. Статическая прочность дисков и дисковых элементов роторов ГТД	28	+	Л, ПЗ, СРС, РКС	УО, Д, РЗ, СЗ
Тема 7. Динамическая прочность рабочих лопаток и дисков	28	+	Л, ПЗ, ЛР, СРС, РКС	УО, Д, РЗ, СЗ
Тема 8. Критические частоты вращения и балансировка роторов	26	+	Л, ПЗ, СРС, РКС	УО, Д, РЗ, СЗ
Тема 9. Конструкция и прочность статоров авиационных ГТД	27	+	Л, ПЗ, СРС, РКС	УО, Д, РЗ, СЗ
Тема 10. Конструкция и прочность реверсивных устройств	26	+	Л, ПЗ, СРС, РКС	УО, Д, РЗ, СЗ, КР
Итого за 8 семестр	135			
Промежуточная аттестация 8 семестр	9			
Всего за 8 семестр	144			
Всего по дисциплине	252			

Сокращения: Л − лекция, ПЗ − практическое занятие, СРС − самостоятельная работа студента, ВК − входной контроль, УО – устный опрос, Д – доклад, РКС – разбор конкретной ситуации, СЗ – ситуационная задача, РЗ –

расчетная задача, КР – контрольная работа, КРП – курсовой проект, ЗКРП – защита курсового проекта.

5.2 Темы дисциплины и виды занятий

Наименование темы дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	КП	Всего часов
7 семестр						
Тема 1. Общие сведения о конструкции авиационных газотурбинных двигателей.	6	6	-	10	-	22
Тема.2. Конструктивно-компоновочные и силовые схемы ГТД различного назначения.	6	6	-	10	2	24
Тема 3. Статические нагрузки, действующие на основные узлы авиационных ГТД.	6	6	-	10	2	24
Тема 4. Основы теории прочности деталей ГТД.	6	4	-	8	-	18
Тема 5. Статическая прочность рабочих лопаток авиационных ГТД.	4	2	-	5	-	11
Итого за семестр 7	28	24		43	4	99
Промежуточная аттестация						9
Всего за 7 семестр						108
8 семестр						
Тема 6. Статическая прочность дисков и дисковых элементов роторов ГТД.	6	6	-	10	-	22
Тема 7. Динамическая прочность рабочих лопаток и дисков.	6	6	4	10	-	24
Тема 8. Критические частоты вращения и балансировка роторов.	6	6	-	10	-	24
Тема 9. Конструкция и прочность реверсивных устройств.	6	6	-	10	-	22
Тема 10. Конструкция и прочность статоров авиационных ГТД.	8	4	-	4	-	16
Итого за 8 семестр	32	28	4	44	-	108
Промежуточная аттестация						36
Всего за 8 семестр						144
Итого по дисциплине	60	52		87	4	203
Всего по дисциплине						252

Сокращения: Л − лекция, ПЗ − практическое занятие, СРС − самостоятельная работа студента, ЛР – лабораторная работа, КП – курсовой проект.

5.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Общие сведения о конструкции авиационных газотурбинных двигателей.

Краткая история и причины создания авиационных ГТД. Российские и зарубежные разработчики двигателей. Наиболее удачные двигатели, выпускавшиеся массовыми сериями.

Тема 2. Конструктивно-компоновочные и силовые схемы ГТД различного назначения.

Типовые конструктивно-компоновочные и силовые схемы авиационных ГТД различных типов: ТРД, ТРДД, ТВД, ТВВД, ТВаД, ГТД вспомогательных силовых установок. Принцип модульности конструкции двигателей. Примеры удачных конструктивно-компоновочных решений, их влияние на трудоемкость технического обслуживания в процессе эксплуатации. Современные тенденции совершенствования конструктивного облика и улучшения характеристик авиационных ГТД.

Тема 3. Статические нагрузки, действующие на основные узлы авиационных ГТД.

Оценивание статических нагрузок, действующих на: участок проточного газо-воздушного тракта, входное устройство, осевой компрессор, камеру сгорания, реактивное сопло. Силовое взаимодействие основных узлов ГТД. Гироскопические моменты, действующие на роторы. Формирование тяги в ТРД, ТРДД, ТВД (ТВВД).

Тема 4. Основы теории прочности деталей ГТД.

Основные положения теории прочности. Концепция представления конструкционного материала как сплошной среды. Понятие нормального и касательного напряжений. Закон Роберта Гука в одно-, двух-и трёхмерном случае. Диаграммы растяжения для конструкционных материалов, применяемых в авиационном двигателестроении. Предел статической длительной прочности конструкционного материала. Действующие и допустимые напряжения. Условие и запас прочности. Особенности применения теории прочности к деталям из композиционных материалов.

Тема 5. Статическая прочность рабочих лопаток авиационных ГТД.

Варианты конструктивного исполнения рабочих лопаток и их крепления к дискам роторов. Статические нагрузки, действующие на рабочие лопатки компрессоров и турбин авиационных ГТД. Расчет действующих напряжений и распределения коэффициента запаса прочности по высоте рабочей лопатки. Конструктивные мероприятия, направленные на повышение прочности рабочих

лопаток. Основные правила летной и технической эксплуатации, способствующие сохранению статической прочности рабочих лопаток.

Тема 6. Статическая прочность дисков и дисковых элементов роторов ГТД.

Варианты конструктивного исполнения дисков и дисковых элементов роторов авиационных ГТД. Статические нагрузки, действующие на диски. Расчет действующих напряжений и коэффициента запаса прочности тонкого диска. Использование метода конечных элементов для расчетов распределения напряжений в реальном диске, в том числе и с учетом его пластических деформаций. Конструктивные и эксплуатационные мероприятия, направленные на обеспечение статической прочности дисков и дисковых элементов авиационных ГТД.

Тема 7. Динамическая прочность рабочих лопаток и дисков.

Причины возникновения колебаний рабочих лопаток и дисков. Основы теории колебаний. Собственные колебания простейшей системы без трения. Собственные колебания простейшей системы с силой трения, пропорциональной скорости колебаний. Вынужденные колебания простейшей системы с трением. Коэффициент динамичности. Явление резонанса. Собственные частоты и формы колебаний реальных лопаток и дисков. Частотные диаграммы.

Тема 8. Критические частоты вращения и балансировка роторов.

Понятие о критической частоте вращения роторов. Определение критической частоты вращения простейшего однодискового ротора.Гибкие и жесткие роторы. Многодисковые роторы. Упругие и упруго-демпферные опоры роторов. Статическая и динамическая балансировка роторов. Многороторные авиационные ГТД как сложные колебательные системы, вибрации элементов ГТД. Конструктивные и эксплуатационные методы снижения вибраций, обусловленных дисбалансами роторов.

Тема 9. Конструкция и прочность статоров авиационных ГТД.

Типы силовых корпусов, конструктивные особенности элементов статоров. Нагрузки, действующие на элементы статоров. Статическая и динамическая прочность статоров. Конструктивные мероприятия, направленные на обеспечение прочности статоров.

Тема 10. Конструкция и прочность реверсивных устройств.

Классификация и конструктивные особенности реверсивных устройств различных типов. Характеристики реверсивных устройств. Области рационального применения реверсивных устройств ковшового и решетчатого типов. Нагрузки, действующие на элементы реверсивных устройств, требования к их прочности. Типовые неисправности реверсивных устройств, обусловленные потерей прочности их элементов.

5.4 Практические занятия

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоем-кость (часы)
7 семестр		
1	Практическое занятие. Общие сведения о конструкции авиационных газотурбинных двигателей	6
2	Практическое занятие. Конструктивно-компоновочные и силовые схемы ГТД различного назначения.	6
3	Практическое занятие. Статические нагрузки, действующие на основные узлы авиационных ГТД.	6
4	Практическое занятие. Основы теории прочности деталей ГТД	4
5	Практическое занятие. Статическая прочность рабочих лопаток авиационных ГТД.	2
Итого за семестр 7		24
8 семестр		
6	Практическое занятие. Статическая прочность дисков и дисковых элементов роторов ГТД	6
7	Практическое занятие. Динамическая прочность рабочих лопаток и дисков.	6
8	Практическое занятие. Критические частоты вращения и балансировка роторов	6
9	Практическое занятие. Конструкция и прочность статоров авиационных ГТД	6
10	Практическое занятие. Конструкция и прочность реверсивных устройств.	4
Итого за семестр 8		28
Итого по дисциплине		52

5.5 Лабораторный практикум

Наименование этапа выполнения курсового проекта	Трудоемкость (часы)
Лабораторная работа 1. Динамическая прочность рабочих лопаток и дисков.	4
Итого за семестр:	4
Итого по дисциплине:	4

Динамическая прочность рабочих лопаток и дисков.

5.6 Самостоятельная работа

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
7 семестр		
1	Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе. Подготовка к устному опросу, докладу Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов: - Краткая история и причины создания авиационных ГТД. Российские и зарубежные разработчики двигателей [1-27]. Ознакомление с темой КП	10
2	Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе. Подготовка к устному опросу, докладу, решению ситуационных и расчетных задач. Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов: - Принцип модульности конструкции двигателей [1-27]. Выполнение КП	10
3	Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе. Подготовка к устному опросу, докладу, решению ситуационных и расчетных задач. Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов: -Силовое взаимодействие основных узлов	10

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
	ГТД.Гироскопические моменты, действующие на роторы. Формирование тяги в ТРД, ТРДД, ТВД (ТВВД)[1-27]. Выполнение КП	
4	Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе. Подготовка к устному опросу, докладу, решению ситуационных и расчетных задач. Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов: - Предел статической длительной прочности конструкционного материала. Действующие и допустимые напряжения. Условие и запас прочности [1-27]. Выполнение и оформление КП	10
5	Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе. Подготовка к устному опросу, докладу, решению ситуационных и расчетных задач. Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов: - Основные правила летной и технической эксплуатации, способствующие сохранению статической прочности рабочих лопаток [1-27]. Защита КП	3
Итого за семестр 7		43
8 семестр		
6	Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе. Подготовка к устному опросу, докладу, решению ситуационных и расчетных задач. Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов: - Конструктивные и эксплуатационные мероприятия, направленные на обеспечение статической прочности дисков и дисковых элементов авиационных ГТД [1-27].	10
7	Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе. Подготовка к устному опросу, докладу, решению ситуационных и расчетных задач.	10

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
	Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов: - Вынужденные колебания простейшей системы с трением. Коэффициент динамичности. Явление резонанса [1-27].	
8	Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе. Подготовка к устному опросу, докладу, решению ситуационных и расчетных задач. Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов: - Многодисковые роторы. Упругие и упруго-демпферные опоры роторов. Статическая и динамическая балансировка роторов [1-27].	10
9	Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе. Подготовка к устному опросу, докладу, решению ситуационных и расчетных задач. Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов: -Конструктивные мероприятия, направленные на обеспечение прочности статоров [1-27].	10
10	Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе. Подготовка к устному опросу, докладу, решению ситуационных и расчетных задач. Подготовка к контрольной работе. Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов: -Нагрузки, действующие на элементы реверсивных устройств, требования к их прочности [1-27].	4
Итого за 8 семестр		44
Итого по дисциплине		87

5.7 Курсовые работы (проект)

Наименование этапа выполнения курсового проекта	Трудоемкость (часы)
Этап 1. Выдача задания на курсовой проект «Анализ прочности рабочей лопатки первой ступени турбины ГТД».	2
Этап 2. Выполнение раздела «Расчет прочности рабочей лопатки первой ступени турбины при действии статических нагрузок на взлетном режиме работы двигателя в условиях, соответствующих исходным данным. Определение наиболее слабого, с точки зрения прочности, сечения детали».	СРС
Этап 3. Оформление курсового проекта	
Защита курсового проекта	2
Итого по курсовому проекту:	4

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1 Медведев, А.Н. **Конструкция воздушных судов.ч. 1. Планер**: Уч. пособие/ Университет ГА. С.-Петербург, 2018. – 462 с. – ISBN 978-5-6041020-0-8, Кол.экз. 150

2 Медведев, А.Н. **Конструкция воздушных судов.ч. 2. Системы и оборудование воздушных судов**: Уч. пособие/ Университет ГА. С.-Петербург, 2018. – 399 с. – ISBN 978-5-6041020-2-2, Кол.экз. 150.

3 Малинин Н.Н. **ПРОЧНОСТЬ ТУРБОМАШИН 2-е изд.**, испр. и доп. Учебное пособие для бакалавриата и магистратуры. – СПб.: Юрайт. – 2018 г. – 294 с. - ISBN: 978-5-534-05333-3. Режим доступа: https://biblio-online.ru/viewer/prochnost-turbomashin-415959#/, свободный (дата обращения 20.01.2020).

4 Погорелов В. И. **БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ: НАГРУЗКИ И НАГРЕВ 2-е изд**., испр. и доп. Учебное пособие для СПО. – СПб.: Юрайт. – 2018 г. -191 с. - ISBN: 978-5-534-10061-7. Режим доступа: https://biblio-online.ru/viewer/bespilotnye-letatelnye-apparaty-nagruzki-i-nagrev-429257#page/1, свободный (дата обращения 20.01.2020).

5 Погорелов В. И. **БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ: НАГРУЗКИ И НАГРЕВ 2-е изд**., испр. и доп. Учебное пособие для вузов. – СПб.: Юрайт. – 2018 г. -191 с. - ISBN: 978-5-534-07627-1. Режим доступа: https://biblio-online.ru/viewer/bespilotnye-letatelnye-apparaty-nagruzki-i-nagrev-423480#page/1, свободный (дата обращения 20.01.2020).

б) дополнительная литература:

6 Капралов, В. М., Захаров В. И. **Конструкция и прочность авиационных двигателей: Методические указания по изучению курса и**

выполнению лабораторной работы № 1. − СПб.: СПбГУ ГА, 2011. – 25 с. – ISBN отсутствует. Количество экземпляров 290

7 Капралов, В.М., Захаров В.И. **Конструкция и прочность авиационных двигателей: Методические указания по изучению курса и выполнению лабораторной работы № 2.** - СПб.: СПбГУ ГА, 2011. – 18 с. – ISBN отсутствует. Количество экземпляров 290

8 Лозицкий, Л.П., Ветров А.Н., Дорошко С.М. и др**. Конструкция и прочность авиационных газотурбинных двигателей** – М.: Воздушный транспорт, 1992. – 536 с. – ISBN отсутствует .Количество экземпляров 50

9 Хронин, Д.В. К**олебания в двигателях летательных аппаратов**: Учебник для студентов авиационных специальностей высших учебных заведений. – М.: Машиностроение, 1980. – 296 с. ISBN- 978-00-1327287-0 Количество экземпляров 52

10 Ахметзянова, А.М. **Проектирование авиационных ГТД.** Учебное пособие. 1987. – 228 с. – ISBN отсутствует .Количество экземпляров 53

11 Макаров, Н. В. **Конструкция и эксплуатация авиационных двигателей, воздушных судов и авиационные материалы**: Методические указания к выполнению I части курсового проекта «Авиационные двигатели». – Л.: ОЛАГА, 1990. − 23 с. – ISBN отсутствует. Количество экземпляров 627

12 **Конструкция и прочность авиационных двигателей:** Метод .указ. по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы и курсового проекта Для студентов ФАИТОП очной и заочной формы обучения Специальности 25.05.05 «Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения» специализации «Организация технического обслуживания и ремонта воздушных судов» / Глазков А.С., сост. - СПб. : ГУГА, 2022. - 42с. ISBN – отсутствует. Количество экземпляров 50.

13 **Авиатранспортное обозрение** [Текст] : Air transport observer : журнал / учредитель и издатель: А.Б.Е. Медиа. - Москва : А.Б.Е. Медиа, 1996-. - 27 см.; ISSN 1991-6574 (подписка с 2008).

14 **Крылья Родины** : ежемесячный национальный авиационный журнал. - Москва: ООО "Редакция журнала "**Крылья Родины**", 1950-.; ISSN 0130-2701 (подписка с 2008).

15 **Авиация** и **космонавтика вчера**, **сегодня**, **завтра** [Текст] : научно-популярный журнал / учредитель: Бакурский Виктор Александрович, Военно-Воздушные Силы России, Лепилкин Андрей Викторович. - Москва : Техинформ, 1997-. - 29 см.; ISSN 1682-7759 (подписка с 2008).

16 **Транспорт: наука, техника, управление:** научный информационный сборник / учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН). - Москва : ВИНИТИ, 1990-. - 28 см.; ISSN 0236-1914 (2022).

17 **Проблемы безопасности полетов :** научно-технический журнал / учредители: Российская академия наук, Всероссийский институт научной и

технической информации (ВИНИТИ). - Москва : ВИНИТИ, 1989-. - 21 см.; ISSN 0235-5000 (2022).

18 **Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. Серыя 6. Тэхніка:** журнал / учредитель и издатель: Гродненский государственный университет имени Янки Купалы. -Гродно : Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, 2009- ISSN 2223-5396 (2022). Режим доступа: https://e.lanbook.com/journal/3350?category=931 , свободный (дата обращения 09.03.2023).

19 **Вестник Таджикского национального университета. Серия Естественных Наук / Паёми Донишгоњи миллии тољикистон. Бахши Илмњои Табиї** : журнал / учредитель и издатель: Таджикский национальный университет. -Душанбе: Таджикский национальный университет, 1990-. ISSN 2413-452X (2015-2020). Режим доступа: https://e.lanbook.com/journal/2429?category=917 , свободный (дата обращения 09.03.2023).

20 **Наука и техника:** международный научно-технический журнал / учредитель и издатель: Белорусский национальный технический университет. -Минск: Белорусский национальный технический университет, 2002-. ISSN 2227-1031 (2018-2022). Режим доступа: https://e.lanbook.com/journal/2418?category=917 , свободный (дата обращения 09.03.2023).

21 **ҚазҰТУ Хабаршысы / Вестник Казахского национального технического университета им. К.И. Сатпаева**: журнал / учредитель и издатель: Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева. - Алматы : Казахский национальный технический университет, 1994-. ISSN 1680-9211 (2015). Режим доступа: https://e.lanbook.com/journal/2565?category=917 , свободный (дата обращения 09.03.2023).

22 **Vojnotehnicki glasnik / Military Technical Courier / Военно-технический вестник**: мультидисциплинарный научный журнал / учредитель и издатель : Университет обороны в г. Белград. - Белград : Университет обороны в г. Белград, 1953-. ISSN 0042-8469 (2013-2022). Режим доступа: https://e.lanbook.com/journal/2490?category=931, свободный (дата обращения 09.03.2023).

в) перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

23 **Административно-управленческий портал** [Электронный ресурс] − Режим доступа: URL: http://www.aup.ru/, свободный (дата обращения 20.01.2020).

24 ОК 010-2014 (МСКЗ-08). **Общероссийский классификатор занятий.** Принят и введен в действие Приказом Росстандарта от 12.12.2014 N 2020-ст [Электронный ресурс] − Режим доступа:

https://www.consultant.ru/law/hotdocs/42307.html, свободный (дата обращения 20.01.2020).

г) программное обеспечение (лицензионное и свободно распространяемое), базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

25 **Консультант Плюс.** Официальный сайт компании [Электронный ресурс] − Режим доступа: URL: http://www.consultant.ru/, свободный (дата обращения 20.01.2020).

26 **Электронная библиотека научных публикаций «eLIBRARY.RU»** [Электронный ресурс] − Режим доступа: URL: http://elibrary.ru/, свободный.

27 **Электронно-библиотечная система издательства «Лань»** [Электронный ресурс] − Режим доступа: URL: http://e.lanbook.com/, свободный.

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование дисциплины	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
Конструкция и прочность авиационных двигателей	МИС *(Моторно-испытательная станция)* (Учебно-производственные мастерские:	1.Авиационный двигатель АИ-25 (ремфонд) 2. Авиационный двигатель ТВ-2-117 (ремфонд) 3. Авиационный двигатель ГТД-350 (ремфонд) 4. Дефектоскоп Томографик УД-4ТМ 5. Редуктор для стенда турбовального двигателя тв2-117 (ремфонд) 6.	Adobe Acrobat Reader DC (freeware) Kaspersky Endpoint Security 10 (лицензия № 0AFE-180731-132011-783-1390) MicrosoftOffice Профессиональный плюс 2007 (лицензия № 43471843 от 07 февраля 2008 года) Opera (freeware) Google Chrome (freeware) DAEMON Tools Lite (freeware) WinRAR 3.9 (лицензияна Spb State University of Civil Aviation) Windows 7 (лицензия № 46231032 от 4 декабря 2009 года) Драйвера и ихкомпоненты. Adobe Acrobat Reader

		Виртуальный учебный комплекс «Тренажер проведения оперативных форм ТО с верт. МИ-8МТВ» 7. Виртуальный учебный комплекс «Техн. эксплуатация самолета Sukhoi Superjet 100» 8. Октанометр – индикатор ПЭ7300 (ремфонд) 8 Верстак столярный 10 шт. 9. Монитор 17” Acer AL 1716 A s 10. Установка на базе двигателя АИ-25 11. Установка на базе двигателя ТА-6 12. Изделие АИ-9 13. Измеритель вибрации ИВ-300 14. Главный редуктор ВР-2 (1976) (00-000000000000191) 15. Главный редуктор ВР-8 (1992) (00-000000000000192) 16. Двигатель(00-000000000000189) 17.	DC (freeware) Adobe Flash Player (freeware) Kaspersky Endpoint Security 10 (лицензия № 0AFE-180731-132011-783-1390) K-Lite Mega Codec Pack (freeware) MicrosoftOffice Профессиональный плюс 2007 (лицензия № 43471843 от 07 февраля 2008 года) Mozilla Firefox (MPL/GPL/LGPL) Ultra-Defrag 7.0.2 (GNU GPL 2) Unchecky (freeware) DAEMON Tools Lite (freeware) Opera (freeware) WinRAR 3.9 (лицензиянаSpb State University of Civil Aviation) Windows 7 (лицензия № 46231032 от 4 декабря 2009 года) Adobe Acrobat Reader XI (freeware) Adobe Flash Player (freeware) Kaspersky Endpoint Security 10 (лицензия № 0AFE-180731-132011-783-1390) K-Lite Mega Codec Pack (freeware) MicrosoftOffice Профессиональный плюс 2007 (лицензия № 43471843 от 07 февраля 2008 года) ABBYY FineReader 10 CorporateEditional (лицензия № AF10 3S1V00 102 от 23 декабря 2010 года) WinRAR 3.9

		Двигатель(00-000000000000188) 18. Двигатель(00-000000000000187) 19. Двигатель (00-000000000000190)	(лицензияна Spb State University of Civil Aviation) WindowsXP (лицензия № 43471843 от 07 февраля 2008 года)

8 Образовательные и информационные технологии

Реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий, на основе современных информационных и образовательных технологий, что, в сочетании с внеаудиторной работой, приводит к формированию и развитию профессиональных компетенций обучающихся. Это позволяет учитывать, как исходный уровень знаний студентов, так и существующие методические, организационные и технические возможности обучения.

В процессе преподавания дисциплины «Конструкция и прочность авиационных двигателей» используются классические формы обучения: лекции, практические занятия (доклады, устные опросы, контрольная работа. решение расчетных и ситуационных задач), курсовойпроект, самостоятельная работа студента.

В рамках изучения дисциплины предполагается использовать следующие образовательные технологии.

Входной контроль предназначен для выявления уровня усвоения компетенций обучающимся, необходимых перед изучением дисциплины

Традиционная лекция составляет основу теоретического обучения в рамках дисциплины и направлена на систематизированное изложение накопленных и актуальных научных знаний. Лекция предназначена для изучения конструкции и технической эксплуатации систем воздушных судов и авиационных двигателей. На лекции концентрируется внимание обучающихся на наиболее сложных и узловых вопросах, стимулируется их активная познавательная деятельность.

В ходе проблемной лекции преподаватель включает в процесс изложения материала серию проблемных вопросов. Как правило, это сложные, ключевые для темы вопросы. Студенты приглашаются для размышлений и поиску ответов на них по мере их постановки. Типовая структура проблемной лекции включает: создание проблемной ситуации через постановку учебной проблемы; конкретизацию этой проблемы, выдвижение гипотез по ее решению;

мысленный эксперимент по проверке выдвинутых гипотез; проверку сформулированных гипотез, подбор аргументов и фактов для их подтверждения; формулировку выводов; подведение к новым противоречиям или перспективам изучения последующего материала; вопросы для обратной связи, помогающие корректировать умственную деятельность студентов на лекции. В ходе проблемной лекции проводится дискуссия по актуальным вопросам.

Практические занятия по дисциплине проводятся в соответствии с учебно-тематическим планом по отдельным группам. Цель практических занятий– закрепить теоретические знания, полученные обучающимися на лекциях и в результате самостоятельного изучения соответствующих разделов рекомендуемой литературы, а также приобрести знания о конструкции и прочности авиационных двигателей. Практическое занятие предназначено для более глубокого освоения и анализа тем, изучаемых в рамках данной дисциплины.

Практические задания выполняются в целях практического закрепления теоретического материала, излагаемого на лекции, отработки навыков использования пройденного материала. Выполнение докладов, решение расчётных и ситуационных задач предполагает исследование актуальных проблем в области конструкции и прочности авиационных двигателей.

Главной целью практического занятия является индивидуальная, практическая работа каждого обучающегося, направленная на формирование у него компетенций, определенных в рамках дисциплины «Конструкция и прочность авиационных двигателей». Это позволяет сформировать у студентов систему знаний, умений и навыков по методике использования Интернет-ресурсов в процессе обучения; активизировать на практических занятиях деятельность студентов.

Также в качестве элемента практической подготовки применяется разбор конкретной ситуации, используемый на практических занятиях и заключающийся в постановке перед студентами расчётных и ситуационных задач с целью достижения планируемых результатов в части умения анализировать процессы, протекающие в механизмах, агрегатах, системах и конструктивных элементах авиационных двигателей.

Самостоятельная работа студента является составной частью учебной работы. Ее основной целью является формирование навыка самостоятельного приобретения знаний по некоторым не особо сложным вопросам теоретического курса, закрепление и углубление полученных знаний, самостоятельная работа с IT-технологиями, справочниками, периодическими изданиями и научно-популярной литературой, в том числе находящимися в глобальных компьютерных сетях. Самостоятельная работа подразумевает подготовку к решению расчётных и ситуационных задач, выполнение докладов, подготовку к устному опросу и выполнение курсового проекта. Контроль выполнения заданий, выносимых на самостоятельную работу, осуществляет

преподаватель. Защита курсового проекта – конечный продукт, который позволяет оценить умения и навыки обучающегося, самостоятельное применение знаний и ориентирования в информационном пространстве, а также уровень сформированности навыков практического и творческого мышления.

9 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Уровень и качество знаний, обучающихся оцениваются по результатам входного контроля, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в виде зачет с оценкой.

Устный опрос осуществляется для оценки уровня остаточных знаний путём проведения устного или письменного опроса.

Доклад − продукт самостоятельной работы обучающегося, являющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы. Доклад выполняется в письменном виде и проводится на практических занятиях. Перечень вопросов определяется уровнем подготовки учебной группы, а также индивидуальными особенностями обучающихся.

Курсовой проект выполняется в соответствии с методическими указаниям по выполнению курсового проекта с целью закрепления студентом теоретических знаний и практических навыков, которые позволяют научно обоснованно и технически грамотно осуществлять техническую эксплуатацию воздушных судов, формировать сознательное и творческое отношения к выполнению требований, содержащихся в документах, регламентирующих техническую эксплуатацию.

Расчетные задачи, ситуационные задачи, контрольная работа и темы курсового проекта носят практико-ориентированный характер, используются в рамках практической подготовки с целью оценки формирования, закрепления, развития практических навыков.

Зачет с оценкой и экзамен - заключительный контроль, оценивающий уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины.

Аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в виде зачета с оценкой в 7 и экзамена в 8 семестре. Зачет с оценкой и экзамен позволяет оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины. Зачет с оценкой и экзамен предполагает ответ на вопросы из перечня вопросов, вынесенных на зачет с оценкой. К моменту сдачи зачет с оценкой и экзамена должны быть благополучно пройдены предыдущие формы контроля. Методика формирования результирующей оценки в обязательном порядке учитывает

активность студентов на занятиях, посещаемость занятий, оценки за практические работы, выполнение самостоятельных заданий.

9.1 Балльно-рейтинговая оценка текущего контроля успеваемости и знаний студентов

Не применяется.

9.2 Методические рекомендации по проведению процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Устный опрос оценивается следующим образом:

«зачтено»: обучающийся дает ответ на поставленный вопрос по существу и правильно отвечает на уточняющие вопросы;

«не зачтено»: обучающийся отказывается отвечать на поставленный вопрос, либо отвечает на него неверно и при формулировании дополнительных (вспомогательных) вопросов.

Контрольная работа:

«зачтено»: работа зачитывается в том случае, если задание выполнено полностью, в соответствии с поставленными требованиями и сделаны необходимые выводы;

«не зачтено»: работа не зачитывается в том случае, если обучающийся не выполнил задания, или результат выполнения задания не соответствует поставленным требованиям, а в заданиях и (или) ответах имеются существенные ошибки.

Расчетные и ситуационные задачи, доклад:

«зачтено»: задание выполнено полностью, в соответствии с поставленными требованиями и сделаны необходимые выводы;

«не зачтено»: в том случае, если обучающийся не выполнил задания, или результат выполнения задания не соответствует поставленным требованиям, а в заданиях и (или) ответах имеются существенные ошибки.

На момент промежуточной аттестации студент должен получить «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно» за участие в по крайней мере в 50 % устных опросов, «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно» за выполнение контрольной работы, «зачтено» за выполнение расчётных и ситуационных задач и докладов по всем темам, для которых они предусмотрены.

9.3 Темы курсовых работ (проектов) по дисциплине

Курсовой проект: «Анализ прочности рабочей лопатки первой ступени турбины ГТД». Целью курсового проекта является сделать заключение о

выполнении или о невыполнении условия прочности рабочей лопатки первой ступени турбины при действии статических нагрузок на взлетном режиме работы двигателя в условиях, соответствующих исходным данным. Кроме того, в случае выполнения условия прочности необходимо определить наиболее слабое, с точки зрения прочности, сечение детали. (работа выполняется по вариантам, указанным в «Методических указаниях к выполнению I части курсового проекта «Авиационные двигатели» п.6 «а». [1].

Исходные данные для выполнения курсового проекта определяются исходя из номера зачетной книжки студента или порядкового номера студента по правилам, изложенным в методических указаниях по выполнению курсовой работы.

9.4 Контрольные вопросы для проведения входного контроля остаточных знаний по обеспечивающим дисциплина

Горюче-смазочные материалы и специальные жидкости

1 Введение. Термины и определения.
2 Нефть и ее переработка
3 Энергетические характеристики топлив
4 Топлива для газотурбинных двигателей

Средства контроля технического состояния авиационной техники

1 Инструментальный контроль технического состояния авиационной техники.

2 Трибодиагностика. Оборудование для атомно-эмиссионного, атомно-абсорбционного и рентгено-флюоресцентного методов спектрального анализа.

3 Средства визуально-оптического контроля технического состояния авиационной техники.

4 Средства капиллярного контроля.

Автоматика управления авиационными двигателями

1 Системы автоматического управления (регулирования) авиационных газотурбинных силовых установок (АГТСУ)

2 Управление авиационными ГТД. Упрощенная схема системы управления двигателем и подачей топливом

3 Эволюция развития и основные задачи САУ (САР) двигателем и подачей топлива

4 Программы управления (регулирования) САУ (САР) двигателем и подачей топлива

Конструкция и техническое обслуживание самолета (типа)

1 Система кондиционирования и противообледенительная система (АТА21 АТА30)

2 Система управления самолетом и система шасси (ATA27 и ATA32)
3 Топливная система и кислородное оборудование (ATA28 и ATA35)
4 Гидравлическая и пневматическая системы (ATA29 и ATA36)

Конструкция и техническое обслуживание вертолёта (типа)

1 Характеристика вертолёта Ми-8 МТВ, его основные данные
2 Конструкция и техническое обслуживание фюзеляжа
3 Конструкция и техническое обслуживание шасси вертолёта
4 Конструкция и техническое обслуживание воздушной системы

Методы и средства диагностирования авиационной техники

1 Введение. Термины и определения.
2 Диагностирование по изменению рабочих параметров. Диагностированиепо изменению физико-механических параметров.
3 Вибродиагностика.
4 Цифровые методы обработки

9.5 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Компетенции	Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций	Критерии оценивания
I этап		
ПК-6	$ИД^{2}_{ПК6}$	Знает: - как влияют процессы, протекающие в механизмах, агрегатах, системах и конструктивных элементах воздушных судов на работоспособность авиационных двигателей
II этап		
ПК-6	$ИД^{2}_{ПК6}$	Умеет: - анализировать процессы авиационных двигателей, систем и конструктивных элементов воздушных судов и авиационных двигателей на уровень надежности
III этап		
ПК-6	$ИД^{2}_{ПК6}$	Владеет: -методами восстановления работоспособности конструктивных элементов авиационных двигателей

9.5.1 Описание шкал оценивания

Шкала оценивания курсового проекта приведена в таблице:

Шкала оценивания	Составляющие	Признаки
Отлично	Расчётная часть	Все расчёты выполнены правильно
	Графическая часть	Обучающийся показывает отличные навыки выполнения чертежей. Чертежи практически полностью соответствуют требованиям ГОСТ.
	Выводы	Выводы грамотно сформулированы и обоснованы.
	Оформление	Курсовой проект оформлен аккуратно согласно требованиям к оформлению без орфографических и грамматических ошибок.
	Своевременность выполнения	Курсовой проект выполнен и сдан на проверку своевременно.
	Защита	Обучающийся доступно и ясно представляет результаты курсового проекта. Ответы на вопросы полные, глубокие. Обучающийся всесторонне оценивает и интерпретирует полученные результаты, доказывает их значимость. Грамотно и аргументировано представляет выводы.
Хорошо	Расчётная часть	Расчёты хотя и выполнены в целом правильно, имеют определённые недочёты в оформлении.
	Графическая часть	Обучающийся показывает хорошие навыки выполнения чертежей. Чертежи, хотя и имеют незначительные ошибки, в остальном соответствуют требованиям ГОСТ.
	Выводы	Выводы сформулированы с небольшими неточностями.
	Оформление	Курсовой проект оформлен аккуратно согласно требованиям к

Шкала оценивания	Составляющие	Признаки
		оформлению с небольшим количеством орфографических или грамматических ошибок.
	Своевременность выполнения	Курсовой проект выполнен и сдан на проверку своевременно.
	Защита	Доступно и ясно представляет результаты курсового проекта. Ответы на вопросы полные. Обучающийся оценивает и интерпретирует полученную информацию с незначительными неточностями, Демонстрирует самостоятельное мышление.
Удовлетворительно	Расчётная часть	Расчёты, хотя и имеют определённые погрешности, позволили сделать, в целом, правильные выводы.
	Графическая часть	Обучающийся показывает слабые навыки выполнения чертежей. Чертежи лишь частично соответствуют требованиям ГОСТ.
	Выводы	Не все выводы сформулированы, либо не точно сформулированы.
	Оформление	Курсовой проект оформлен неаккуратно, содержит орфографические и грамматические ошибки.
	Своевременность выполнения курсового проекта	Курсовой проект выполнен и сдан на проверку позже указанного срока.
	Защита	Обучающийся с трудом докладывает результаты курсового проекта. Ответы на вопросы неполные. Обучающийся может оценить полученные результаты и интерпретирует их со значительными неточностями.
Неудовлетворительно	Расчётная часть	Расчёты неверны или отсутствуют.
	Графическая часть	Обучающийся показывает крайне слабые навыки выполнения, чертежей, Чертежи не соответствуют

Шкала оценивания	Составляющие	Признаки
		ГОСТ.
	Выводы	Выводы не сформулированы.
	Оформление	Оформление курсового проекта не соответствует требованиям. Большое количество орфографических и грамматических ошибок.
	Защита	Обучающийся не может представить результаты курсового проекта. Не отвечает на вопросы или отвечает неверно.

Шкала оценивания при проведении промежуточной аттестации

«Отлично» выставляется обучающемуся, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания по рассматриваемой компетенции и умение уверенно применять их на практике, свободное и правильное обоснование принятых решений. Отвечая на вопрос, может быстро и безошибочно проиллюстрировать ответ собственными примерами. Обучающийся самостоятельно правильно выполняет практические задания, дает обоснованную оценку итогам суждений.

*«Хорошо» в*ыставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в выполнении практического задания некоторые неточности, хорошо владеет всем содержанием, видит взаимосвязи. Обучающийся решает практические задания верно.

«Удовлетворительно» выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными знаниями в рамках заданной компетенции, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации. Практические задания выполнено не полностью, или содержатся незначительные ошибки в суждении.

«Неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины в рамках компетенций, допускает принципиальные ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и при выполнении практических заданий.

9.6 Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам обучения дисциплины

Примерный перечень вопросов для проведения устного опроса:

Тема 1.

1 Краткая история и причины создания авиационных ГТД. Структура организации государственного регулирования в области гражданской авиации РФ.

2 Российские и зарубежные разработчики двигателей

Тема 2.

1 Типовые конструктивно-компоновочные и силовые схемы авиационных ГТД различных типов: ТРД, ТРДД, ТВД, ТВВД, ТВаД, ГТД вспомогательных силовых установок.

2 Принцип модульности конструкции двигателей.

3 Примеры удачных конструктивно-компоновочных решений, их влияние на трудоемкость технического обслуживания в процессе эксплуатации.

4 Современные тенденции совершенствования конструктивного облика и улучшения характеристик авиационных ГТД.

Тема 3.

1 Оценивание статических нагрузок, действующих на: участок проточного газовоздушного тракта, входное устройство, осевой компрессор, камеру сгорания, реактивное сопло.

2 Силовое взаимодействие основных узлов ГТД.

3 Гироскопические моменты, действующие на роторы.

4 Формирование тяги в ТРД, ТРДД, ТВД (ТВВД).

Тема 4.

1 Основные положения теории прочности.

2 Концепция представления конструкционного материала как сплошной среды.

3 Понятие нормального и касательного напряжений.

4 Закон Роберта Гука в одно-, двух-и трёхмерном случае.

5 Диаграммы растяжения для конструкционных материалов, применяемых в авиационном двигателестроении.

6 Предел статической длительной прочности конструкционного материала.

7 Действующие и допустимые напряжения.

8 Условие и запас прочности.

9 Особенности применения теории прочности к деталям из композиционных материалов.

Тема 5.

1 Варианты конструктивного исполнения рабочих лопаток и их крепления к дискам роторов.

2 Статические нагрузки, действующие на рабочие лопатки компрессоров и турбин авиационных ГТД.

3 Расчет действующих напряжений и распределения коэффициента запаса прочности по высоте рабочей лопатки.

4 Конструктивные мероприятия, направленные на повышение прочности рабочих лопаток.

5 Основные правила летной и технической эксплуатации, способствующие сохранению статической прочности рабочих лопаток.

Тема 6.

1 Варианты конструктивного исполнения дисков и дисковых элементов роторов авиационных ГТД.

2 Статические нагрузки, действующие на диски.

3 Расчет действующих напряжений и коэффициента запаса прочности тонкого диска.

4 Использование метода конечных элементов для расчетов распределения напряжений в реальном диске, в том числе и с учетом его пластических деформаций.

5 Конструктивные и эксплуатационные мероприятия, направленные на обеспечение статической прочности дисков и дисковых элементов авиационных ГТД.

Тема 7.

1 Причины возникновения колебаний рабочих лопаток и дисков.

2 Основы теории колебаний.

3 Собственные колебания простейшей системы без трения.

4 Собственные колебания простейшей системы с силой трения, пропорциональной скорости колебаний.

5 Вынужденные колебания простейшей системы с трением.

6 Коэффициент динамичности.

7 Явление резонанса.

8 Собственные частоты и формы колебаний реальных лопаток и дисков.

9 Частотные диаграммы.

Тема 8.

1 Понятие о критической частоте вращения роторов.

2 Определение критической частоты вращения простейшего однодискового ротора.

3 Гибкие и жесткие роторы.

4 Многодисковые роторы.

5 Упругие и упруго-демпферные опоры роторов.

6 Статическая и динамическая балансировка роторов.

7 Многороторные авиационные ГТД как сложные колебательные системы, вибрации элементов ГТД.

8 Конструктивные и эксплуатационные методы снижения вибраций, обусловленных дисбалансами роторов.

Тема 9.

1 Типы силовых корпусов, конструктивные особенности элементов статоров.

2 Нагрузки, действующие на элементы статоров.

3 Статическая и динамическая прочность статоров.

4 Конструктивные мероприятия, направленные на обеспечение прочности статоров.

Тема 10.

1 Классификация и конструктивные особенности реверсивных устройств различных типов.

2 Характеристики реверсивных устройств.

3 Области рационального применения реверсивных устройств ковшового и решетчатого типов.

4 Нагрузки, действующие на элементы реверсивных устройств, требования к их прочности.

5 Типовые неисправности реверсивных устройств, обусловленные потерей прочности их элементов.

Примерная контрольная работа

Построить резонансную диаграмму турбинных лопаток с собственной частотой колебаний ν_c 4000 Гц при воздействии возмущающих колебаний от 20 сопловых лопаток и 10 форсунок камеры сгорания, полагая, в первом приближении, что собственная частота колебаний лопатки не зависит от оборотов ротора; найти значения оборотов, на которых запрещена длительная работа ГТД.

Типовые расчетные задачи для проведения текущего контроля

Задача 1: Как изменится масса турбовального ГТД и ПД при изменении их мощности на 100 л.с ?

Задача 2: на сколько возрастет стоимость техобслуживания ГТД с охлаждаемыми лопатками турбины при повышении температуры газа на 100К (по статистическим данным)?

Задача 3: как увеличится статическая нагрузка на участок проточного тракта осевого компрессора при увеличении давления на этом участке проточного тракта на 20% при неизменной геометрии компрессора и постоянной по тракту осевой скорости .

Задача 4: найти относительную поперечную деформацию шатуна $\varepsilon_п$ если его относительная радиальная деформация $\varepsilon_р$ =0,1% (температура материала шатуна неизменна).

Типовые ситуационные задачи для проведения текущего контроля

1. Любая силовая установка ВС выполняет две основные функции; 1) преобразует химическую энергию топлива в механическую работу; 2) используя получаемую работу, разгоняет набегающий воздушный поток создавая тягу, развиваемую силовой установкой.

Как называются устройства, выполняющие эти функции? Проанализируйте их конструктивные особенности и требования, предъявляемые к ним. Это отдельные устройства или Вы можете предложить и доказать возможные варианты конструкций, совмещающих функции обоих этих устройств?

2. Первым типом двигателя, входящего в силовую установку ВС, был поршневой двигатель внутреннего сгорания.

Почему? Назовите примеры выполненных конструкций. Назовите основные причины быстрого внедрения газотурбинного двигателя. Проанализируйте достоинства и недостатки данных двигателей с точки зрения прочности и ресурса имеющихся конструкций.

3. В состав силовой установки ВС может входить один или несколько ГТД. Чем это вызвано? Назовите примеры выполненных конструкций. Как отражается на состав силовой установки требования ИКАО, предъявляемые к безопасности гражданских ВС. Ваша точка зрения.

4. Требуемая продолжительность запуска ГТД устанавливается в зависимости от назначения ВС и составляет от 20 до 100 секунд.

С какими проблемами связано уменьшение времени запуска? Почему нельзя сокращать время запуска за счет увеличения расхода топлива? Как это отразится на прочности турбинных лопаток и почему?

Примерные вопросы для проведения промежуточной аттестации

1 Краткая история и причины создания авиационных ГТД. Российские и зарубежные разработчики двигателей. Наиболее удачные двигатели, выпускавшиеся массовыми сериями.

2 Типовые конструктивно-компоновочные и силовые схемы авиационных ГТД различных типов: ТРД, ТРДД, ТВД, ТВВД, ТВаД, ГТД вспомогательных силовых установок.

3 Принцип модульности конструкции двигателей. Примеры удачных конструктивно-компоновочных решений, их влияние на трудоемкость технического обслуживания в процессе эксплуатации. С

4 Современные тенденции совершенствования конструктивного облика и улучшения характеристик авиационных ГТД.

5 Оценивание статических нагрузок, действующих на: участок проточного газовоздушного тракта, входное устройство, осевой компрессор, камеру сгорания, реактивное сопло.

6 Силовое взаимодействие основных узлов ГТД.

7 Гироскопические моменты, действующие на роторы. Формирование тяги в ТРД, ТРДД, ТВД (ТВВД).

8 Основные положения теории прочности. Концепция представления конструкционного материала как сплошной среды.

9 Понятие нормального и касательного напряжений. Закон Роберта Гука в одно-, двух-и трёхмерном случае.

10 Диаграммы растяжения для конструкционных материалов, применяемых в авиационном двигателестроении.

11 Предел статической длительной прочности конструкционного материала. Действующие и допустимые напряжения.

12 Условие и запас прочности.

13 Особенности применения теории прочности к деталям из композиционных материалов.

14 Варианты конструктивного исполнения рабочих лопаток и их крепления к дискам роторов.

8 семестр

1 Статические нагрузки, действующие на рабочие лопатки компрессоров и турбин авиационных ГТД.

2 Расчет действующих напряжений и распределения коэффициента запаса прочности по высоте рабочей лопатки.

3 Конструктивные мероприятия, направленные на повышение прочности рабочих лопаток.

4 Основные правила летной и технической эксплуатации, способствующие сохранению статической прочности рабочих лопаток.

5 Варианты конструктивного исполнения дисков и дисковых элементов роторов авиационных ГТД.

6 Статические нагрузки, действующие на диски.

7 Расчет действующих напряжений и коэффициента запаса прочности тонкого диска.

8 Использование метода конечных элементов для расчетов распределения напряжений в реальном диске, в том числе и с учетом его пластических деформаций.

9 Конструктивные и эксплуатационные мероприятия, направленные на обеспечение статической прочности дисков и дисковых элементов авиационных ГТД.

10 Причины возникновения колебаний рабочих лопаток и дисков.

11 Основы теории колебаний. Собственные колебания простейшей системы без трения.

12 Собственные колебания простейшей системы с силой трения, пропорциональной скорости колебаний.

13 Вынужденные колебания простейшей системы с трением. Коэффициент динамичности. Явление резонанса.

14 Собственные частоты и формы колебаний реальных лопаток и дисков. Частотные диаграммы.

15 Понятие о критической частоте вращения роторов.

16 Определение критической частоты вращения простейшего однодискового ротора.

17 Гибкие и жесткие роторы. Многодисковые роторы.

18 Упругие и упруго-демпферные опоры роторов.

19 Статическая и динамическая балансировка роторов.

20 Многороторные авиационные ГТД как сложные колебательные системы, вибрации элементов ГТД.

21 Конструктивные и эксплуатационные методы снижения вибраций, обусловленных дисбалансами роторов.

22 Типы силовых корпусов, конструктивные особенности элементов статоров. Нагрузки, действующие на элементы статоров. Статическая и динамическая прочность статоров.

23 Конструктивные мероприятия, направленные на обеспечениепрочности статоров.

24 Классификация и конструктивные особенности реверсивных устройств различных типов.

25 Характеристики реверсивных устройств. Области рационального применения реверсивных устройств ковшового и решетчатого типов.

26 Нагрузки, действующие на элементы реверсивных устройств, требования к их прочности.

27 Типовые неисправности реверсивных устройств, обусловленные потерей прочности их элементов.

Типовые расчетные задачи для проведения промежуточной аттестации

Задача 1: как изменится время до разрушения турбинных лопаток , если предел длительной прочности материала σ_τ увеличить на 20% (A и m =3 –постоянны для данного материала)

Задача 2: как изменится распределение напряжения и запас прочности диска n при наличии отверстия в теле диска, если коэффициент концентрации к = 1,2

Задача 3: как изменится значение критического числа оборотов вала с диском n_k, если диск, расположенный посредине между опорами, сместить ближе к одной из опор.причем $k = 3/x^2(1- x)^2$, где x = a/l (a- расстояние от диска до опоры; l – расстояние между опорами).

Типовые ситуационные задачи для проведения промежуточной аттестации

1. В состав силовой установки ВС может входить один или несколько ГТД.

Чем это вызвано? Назовите примеры выполненных конструкций. Как отражается на состав силовой установки требования ИКАО, предъявляемые к безопасности гражданских ВС. Ваша точка зрения.

2. Требуемая продолжительность запуска ГТД устанавливается в зависимости от назначения ВС и составляет от 20 до 100 секунд.С какими проблемами связано уменьшение времени запуска? Почему нельзя сокращать время запуска за счет увеличения расхода топлива? Как это отразится на прочности турбинных лопаток и почему?

3. Развитие газотурбинных установок идет по пути непрерывного усложнения конструкций. Как эти усложнения отражаются на прочности и ресурсе газотурбинных двигателей? Как преодолеваются проблемы, возникающие при этом. Покажите на отдельных примерах.

10 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «Конструкция и прочность авиационных двигателей» обучающимися организуется в следующих формах: лекции, практические занятия под руководством преподавателя и самостоятельная работа студентов.

Изучение каждого раздела рекомендуется начинать с анализа общей его структуры и круга рассматриваемых вопросов, затем перейти к изучению материала по темам.

Лекции являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся по дисциплине «Конструкция и прочность авиационных двигателей». Лекция имеет целью дать систематизированные основы научных знаний по дисциплине.

Эта цель определяет дидактическое назначение лекции, которое заключается в том, чтобы ознакомить обучающихся с основным содержанием, категориями, принципами и закономерностями изучаемой темы и предмета

обучения в целом, его главными идеями и направлениями развития, его прикладной стороной.

При проведении лекций преподаватель опирается на базовые знания студентов по общенаучным дисциплинам, с тем, чтобы основное время уделить специфическим вопросам дисциплины. Слушая лекцию, необходимо научиться выделять и фиксировать ее ключевые моменты, записывая их более четко и выделяя каким-либо способом из общего текста. Кроме того, необходимо научиться делать понятные для обучающегося сокращения при записи текста лекции и, в целом, стремиться освоить быструю манеру письма.

Цель практических занятий – закрепить теоретические знания, полученные студентами на лекциях и в результате самостоятельного изучения соответствующих разделов рекомендуемой литературы. Вместе с тем, на этих занятиях, осуществляется активное формирование и развитие навыков и качеств, необходимых для последующей профессиональной деятельности– овладение методикой анализа и принятия решений.

Любое практическое занятие начинается, как правило, с формулирования его целевых установок. Понимание обучаемыми целей и задач занятия, его значения для специальной подготовки способствует повышению интереса к занятию и активизации работы по овладению учебным материалом, это делается в форме опроса обучаемых, который служит также средством контроля за их самостоятельной работой.

Основную часть практического занятия составляет работа обучаемых по выполнению учебных заданий под руководством преподавателя.

Каждое практическое занятие заканчивается, как правило, кратким подведением итогов, выставлением оценок каждому студенту и указаниями преподавателя о последующей самостоятельной работе.

Темы практических занятий заранее сообщаются обучающимся для того, чтобы они имели возможность подготовиться и проработать соответствующие теоретические вопросы дисциплины. В начале каждого практического занятия преподаватель кратко доводит до обучающихся цель и задачи занятия и обращает внимание обучающихся на наиболее сложные вопросы, относящиеся к изучаемой теме. Также в качестве элемента практической подготовки применяется разбор конкретной ситуации. Каждое практическое занятие заканчивается, как правило, кратким подведением итогов, указаниями преподавателя о последующей самостоятельной работе.

Текущий контроль успеваемости студентов осуществляется для оценки уровня остаточных знаний путём проведения устных опросов, обсуждение докладов, решение расчетных и ситуационных задач, проведения контрольной работы.

Самостоятельная работа студента является важной составной частью учебного процесса и проводится в целях закрепления и углубления знаний, полученных на лекциях и других видах занятий, выработки навыков работы с литературой, активного поиск новых знаний.

В процессе самостоятельной работы обучающийся должен воспринимать, осмысливать и углублять получаемую информацию, подготавливать себя к решению расчетных и ситуационных задач, анализируя пройденный материал, подготавливать доклады, выполнять курсовой проект, овладевать профессионально необходимыми навыками.

В процессе изучения дисциплины «Конструкция и прочность авиационных двигателей» важно постоянно пополнять и расширять свои знания. Изучение рекомендованной литературы и других источников информации является важной составной частью восприятия и усвоения новых знаний.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в виде зачета с оценкой в 7 и экзамена в 8 семестре. К её моменту должны быть успешно пройдены предыдущие формы контроля. Промежуточная аттестация позволяют оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 25.05.05 Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры № 24 «Авиационной техники и диагностики» «12» 04 2023 года, протокол № 8.

Разработчик:

Давыдов И.А.

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчиков)

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчиков)

Заведующий кафедрой № 24 «Авиационной техники и диагностики»
к.т.н., доцент Петрова Т.В.

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)

Программа согласована:

Руководитель ОПОП
к.т.н., доцент Петрова Т.В.

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы руководителя ОПОП)

Программа рассмотрена и согласована на заседании Учебно-методического совета Университета «29» 05 2023 года, протокол № 8.