

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)
ФГБОУ ВО «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»
(ФГБОУ ВО СПбГУ ГА)**

УТВЕРЖДАЮ

Первый
проректор-проректор по
учебной работе
Н.Н.Сухих



«16» апреля 2019 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Конструкция и прочность авиационных двигателей

Направление подготовки (специальность)
**25.05.05 Эксплуатация воздушных судов и организация
воздушного движения**

Направленность подготовки
**Организация технического обслуживания и ремонта
воздушных судов**

Квалификация выпускника
инженер

Форма обучения
очная

Санкт-Петербург
2019

1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Конструкция и прочность авиационных двигателей» являются формирование знаний, умений, навыков, в том числе на основе: способности к восприятию, анализу, критическому осмыслению, систематизации и синтезу информации, полученной из разных источников, прогнозированию, постановке целей и выбору путей их достижения; способности и готовности использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач; способности использовать математические, аналитические и численные методы решения профессиональных задач с использованием готовых программных средств; умения использовать основные приемы обработки экспериментальных данных при решении профессиональных задач; способности организовывать и осуществлять поиск и устранение неисправностей авиационной техники; способности организовывать и осуществлять мероприятия, направленные на продление ресурсов воздушных судов; способности и готовности организовывать и осуществлять оперативный контроль технического состояния воздушных судов.

Задачами освоения дисциплины являются:

- овладение методами работы с различными источниками с целью ориентации в маркировке, классификации и применении конструкционных материалов;

- овладение методами расчета на прочность деталей конструкций при статических и динамических нагрузках при решении профессиональных задач.

- привитие навыков пространственного представления и конструктивно-геометрического мышления.

- овладение навыками учета данных о летно-технических характеристиках воздушных судов при решении профессиональных задач

- овладение методами оценки прочности деталей авиационных двигателей при статических и динамических нагрузках.

- овладение методами контроля технического состояния воздушных судов.

Дисциплина обеспечивает подготовку выпускника к производственно-технологическому виду профессиональной деятельности.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Конструкция и прочность авиационных двигателей» представляет собой дисциплину, относящуюся к блоку дисциплин (Блок 1) «Профессионального цикла» базовой части дисциплин ОПОП ВО по направлению подготовки 162001 «Эксплуатация воздушных судов и

организация воздушного движения», специализация: «Организация технического обслуживания и ремонта воздушных судов».

Данная дисциплина базируется на результатах обучения, полученных при изучении следующих дисциплин: «Математика», «Физика», «Теория авиационных двигателей», «Материаловедение и технология конструкционных материалов», «Сопrotивление материалов», «Воздушное право».

Дисциплина «Конструкция и прочность авиационных двигателей» является обеспечивающей для следующих дисциплин: «Конструкция и техническое обслуживание воздушных судов», «Техническое обслуживание и ремонт воздушных судов».

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
1 способностью к восприятию, анализу, критическому осмыслению, систематизации и синтезу информации, полученной из разных источников, прогнозированию, постановке целей и выбору путей их достижения (ОК-6).	Знать: -теории механизмов и машин, сопротивления материалов, деталей машин и механизмов. Уметь: -использовать основные элементы теоретической механики, основы конструирования и проектирования машин и механизмов при решении профессиональных задач. Владеть: -методами работы с различными источниками с целью ориентации в маркировке, классификации и применении конструкционных материалов.
2 способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучн	Знать: -физическую природу сил и их систем, действующих на механические объекты, их классификацию. Уметь: -оценивать состояние конструкций и отдельных ее деталей

Перечень и код компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<p>ых дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ПК-21).</p>	<p>под воздействием известной силовой нагрузки при решении типовых профессиональных задач. Владеть: -методами расчета на прочность деталей конструкций при статических и динамических нагрузках при решении профессиональных задач.</p>
<p>3 способностью использовать математические, аналитические и численные методы решения профессиональных задач с использованием готовых программных средств (ПК-23).</p>	<p>Знать: -основные элементы прикладной геометрии и инженерной графики. Уметь: - использовать основные элементы прикладной геометрии и инженерной графики в профессиональной деятельности. Владеть: - навыками пространственного представления и конструктивно-геометрического мышления.</p>
<p>4 умением использовать основные приемы обработки экспериментальных данных при решении профессиональных задач (ПК-25).</p>	<p>Знать: - условия равновесия систем сил и возможности практического применения этих условий при решении профессиональных задач. Уметь: - проводить кинематический анализ движения деталей и механизмов и составлять динамические уравнения движения при решении типовых профессиональных задач. Владеть: - навыками учета данных о летно-технических характеристиках воздушных судов при решении профессиональных задач.</p>
<p>5 способностью организовывать и</p>	<p>Знать: - конструкцию авиационных двигателей и их систем;</p>

Перечень и код компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<p>осуществлять поиск и устранение неисправностей авиационной техники (ПСК – 9.2).</p>	<p>принципы работы узлов и систем авиационных двигателей. Уметь: - исследовать и анализировать причины отказов и неисправностей авиационных двигателей. Владеть: - методами оценки прочности деталей авиационных двигателей при статических и динамических нагрузках.</p>
<p>6 способностью организовывать и осуществлять мероприятия, направленные на продление ресурсов воздушных судов (планера и силовых установок) (ПСК – 9.5).</p>	<p>Знать: - условия работы и нагрузки, действующие на узлы и детали авиационных двигателей в процессе эксплуатации. Уметь: - исследовать причины потери прочности деталей авиационных двигателей при статических и динамических нагрузках. Владеть: - методами оценки прочности деталей авиационных двигателей при статических и динамических нагрузках.</p>
<p>7 способностью и готовностью организовывать и осуществлять оперативный контроль технического состояния воздушных судов (планера и силовых установок) (ПСК – 9.6).</p>	<p>Знать: - методы расчета прочности деталей авиационных двигателей при статических и динамических нагрузках. Уметь: - производить расчет на прочность деталей авиационных двигателей при статических и динамических нагрузках. Владеть: - методами контроля технического состояния воздушных судов.</p>

4 Объем дисциплины и виды учебной нагрузки

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 академических часов.

Наименование	Всего часов	семестр	
		7	8
Общая трудоемкость дисциплины	288	144	144
Контактная работа:	222	113	109
лекции	110	56	54
практические занятия	106	56	50
семинары	-	-	-
лабораторные работы	-	-	-
курсовой проект (работа)	4	-	4
Самостоятельная работа студента	50	23	27
Промежуточная аттестация	18	9	9
контактная работа	1	0,5	0,5
самостоятельная работа по подготовке к зачету с оценкой	17	8,5	8,5

5 Содержание дисциплины

5.1 Соотнесения тем дисциплины и формируемых компетенций

Темы, дисциплины	Количество часов	Компетенции							Образовательные технологии	Оценочные средства
		ОК-6	ПК-21	ПК-23	ПК-25	ПСК-9.2	ПСК-9.5	ПСК-9.6		
7 семестр										
Тема 1. Общие сведения о конструкции авиационных газотурбинных двигателей.	26	+	+	+	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС, ИЛ	УО, Д
Тема 2. Конструктивно-компоновочные и силовые схемы ГТД различного назначения.	26	+	+	+	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС, ИЛ	УО, Д

Темы, дисциплины	Количество часов	Компетенции							Образователь- ные технологии	Оценочные средства
		ОК-6	ПК-21	ПК-23	ПК-25	ПСК-9.2	ПСК-9.5	ПСК-9.6		
Тема 3 Статические нагрузки, действующие на основные узлы авиационных ГТД.	28	+	+	+	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС, ИЛ	УО, Д
Тема 4 Основы теории прочности деталей ГТД	28	+	+	+	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС, ИЛ	УО, Д
Тема 5 Статическая прочность рабочих лопаток авиационных ГТД	27	+	+	+	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС, ИЛ	УО, Д
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	+	+	+	+	+	+	+	ВК, Л, ПЗ, СРС, ИЛ	УО, Д
Тема 7 Динамическая прочность рабочих лопаток и дисков	28	+	+	+	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС, ИЛ	УО, Д
Тема 8 Критические частоты вращения и балансировка роторов	26	+	+	+	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС, ИЛ	УО, Д
Тема 9 Конструкция и прочность статоров авиационных ГТД	27	+	+	+	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС, ИЛ	УО, Д

Темы, дисциплины	Количество часов	Компетенции							Образователь- ные технологии	Оценочные средства
		ОК-6	ПК-21	ПК-23	ПК-25	ПСК-9.2	ПСК-9.5	ПСК-9.6		
Тема 10 Конструкция и прочность реверсивных устройств	26	+	+	+	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС, ИЛ	УО, Д
Итого за 8 семестр	135									
Промежуточная аттестация 8 семестр	9									
Всего за 8 семестр	144									
Всего по дисциплине	288									

Сокращения: Л – лекция, ПЗ – практическое занятие, СРС – самостоятельная работа студента, ВК – входной контроль, УО – устный опрос, Д – доклад, ИЛ – интерактивная лекция.

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.	10	10	-	6	-	26
Тема.2. Конструктивно-компоновочные и силовые схемы ГТД различного назначения.	10	10	-	6	-	26
Тема 3. Статические нагрузки, действующие на основные узлы авиационных ГТД.	12	12	-	4	-	28
Тема 4. Основы теории прочности деталей ГТД.	12	12	-	4	-	28
Тема 5. Статическая прочность рабочих лопаток авиационных ГТД.	12	12	-	3	-	27

Наименование темы дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	КП	Всего часов
Итого за семестр 7	56	56		23		135
Промежуточная аттестация						9
Всего за 7 семестр						144
8 семестр						
Тема 6. Статическая прочность дисков и дисковых элементов роторов ГТД.	10	10	-	6	2	28
Тема 7. Динамическая прочность рабочих лопаток и дисков.	10	10	-	6	2	28
Тема 8. Критические частоты вращения и балансировка роторов.	10	10	-	6	-	26
Тема 9. Конструкция и прочность реверсивных устройств.	12	10	-	5	-	27
Тема 10. Конструкция и прочность статоров авиационных ГТД.	12	10	-	4	-	26
Итого за 8 семестр	54	50	-	27	4	135
Промежуточная аттестация						9
Всего за 8 семестр						144
Итого по дисциплине	110	106		50	4	270
Всего по дисциплине						288

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 разработки 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	Трудоемкость (часы)
7 семестр		
1	Практическое занятие № 1-5. Общие сведения о конструкции авиационных газотурбинных двигателей	10
2	Практическое занятие № 6-10. Конструктивно-компоновочные и силовые схемы ГТД различного назначения.	10
3	Практическое занятие № 11-16. Статические нагрузки, действующие на основные узлы авиационных ГТД.	12
4	Практическое занятие № 17-22. Основы теории прочности деталей ГТД	12
5	Практическое занятие № 23-28. Статическая прочность рабочих лопаток авиационных ГТД.	12

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (часы)
Итого за семестр 7		56
8 семестр		
6	Практическое занятие № 29-33. Статическая прочность дисков и дисковых элементов роторов ГТД	10
7	Практическое занятие № 34-38. Динамическая прочность рабочих лопаток и дисков.	10
8	Практическое занятие № 39-43. Критические частоты вращения и балансировка роторов	10
9	Практическое занятие № 44-48. Конструкция и прочность статоров авиационных ГТД	10
10	Практическое занятие № 49-53. Конструкция и прочность реверсивных устройств.	10
Итого за семестр 8		50
Итого по дисциплине		106

5.5 Лабораторный практикум

Лабораторный практикум учебным планом по дисциплине не предусмотрен.

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	6

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
	<p>опросу и докладу. Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов: - Краткая история и причины создания авиационных ГТД. Российские и зарубежные разработчики двигателей [1-16].</p>	
2	<p>Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе. Подготовка к устному опросу и докладу. Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов: - Принцип модульности конструкции двигателей [1-16].</p>	6
3	<p>Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе. Подготовка к устному опросу и докладу. Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов: - Силовое взаимодействие основных узлов ГТД. Гироскопические моменты, действующие на роторы. Формирование тяги в ТРД, ТРДД, ТВД (ТВВД) [1-16].</p>	4
4	<p>Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе. Подготовка к устному опросу и докладу. Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов: - Предел статической длительной прочности конструкционного материала. Действующие и допустимые напряжения. Условие и запас прочности [1-16].</p>	4
5	<p>Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе. Подготовка к устному опросу и докладу. Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов: - Основные правила летной и технической эксплуатации,</p>	3

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
	способствующие сохранению статической прочности рабочих лопаток [1-16].	
Итого за семестр 7		23
8 семестр		
6	<p>Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе. Подготовка к устному опросу и докладу.</p> <p>Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Конструктивные и эксплуатационные мероприятия, направленные на обеспечение статической прочности дисков и дисковых элементов авиационных ГТД [1-16]. <p>Выполнение курсового проекта [1-16].</p>	6
7	<p>Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе. Подготовка к устному опросу и докладу.</p> <p>Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Вынужденные колебания простейшей системы с трением. Коэффициент динамичности. Явление резонанса [1-16]. <p>Выполнение курсового проекта [1-16].</p>	6
8	<p>Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе. Подготовка к устному опросу и докладу.</p> <p>Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Многодисковые роторы. Упругие и упруго-демпферные опоры роторов. Статическая и динамическая балансировка роторов [1-16]. 	6

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
9	Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе. Подготовка к устному опросу и докладу. Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов: - Конструктивные мероприятия, направленные на обеспечение прочности статоров [1-16].	5
10	Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе. Подготовка к устному опросу и докладу. Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов: - Нагрузки, действующие на элементы реверсивных устройств, требования к их прочности [1-16].	4
Итого за 8 семестр		27
Итого по дисциплине		50

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».	10
Этап 3. Оформление курсового проекта	2
Защита курсового проекта	2
Итого по курсовому проекту:	26
самостоятельная работа студента, отведенная на	12

Наименование этапа выполнения курсового проекта	Трудоемкость (часы)
выполнение курсового проекта	
согласно учебному плану	4

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1 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

2 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

3 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

4 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.

5 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#/,](https://biblio-online.ru/viewer/prochnost-turbomashin-415959#/) свободный (дата обращения 10.02.2017).

6 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,](https://biblio-online.ru/viewer/bespilotnye-letatelnye-apparaty-nagruzki-i-nagrev-429257#page/1) свободный (дата обращения 10.02.2017).

7 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,](https://biblio-online.ru/viewer/bespilotnye-letatelnye-apparaty-nagruzki-i-nagrev-423480#page/1) свободный (дата обращения 10.02.2017).

б) дополнительная литература:

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. **Колебания 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

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

12 **Административно-управленческий портал** [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.aup.ru/>, свободный (дата обращения 10.02.2017).

13 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 10.02.2017).

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

14 **Консультант Плюс.** Официальный сайт компании [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.consultant.ru/>, свободный (дата обращения 10.02.2017).

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

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

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обеспечения учебного процесса в аудиториях лабораторного корпуса №360, 364, 367 и в аудиториях учебно-экспериментального корпуса имеются мультимедийные комплексы (ноутбук, проектор, мобильный экран), плакаты, чертежи разрезом двигателей АИ-25, Д-30, Д-36, ТВ2-117, ТВ3-117, ТВ7-117, ПС-90А, CFM56-5B; SaM-146 и натурные макеты авиационных газотурбинных двигателей АИ-25, НК8-2У, Д-36, ТВ2-117, ТВ3-117.

В экспериментально-лабораторном корпусе Университета (МИС, ул. Пилотов, 44) находятся учебно-экспериментальные стенды для проведения следующих практических работ:

- 1 Определение собственной частоты колебаний и распределения напряжений, возникающих при резонансе в модельной лопатке турбомашин.
- 2 Определение собственной частоты колебаний и распределения напряжений, возникающих при резонансе в модельном диске турбомашин.
- 3 Определение собственной частоты колебаний модельного ротора турбомашин.
- 4 Динамическая балансировка ротора турбомашин.

Кроме того, при изучении дисциплины студенты могут пользоваться лекциями и практическими заданиями в электронном и печатном виде, а также сопутствующие дополнительными материалами-экспонатами, необходимыми для подготовки проведения учебных занятий на кафедре №24 «Авиационной техники и диагностики».

Лицензионное программное обеспечение:

Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Windows Office Standard 2007.

8 Образовательные и информационные технологии

Реализация компетентного 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 и ИТ-методы обучения: лекции, практические занятия (доклады, устные опросы), курсовой проект, 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.

По темам 1-10 проводятся интерактивные лекции в форме проблемных

лекций в общем количестве 32 часов. 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 практического задания предполагает исследование актуальных проблем в области конструкции и прочности воздушных судов и авиационных двигателей. Для этого используются ИТ-методы. Учебные мультимедийные материалы с использованием MS Office (Power Point), содержащие гиперссылки, необходимые для перехода к показам слайдов, презентаций, текстам, фигурам, таблицам, графикам и рисункам в презентации, документам Microsoft Office Word, листам Microsoft Office Excel, локальным или Интернет-ресурсам. Рассматриваемые в рамках практического занятия доклады имеют профессиональную направленность и содержат элементы, необходимые для формирования компетенций в рамках подготовки специалиста по специализации «Организация технического обслуживания и ремонта воздушных судов» по дисциплине «Конструкция и прочность 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 путем работы по выполнению заданий с использованием MS Office.

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 выполнение учебных заданий и курсового проекта. Контроль выполнения заданий, выносимых на самостоятельную работу, осуществляет преподаватель.

Учебным планом данной дисциплины предусмотрен курсовой проект, охватывающий два раздела программы: «Конструкция и прочность воздушных судов», «Конструкция и прочность авиационных двигателей». Соответственно, курсовой проект состоит из двух частей: «Авиационные двигатели» и «Воздушные суда». Часть I курсового проекта выполняется студентами в 8 семестре.

IT-методы используются при проведении всех видов занятий Учебные мультимедийные материалы с использованием MS Office (Power Point), содержащие гиперссылки, необходимые для перехода к произвольным показам, указанным слайдам в презентации, к различным текстам, фигурам, таблицам, графикам и рисункам в презентации, документам Microsoft Office Word, листам Microsoft Office Excel, локальным или Интернет-ресурсам, а также к сообщениям электронной почты. Это позволяет сформировать у студентов систему знаний, умений и навыков по методике и технологии использования Интернет-ресурсов в процессе обучения, обеспечить продуктивный и творческий уровень деятельности при выполнении заданий.

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 указаниями 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 отношение к выполнению требований, содержащихся в документах, регламентирующих техническую эксплуатацию.

Зачет с оценкой 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 8 семестре. Зачет с оценкой позволяет оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины. Зачет с оценкой предполагает ответ на вопросы из перечня вопросов, вынесенных на зачет с оценкой. К моменту сдачи зачет с оценкой 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

Балльно-рейтинговая система оценивания учебным планом не предусмотрена.

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

Устный опрос в начале лекции или практического занятия по теме предыдущего занятия оценивается положительно в том случае, если обучающийся четко и ясно, по существу дает ответ на поставленный вопрос, или же не сразу дал верный ответ, но смог дать его правильно при помощи ответов на наводящие вопросы.

Оценивается отрицательно в том случае, если обучающийся затрудняется отвечать на поставленные вопросы, дает не полный ответ при наводящих вопросах, отказывается отвечать на поставленный вопрос, либо отвечает на него неверно и при формулировании дополнительных (вспомогательных) вопросов.

Доклад, соответствующий требованиям, оценивается на «зачтено» и «не зачтено».

Основаниями для выставления оценки «зачтено» являются:

– грамотное, связное и непротиворечивое изложение сути вопроса; актуальность используемых в сообщении сведений; высокое качество изложения материала; способность обучающегося сделать обоснованные выводы или рекомендации; уверенные ответы на заданные в ходе обсуждения вопросы; отсутствие у преподавателя обоснованных сомнений в самостоятельности выполнения задания обучающимся.

– грамотное, связное и непротиворечивое изложение сути вопроса; актуальность используемых в сообщении сведений; удовлетворительное качество изложения материала; способность обучающегося сделать обоснованные выводы или рекомендации; уверенные ответы на большую часть заданных в ходе обсуждения вопросов; отсутствие у преподавателя обоснованных сомнений в самостоятельности выполнения задания обучающимся.

– отсутствие грамотного, связного и непротиворечивого изложения сути вопроса; использование в сообщении устаревших сведений.

Основаниями для выставления оценки «не зачтено» являются: неудовлетворительное качество изложения материала; неспособность обучающегося сделать обоснованные выводы или рекомендации; неспособность ответить на большую часть заданных в ходе обсуждения вопросов; обоснованные сомнения в самостоятельности выполнения задания обучающимся.

Зачет с оценкой: промежуточный контроль в форме зачета с оценкой, оценивающий уровень освоения компетенций за семестр и за весь период изучения дисциплины и предполагает устный ответ студента по билетам на три теоретических вопроса из перечня (п. 9.6). На момент зачета с оценкой студент должен получить «зачтено» за участие в устных опросах, по крайней мере, на 50 % лекционных занятий и получить «зачтено» за два доклада.

По итогам освоения дисциплины «Конструкция и прочность авиационных двигателей» проводится промежуточная аттестация обучающихся в форме зачет с оценкой и предполагает устный ответ студента по билетам на вопросы из перечня.

Зачет с оценкой является заключительным этапом изучения дисциплины «Конструкция и прочность авиационных двигателей» и имеет целью проверить и оценить учебную работу студентов, уровень полученных ими знаний, умение применять их к решению практических задач, овладение практическими навыками в объеме требований образовательной программы на промежуточном этапе формирования компетенций ОК-6; ПК-21; ПК-23; ПК-25; ПСК-9.2; ПСК-9.5; ПСК-9.6.

Зачет с оценкой по дисциплине проводится в период подготовки к экзаменационной сессии 7 и 8 семестра обучения. К зачету с оценкой допускаются студенты, выполнившие все требования учебной программы. Зачет с оценкой принимается преподавателем, ведущим занятия в данной группе по данной дисциплине, а также лектором данного потока, в помощь, решением заведующего кафедрой, могут назначаться преподаватели, ведущие занятия по данной дисциплине.

Во время подготовки студенты могут пользоваться материальным обеспечением зачет с оценкой, перечень которого утверждается заведующим кафедрой.

Зачет с оценкой проводится в объеме материала рабочей программы дисциплины, изученного студентами в 7 и 8 семестре, по билетам в устной форме в специально подготовленных учебных классах. Перечень вопросов, выносимых на зачет с оценкой, обсуждаются на заседании кафедры и утверждаются заведующим кафедрой. В ходе подготовки к зачету с оценкой проводить консультации.

Вызванный студент - после доклада о прибытии для сдачи зачета с оценкой, представляет экзаменатору свою зачетную книжку, берет билет, получает чистые листы для записей и после разрешения садится за рабочий стол для подготовки. На подготовку к ответу студенту предоставляется до 30 минут. Общее время подготовки и ответа не должно превышать одного часа. В учебном классе, где принимается зачет с оценкой, могут одновременно находиться студенты из расчета не более четырех на одного экзаменатора.

По готовности к ответу или по вызову экзаменатора студент отвечает на вопросы билета у доски. После ответа студента экзаменатор имеет право задать ему дополнительные вопросы в объеме учебной программы.

В итоге проведенного зачета с оценкой студенту выставляется оценка. Экзаменатор несет личную ответственность за правильность выставленной оценки и оформления экзаменационной ведомости и зачетную книжки.

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 дисциплинам

«Математика», «Физика», «Теория авиационных двигателей», «Материаловедение и технология конструкционных материалов», «Сопротивление материалов», «Воздушное право».

«Сопротивление материалов»:

- 1 Основные виды деформаций.
- 2 Что называется прочностью, жесткостью, и устойчивостью детали или конструкции?
- 3 Что такое напряжение?
- 4 Предел прочности.

Примерный перечень вопросов для проведения входного контроля:

«Термодинамика и теплопередача»:

- 1 Что называется термодинамическим процессом?
- 2 Определите величину газовой постоянной воздуха, если известно, что универсальная газовая постоянная $R_u = 8314,41$ Дж/(кмоль·К) и молекулярная масса воздуха $\mu_{\text{возд}} = 28,966$ кг/кмоль.
- 3 Назовите способы изменения внутренней энергии.
- 4 Дайте определение теплоёмкости, назовите основные факторы, от которых зависит теплоемкость.

«Математика»:

- 1 Определение производной функции, ее геометрический смысл.
- 2 Правила дифференцирования (производная суммы, произведения, частного).
- 3 Производная сложной функции.
- 4 Производная обратной функции.

«Физика»:

- 1 Гармонические колебания и их параметры.
- 2 Сложение колебаний одинаковой и различных частот, направленных вдоль одной прямой.
- 3 Сложение взаимно перпендикулярных колебаний.
- 5 Собственная частота.

«Воздушное право»:

- 1 Формы государства.
- 2 Трудовой договор. Порядок заключения и расторжения.
- 3 Понятие административного права, его предмет, источники, субъекты и принципы.

«Материаловедение и технология конструкционных материалов»:

- 1 Цель и методы исследования макроструктуры материала.
- 2 Основные методы исследования микроструктуры металла.
- 3 Механические свойства материалов.
- 4 Основные показатели механических свойств.

«Теория авиационных двигателей»:

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.

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

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

Методика оценивания курсового проекта показана в таблице, приведенной ниже:

Наименование этапа выполнения курсового проекта	Максимальное количество баллов	Шкала оценивания
Этап 1. Выдача задания на курсового проекта «Анализ прочности рабочей лопатки первой ступени турбины ГТД».	–	–
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».	40	5 балла снимается за ошибку в расчете показателя, 5 балл снимается за отсутствие расчетного показателя, 5 балла снимается за отсутствие вывода, 3 балла снимается за некорректный вывод, 2 балла снимается за неполный вывод,
Этап 3. Оформление курсового проекта	20	2 балла снимается за допущенные грамматические ошибки 1 балл снимается за ошибку в значениях показателей, 2 снимается за неполную информацию, 2 снимается за допущенные грамматические ошибки. 2 балла снимаются за небрежность оформления текста, 0,5 балла снимаются за

Наименование этапа выполнения курсового проекта	Максимальное количество баллов	Шкала оценивания
		небрежность оформления использованных источников
Своевременность выполнения	10	За каждый просроченный день по неуважительной причине снимается 0,5 балл.
Итого за выполнение курсового проекта	70	
Защита курсового проекта	30	15 баллов – правильно выполнена расчетная часть; 10 баллов – сделаны правильные и полные выводы; 5 баллов – ответы на вопросы четкие, ясные и полные, 5 баллов – правильное оформление курсового проекта.
Всего по курсовому проекту:	100	
Перевод баллов балльно-рейтинговой системы в оценку по «академической» шкале		
Количество баллов по БРС		Оценка (по «академической» шкале)
90 и более		5 – «отлично»
75÷89		4 – «хорошо»
60÷74		3 – «удовлетворительно»
менее 60		2 – «неудовлетворительно»

Этапы формирования компетенций	Показатели	Критерии
1 способностью к восприятию, анализу, критическому осмыслению, систематизации и синтезу информации, полученной из разных источников, прогнозированию, постановке целей и выбору путей их достижения (ОК-6).		
Знать : -теории механизмов и машин, сопротивления материалов, деталей машин и механизмов.	Понимает: -теории механизмов и машин, сопротивления материалов, деталей машин и механизмов.	Описывает и оценивает: -теории механизмов и машин, сопротивления материалов, деталей машин и механизмов.
Уметь: -использовать основные элементы теоретической	Применяет: - основные элементы теоретической механики,	Демонстрирует знания: -по использованию основных элементов теоретической

механики, основы конструирования и проектирования машин и механизмов при решении профессиональных задач.	основы конструирования и проектирования машин и механизмов при решении профессиональных задач.	механики, основ конструирования и проектирования машин и механизмов при решении профессиональных задач.
Владеть: -методами работы с различными источниками с целью ориентации в маркировке, классификации и применении конструкционных материалов.	Анализирует: - различные источники с точки зрения методов ориентации в маркировке, классификации и применении конструкционных материалов.	Дает оценку: - различным источникам с точки зрения методов ориентации в маркировке, классификации и применении конструкционных материалов.
2 способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ПК-21).		
Знать : -физическую природу сил и их систем, действующих на механические объекты, их классификацию.	Понимает: -физическую природу сил и их систем, действующих на механические объекты, их классификацию.	Описывает и оценивает: -физическую природу сил и их систем, действующих на механические объекты, их классификацию.
Уметь: -оценивать состояние конструкций и отдельных ее деталей под воздействием известной силовой нагрузки при решении типовых профессиональных задач.	Применяет: - методы оценивания состояния конструкций и отдельных ее деталей под воздействием известной силовой нагрузки при решении типовых профессиональных задач.	Демонстрирует знания: - по применению методов оценивания состояния конструкций и отдельных ее деталей под воздействием известной силовой нагрузки при решении типовых профессиональных задач.
Владеть: -методами расчета на прочность деталей конструкций при статических и динамических нагрузках при решении профессиональных задач.	Анализирует: - детали конструкций при статических и динамических нагрузках при решении профессиональных задач.	Дает оценку: - деталям конструкций при статических и динамических нагрузках при решении профессиональных задач.
3 способностью использовать математические, аналитические и численные методы решения профессиональных задач с использованием готовых программных средств (ПК-23).		
Знать : -основные элементы	Понимает: -основные элементы прикладной геометрии и	Описывает и оценивает: -основные элементы прикладной геометрии и

прикладной геометрии и инженерной графики.	инженерной графики.	инженерной графики.
Уметь: - использовать основные элементы прикладной геометрии и инженерной графики в профессиональной деятельности.	Применяет: - основные элементы прикладной геометрии и инженерной графики в профессиональной деятельности.	Демонстрирует знания: - по основным элементам прикладной геометрии и инженерной графики в профессиональной деятельности.
Владеть: - навыками пространственного представления и конструктивно-геометрического мышления.	Анализирует: - пространственно-геометрические объекты.	Дает оценку: - пространственно-геометрическим объектам.
4 умением использовать основные приемы обработки экспериментальных данных при решении профессиональных задач (ПК-25).		
Знать : - условия равновесия систем сил и возможности практического применения этих условий при решении профессиональных задач.	Понимает: - условия равновесия систем сил и возможности практического применения этих условий при решении профессиональных задач.	Описывает и оценивает: - условия равновесия систем сил и возможности практического применения этих условий при решении профессиональных задач.
Уметь: - проводить кинематический анализ движения деталей и механизмов и составлять динамические уравнения движения при решении типовых профессиональных задач.	Применяет: - кинематический анализ движения деталей и механизмов и составлять динамические уравнения движения при решении типовых профессиональных задач.	Демонстрирует знания: - по использованию различных методов – проведения кинематического анализа движения деталей и механизмов и составления динамических уравнений движения при решении типовых профессиональных задач.
Владеть: - навыками учета данных о летно-технических характеристиках воздушных судов при решении профессиональных задач.	Анализирует: - данные о летно-технических характеристиках воздушных судов при решении профессиональных задач.	Дает оценку: - данным о летно-технических характеристиках воздушных судов при решении профессиональных задач.
5 способностью организовывать и осуществлять поиск и устранение неисправностей авиационной техники (ПСК – 9.2).		

Знать : - конструкцию авиационных двигателей и их систем; принципы работы узлов и систем авиационных двигателей.	Понимает: - конструкцию авиационных двигателей и их систем; принципы работы узлов и систем авиационных двигателей.	Описывает и оценивает: - конструкцию авиационных двигателей и их систем; принципы работы узлов и систем авиационных двигателей.
Уметь: - исследовать и анализировать причины отказов и неисправностей авиационных двигателей.	Применяет: - методы исследования и анализа причины отказов и неисправностей авиационных двигателей.	Демонстрирует знания: - по классификации методов исследования и анализа причины отказов и неисправностей авиационных двигателей.
Владеть: - методами оценки прочности деталей авиационных двигателей при статических и динамических нагрузках.	Анализирует: - прочность деталей авиационных двигателей при статических и динамических нагрузках.	Дает оценку: - деталям авиационных двигателей при статических и динамических нагрузках.
6 способностью организовывать и осуществлять мероприятия, направленные на продление ресурсов воздушных судов (планера и силовых установок) (ПСК – 9.5).		
Знать: - условия работы и нагрузки, действующие на узлы и детали авиационных двигателей в процессе эксплуатации.	Понимает: - условия работы и нагрузки, действующие на узлы и детали авиационных двигателей в процессе эксплуатации.	Описывает и оценивает: - условия работы и нагрузки, действующие на узлы и детали авиационных двигателей в процессе эксплуатации.
Уметь: - исследовать причины потери прочности деталей авиационных двигателей при статических и динамических нагрузках.	Применяет: - методы исследования причин потери прочности деталей авиационных двигателей при статических и динамических нагрузках.	Демонстрирует знания: - по классификации методов исследования причин потери прочности деталей авиационных двигателей при статических и динамических нагрузках.
Владеть: - методами оценки прочности деталей авиационных двигателей при статических и динамических нагрузках.	Анализирует: - прочность деталей авиационных двигателей при статических и динамических нагрузках.	Дает оценку: - деталям авиационных двигателей при статических и динамических нагрузках.
7 способностью и готовностью организовывать и осуществлять оперативный контроль технического состояния воздушных судов (планера и силовых установок) (ПСК – 9.6).		
Знать :	Понимает:	Описывает и оценивает:

- методы расчета прочности деталей авиационных двигателей при статических и динамических нагрузках.	- методы расчета прочности деталей авиационных двигателей при статических и динамических нагрузках.	- методы расчета прочности деталей авиационных двигателей при статических и динамических нагрузках.
Уметь: - производить расчет на прочность деталей авиационных двигателей при статических и динамических нагрузках.	Применяет: - методы расчета на прочность деталей авиационных двигателей при статических и динамических нагрузках.	Демонстрирует знания: - по технологии проведения расчета на прочность деталей авиационных двигателей при статических и динамических нагрузках.
Владеть: - методами контроля технического состояния воздушных судов.	Анализирует: - техническое состояние воздушных судов.	Дает оценку: - техническому состоянию воздушных судов.

На зачет с оценкой выносятся вопросы, охватывающие все содержание учебной дисциплины.

Знания обучающихся оцениваются по четырех бальной системе с выставлением обучающимся итоговой оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «не удовлетворительно».

Оценка «отлично» при приеме зачета с оценкой выставляется в случае:

- полного, правильного и уверенного изложения обучающимся учебного материала по каждому из вопросов;

- уверенного владения обучающимся понятийно-категориальным аппаратом учебной дисциплины;

- логически последовательного, взаимосвязанного и правильно структурированного изложения обучающимся учебного материала, умения устанавливать и прослеживать причинно-следственные связи между событиями, процессами и явлениями, о которых идет речь в вопросах; приведения обучающимся надлежащей аргументации, наличия у обучающегося логически и нормативно обоснованной точки зрения при освещении проблемных, дискуссионных аспектов учебного материала по вопросам;

- лаконичного и правильного ответа обучающегося на дополнительные вопросы преподавателя.

Оценка «хорошо» при приеме зачета с оценкой выставляется в случае:

- грамотное, связанное и непротиворечивое изложение сути вопроса;

- актуальность используемых в сообщении сведений; удовлетворительное качество изложения материала.

Оценка «удовлетворительно» при приеме зачета с оценкой выставляется в случае: - отсутствие грамотного, связного и непротиворечивого изложения сути вопроса.

Оценка «не удовлетворительно» при приеме зачета с оценкой выставляется в случае:

- отказа обучающегося от ответа по билету с указанием, либо без указания причин;

- невозможности изложения обучающимся учебного материала по двум или всем вопросам;

- допущения обучающимся существенных ошибок при изложении учебного материала по двум или всем вопросам;

- скрытое или явное использование обучающимся при подготовке к ответу нормативных источников, основной и дополнительной литературы, конспектов лекций и иного вспомогательного материала, кроме случаев специального указания или разрешения преподавателя;

- невладения обучающимся понятиями и категориями данной дисциплины;

- невозможность обучающегося дать ответы на дополнительные вопросы преподавателя.

Обучающийся имеет право отказаться от ответа по выбранному вопросу с указанием, либо без указания причин и взять другой вопрос.

Дополнительные вопросы могут быть заданы обучающемуся в случае:

- необходимости конкретизации и изложенной обучающимся информации по вопросам с целью проверки глубины знаний отвечающего по связанным между собой темам и проблемам;

- необходимости проверки знаний обучающегося по основным темам и проблемам курса при недостаточной полноте его ответа по вопросам.

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

9.6.1 Примерный перечень контрольных вопросов и задания для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по лекционным темам в форме устного опроса

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 разработки 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 газоздушного 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.

9.6.2 Примерный перечень тем докладов для проведения текущего контроля успеваемости по лекционным темам (для практических занятий)

7 семестр

1 Типы силовых корпусов, конструктивные особенности элементов статоров.

2 Нагрузки, действующие на элементы статоров.

3 Принцип модульности конструкции двигателей. 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.

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

8 семестр

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

2 Причины возникновения колебаний рабочих лопаток и дисков.

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

4 Гибкие и жесткие роторы. Многодисковые роторы.

5 Причины возникновения колебаний рабочих лопаток и дисков.

9.6.3 Примерный перечень вопросов к зачет с оценкой для проведения промежуточного контроля по дисциплине

7 семестр

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 газоздушного 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 обеспечение прочности 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.

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, раскрыть состояние и перспективы прогресса конкретной области науки и экономики, сконцентрировать внимание на наиболее сложных и узловых вопросах.

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.

Интерактивные лекции проводятся в форме проблемных лекций. 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.

Цель практических занятий – закрепить теоретические знания, полученные студентами на лекциях и в результате самостоятельного изучения соответствующих разделов рекомендуемой литературы, а также приобрести практические навыки в области мониторинга, устранения неисправностей и технического обслуживания систем авиационных двигателей. 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.

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 поиска новых знаний, выполнения домашних контрольных заданий, подготовки к предстоящим занятиям.

Целью самостоятельной работы обучающихся при изучении настоящей учебной дисциплины является выработка ими навыков работы с нормативно-правовыми актами, научной и учебной литературой, другими источниками, материалами экономической и управленческой практики, а также развитие у обучающихся устойчивых способностей к самостоятельному изучению и обработке полученной информации.

В процессе самостоятельной работы обучающийся должен воспринимать, осмысливать и углублять получаемую информацию, решать практические задачи, анализировать ситуации, подготавливать доклады, выполнять домашние задания, овладевать профессионально необходимыми навыками. Самостоятельная работа обучающегося весьма многообразна и содержательна. Она включает следующие виды занятий:

– самостоятельный подбор, изучение, конспектирование, анализ учебно-методической и научной литературы, периодических научных изданий, нормативно-правовых документов, статистической информации;

– индивидуальная творческая работа по осмыслению собранной информации, проведению сравнительного анализа материалов, полученных из разных источников, интерпретации информации, выполнение домашних заданий, подготовка докладов.

Текущий контроль успеваемости студентов осуществляется для оценки уровня остаточных знаний путём проведения устных опросов, выполнения студентами индивидуальных домашних заданий в виде докладов.

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. Кроме того, необходимо отметить, что, в определенном смысле, качественный уровень всей самостоятельной работы обучающегося определяется уровнем самоконтроля.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению подготовки 162001 «Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения».

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры № 24 «Авиационной техники и диагностики».

«26» декабря 2018 года, протокол № 5-1.

Разработчики:

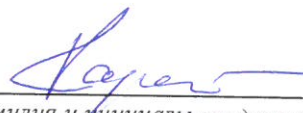
Д.Т.Н., доцент, с.н.с.


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

Тарасов В.Н.

Заведующий кафедрой:

Д.Т.Н., доцент, с.н.с.

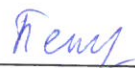

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)

Тарасов В.Н.

Программа согласована:

Руководитель ОПОП

К.Т.Н.


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

Петрова Т.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Учебно-методического совета Университета «16» апреля 2019 года, протокол № 5.