

Рабочая программа учебной дисциплины **«Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»** разработана на основании федерального государственного требования, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 20 октября 2021 г. N 951

Программа рекомендована Научно-методическим советом ФАУ «ЦАГИ» для направлений подготовки и направленностей:

Группа научных специальностей: **2.5 Машиностроение**

Научная специальность: **2.5.14 Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов**

Согласовано:

Председатель научно-методического совета по аспирантуре

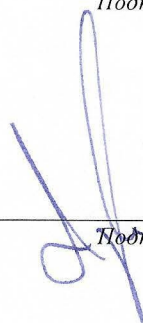
А.М. Гайфуллин,

д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН



Подпись

Первый заместитель генерального
директора А.Л. Медведский д.ф.-
м.н., доц.



Подпись

Содержание

1. Общие положения	4
1.1 Цель и задачи учебной дисциплины	4
1.2 Место учебной дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы.....	4
1.3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине в рамках планируемых результатов освоения основной профессиональной образовательной программы	4
2. Объем учебной дисциплины	5
3. Содержание учебной дисциплины.....	6
3.1. Учебно-тематический план по очной форме обучения	6
4. Содержание разделов и тем учебной дисциплины	8
5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине.....	13
5.1. Форма промежуточной аттестации обучающегося по учебной дисциплине	13
5.2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.....	13
5.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы	14
6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы для освоения учебной дисциплины	17
6.1. Основная литература.....	17
6.2. Дополнительная литература	18
7. Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения учебной дисциплины	21
8. Методические указания для обучающихся по освоению учебной дисциплины.....	22
8.1. Подготовка к лекционному занятию	22
8.2. Подготовка к занятию практического типа.	22
8.3. Самостоятельная работа обучающегося.....	23
8.4. Подготовка к зачету/экзамену	25
9. Информационно-технологическое обеспечение образовательного процесса по учебной дисциплине.....	26
10. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по учебной дисциплине	23
11. Образовательные технологии.....	26
12. Аннотация рабочей программы учебной дисциплины	28
Лист регистрации изменений	29

1. Общие положения

1.1 Цель и задачи учебной дисциплины

Целью изучения дисциплины «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов» является формирование у аспирантов профессиональных компетенций, связанных с применением теоретических и экспериментальных методов в процессах обеспечения неразрушения и нормального функционирования всех силовых элементов и бортовых систем авиационной и ракетно-космической техники, а также исследования тепломассообменных процессов в конструкциях, агрегатах и системах летательных аппаратов, выбор проектных решений и параметров с учетом их тепловых режимов.

Задачи изучения дисциплины включают:

- обучение аспирантов основным методам определения внешних нагрузок, действующих на летательные аппараты, а также обеспечения статической и динамической прочности;
- формирование научных представлений о методах и средствах повышения ресурса и долговечности летательных аппаратов, организации, экономики и оптимизации процессов обеспечения их прочности;
- развитие навыков разработки и применения методов теплового проектирования летательных аппаратов;
- проведение теоретических и экспериментальных исследований теплофизических и тепломассообменных процессов в системах и агрегатах летательных аппаратов, термодинамического синтеза, проектного анализа и отработку систем обеспечения их тепловых режимов.

1.2 Место учебной дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина является обязательной для освоения по группе научной специальности 2.5 «Машиностроение», научной специальности 2.5.14 «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

1.3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине в рамках планируемых результатов освоения основной профессиональной образовательной программы

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты:

Таблица 1
Планируемые результаты обучения

Результаты обучения
Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. Уметь анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов. Владеть навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
Знать фундаментальные законы теории прочности конструкций летательных аппаратов и современные методы исследований прочности летательных аппаратов. Уметь выбрать эффективный метод для решения конкретной задачи. Владеть навыками проведения сравнительного анализа методов исследования и решения теоретических и прикладных задач прочности летательных аппаратов
Знать современные результаты в области прочности летательных аппаратов Уметь провести расчетные и экспериментальные исследования с использованием современных методов. Владеть навыками работы с современными комплексами программ и современной измерительной аппаратурой
Знать особенности и ограничения теоретических моделей расчета и экспериментальных методов исследования прочности элементов летательных аппаратов Уметь формулировать задачу, выбирать гипотезы, основные параметры, теоретическую модель, способ решения. Владеть методикой анализа полученного решения, способами повышения точности и надежности результатов

2. Объем учебной дисциплины

Общая трудоемкость учебной дисциплины составляет 6 зачетные единицы.

Таблица 2

Распределение объема дисциплины по видам работ

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры		
		4	5	6
Аудиторные учебные занятия, всего, в т.ч.:	88	36	34	18
контактная работа обучающихся с преподавателем:	88	36	34	18
- учебные занятия лекционного типа	88	36	34	18

- учебные занятия семинарского типа	-	-	-	
- лабораторные занятия	-	-	-	
Самостоятельная работа обучающихся, всего, в т.ч.:	92	36	38	18
- подготовка к лекционным и практическим занятиям, самостоятельное изучение разделов дисциплины в ЭИОС	92	36	38	18
- выполнение практических заданий	-	-	-	
- рубежный текущий контроль	-	-	-	
Контроль	36	-		36
Вид промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	-	зачет	зачет с оценкой	экзамен
Общая трудоемкость учебной дисциплины, з.е.	6	2	2	2

** **Самостоятельная работа** – изучение студентами теоретического материала, подготовка к лекциям, практическим и семинарским занятиям, написание рефератов, отчетов, проектов, работа в электронной образовательной среде и др. для приобретения новых знаний и умений.*

***Виды самостоятельной учебной работы:** расчетно-графическая работа, написание реферата, выполнение типового расчета, домашнее задание (решение задач, перевод текста, конспектирование, составление обзора), подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов, научно-исследовательская работа и т.п.).*

3. Содержание учебной дисциплины

3.1. Учебно-тематический план по очной форме обучения

Объем учебных занятий составляет 88 часов.

Объем самостоятельной работы – 92 часа.

Таблица 3

Распределение учебного времени по темам и видам учебных занятий

№ п/п	Тема	Виды учебной работы, академических часов					
		Всего	Самостоятельная работа, в т.ч. промежуточная аттестация	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
				Всего	Лекционного типа	Семинарского типа	Лабораторные занятия
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Тема 1. Нормы прочности летательных аппаратов – организационные и правовые аспекты	6	3	3	3	-	-
2	Тема 2. Сертификация авиационной техники, организаций разработчиков и изготовителей	6	3	3	3	-	-
3	Тема 3. Основные положения теории прочности	6	3	3	3	-	-
4	Тема 4. Силы и напряжения	6	3	3	3	-	-
5	Тема 5. Составляющие перемещения и деформации	6	3	3	3	-	-
6	Тема 6. Работа упругих сил	8	4	4	4	-	-
7	Тема 7. Плоская задача теории упругости в прямоугольных координатах	8	4	4	4	-	-
8	Тема 8. Изгиб тонких пластинок	6	3	3	3	-	-
9	Тема 9. Вариационные методы решения задач теории упругости	6	3	3	3	-	-
10	Тема 10. Кручение	6	3	3	3	-	-
11	Тема 11. Матричный метод перемещений	6	3	3	3	-	-
12	Тема 12. Основы теплообмена	6	3	3	3	-	-
13	Тема 13. Основные зависимости теории пластичности	6	3	3	3	-	-
14	Тема 14. Теорема о разгрузке	6	3	3	3	-	-
15	Тема 15. Простейшие задачи теории пластичности	7	4	3	3	-	-

16	Тема 16. Упругопластическое состояние толстостенной трубы	6	3	3	3	-	-
17	Тема 17. Основы теории колебаний	6	3	3	3	-	-
18	Тема 18. Колебания в системах с одной степенью свободы	8	4	4	4	-	-
19	Тема 19. Колебания в линейных системах со многими степенями свободы	8	4	4	4	-	-
20	Тема 20. Колебания в потоке	8	4	4	4	-	-
21	Тема 21. Колебания стержней, балок, мембран и пластин	8	4	4	4	-	-
22	Тема 22. Усталость материалов и конструкций	7	4	3	3	-	-
23	Тема 23. Методы расчета усталостной долговечности	7	4	3	3	-	-
24	Тема 24. Усталость типовых элементов авиаконструкций	7	4	3	3	-	-
25	Тема 25. Основы механики разрушения	7	4	3	3	-	-
26	Тема 26. Механика разрушения и живучесть конструкций	7	3	4	4	-	-
27	Тема 27. Обеспечение ресурса планера на этапах проектирования и эксплуатации самолета	6	3	3	3	-	-
Общий объем, часов		180	92	88	88	-	-
Форма итоговой аттестации		Зачет/зачет с оценкой/экзамен					

4. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Тема 1. Нормы прочности летательных аппаратов – организационные и правовые аспекты.

Основные цели и задачи норм прочности летательных аппаратов. Место норм прочности летательных аппаратов в законодательной базе РФ. Научные основы норм прочности летательных аппаратов. Классификация задач прочности летательных аппаратов с точки зрения нормирования.

Тема 2. Сертификация авиационной техники, организаций разработчиков и изготовителей.

Федеральные авиационные правила «Сертификация авиационной техники, организаций разработчиков и изготовителей. Часть 21» (ФАП-21). Нормы прочности гражданских самолетов. Нормы летной годности гражданских самолетов, часть АП-25. Порядок проведения обязательной сертификации гражданских воздушных судов. Авиационные власти (Уполномоченный орган) РФ – основные

задачи. Сертификационный базис. Программа сертификационных работ. Специальные технические условия. Методы определения соответствия.

Тема 3. Основные положения теории прочности.

Основные положения теории прочности, предмет изучения. Краткий исторический очерк развития теории прочности. Основные принципы классической теории упругости. Основные классы задач, решаемые в вопросах прочности летательных аппаратов. Инженерный расчет. Реальный объект и расчетная схема. Схематизация свойств материала. Схематизация нагрузки. Схематизация геометрической формы. Этапы создания летательного аппарата и виды расчетов прочности.

Тема 4. Силы и напряжения.

Дифференциальные уравнения равновесия. Напряжения на наклонных площадках. Условия на поверхности. Напряженное состояние в точке тела. Главные напряжения. Инварианты напряженного состояния. Тензор напряжений. Интенсивность напряжений. Наибольшие касательные напряжения.

Тема 5. Составляющие перемещения и деформации.

Зависимость между составляющими перемещения и деформации. Объемная деформация. Уравнения неразрывности деформаций. Тензор деформаций. Главные деформации. Интенсивность деформаций. Выражение деформаций через напряжения (Закон Гука). Выражение напряжений через деформации. Закон Гука в тензорной форме.

Тема 6. Работа упругих сил.

Потенциальная энергия деформации. Основные уравнения теории упругости и способы их решения. Решение задачи теории упругости в перемещениях. Решение задачи теории упругости в напряжениях при постоянстве объемных сил. Типы граничных условий на поверхности тела. Методы решения задачи теории упругости.

Тема 7. Плоская задача теории упругости в прямоугольных координатах.

Плоская деформация. Обобщенное плоское напряженное состояние. Решение плоской задачи в напряжениях. Функция напряжений. Плоская задача теории упругости в полярных координатах. Основные уравнения. Функция напряжений для плоской задачи в полярных координатах. Осесимметричные задачи. Решение в перемещениях. Расчет трубы с толстыми стенками.

Тема 8. Изгиб тонких пластинок.

Основные понятия и гипотезы. Перемещения и деформации в пластинке. Напряжения в пластинке. Усилия в пластинке. Выражения напряжений через усилия. Дифференциальное уравнение изогнутой срединной поверхности пластинки. Условия на контуре пластинки.

Тема 9. Вариационные методы решения задач теории упругости.

Сущность вариационных методов решения дифференциальных уравнений. Метод Ритца-Тимошенко. Метод Бубнова-Галеркина. Потенциальная энергия при изгибе пластинки. Примеры решения задач по методам Ритца-Тимошенко и Бубнова-Галеркина.

Тема 10. Кручение.

Напряженное состояние чистого сдвига. Кручение бруса с круглым сечением. Геометрические характеристики сечения. Энергия деформации сдвига. Кручение тонкостенного бруса. Кручение замкнутого тонкостенного профиля.

Тема 11. Матричный метод перемещений.

Понятие о матрице жесткости. Преобразование координат. Ферменный элемент. Прямой брус в местной системе координат. Стержневая система. Определение перемещений узлов. МКЭ для континуальных областей. Конечные элементы сплошной среды. Плоский треугольный элемент.

Тема 12. Основы теплообмена.

Основные понятия, определения и виды теплообмена. Основной закон теплопроводности. Основное дифференциальное уравнение теплопроводности. Уравнение теплоотдачи. Условия однозначности. Простейшие задачи стационарной теплопроводности в твердых телах – плоской стенке.

Тема 13. Основные зависимости теории пластичности.

Активная, пассивная и нейтральная деформации. Простое и сложное нагружения. Математический аппарат теории пластичности. Условия пластичности. Теория малых упругопластических деформаций.

Тема 14. Теорема о разгрузке.

Варианты зависимости между интенсивностью напряжений и интенсивностью деформаций. Теория пластического течения. Деформационная теория пластичности. Связь между теорией течения и деформационной теорией. Постановка задачи теории пластичности.

Тема 15. Простейшие задачи теории пластичности.

Несущая способность балок и пластин на основе жесткопластического материала. Чистый изгиб. Предел упругого деформирования. Предел пластического деформирования. Поперечный изгиб. Упругопластическое кручение бруса круглого сечения.

Тема 16. Упругопластическое состояние толстостенной трубы.

Упругопластическое состояние толстостенной трубы, находящейся под действием внутреннего давления. Предел упругого деформирования. Предел пластического деформирования. Несущая способность балок и пластин на основе жесткопластического материала.

Тема 17. Основы теории колебаний.

Предмет теории колебаний, создание ее основ, развитие, применение к различным процессам в природе и технике. Выбор моделей для рассмотрения и классификации колебательных систем. Общие свойства колебательных систем. Классификация колебательных процессов.

Тема 18. Колебания в системах с одной степенью свободы.

Собственные колебания в линейных системах с одной степенью свободы. Собственные колебания в консервативной системе с одной степенью свободы. Собственные колебания в неконсервативной системе с одной степенью свободы. Изображение колебательных процессов на "фазовой плоскости". Энергетический метод определения собственной частоты. Вынужденные колебания в линейной системе. Действие гармонической силы на линейную систему без трения. Явление резонанса. Вид колебаний при резонансе. Вынужденные

колебания в системе с линейным вязким и конструкционным трением под действием синусоидальной силы. Метод комплексных амплитуд. Возбуждение колебаний заданным смещением. Спектральный анализ колебаний. Спектры периодической функции. Ряд Фурье. Сплошной спектр (интеграл Фурье). Колебания, вызываемые ударом. Преобразование Лапласа. Спектр случайной функции. Белый шум. Собственные колебания нелинейной системы. Колебания нелинейной консервативной системы. Колебания физического маятника. Определение периода колебаний. Фазовая плоскость системы. Колебания в системе с "сухим" трением и люфтом. Собственные и вынужденные колебания. Уравнения Ван-дер-Поля, Дуффинга, Рэля. Понятие о предельных циклах. Параметрические колебания. Уравнения колебаний маятника с вертикально колеблющейся точкой подвеса. Примеры систем с периодически меняющимся параметром. Параметрический резонанс, его отличие от "обычного" резонанса. Области параметрического резонанса. Автоколебания.

Тема 19. Колебания в линейных системах со многими степенями свободы.

Колебания в системах с двумя степенями свободы. Парциальные системы. Теория собственных колебаний в системе с двумя степенями свободы. Нормальные координаты. Собственные частоты как экстремальные значения. Связь и связанность двух систем. Действие внешних гармонических сил на систему с двумя степенями свободы без затухания и при наличии затухания. Динамическая жесткость. Колебания в линейных системах со многими степенями свободы. Уравнения Лагранжа для малых колебаний системы со многими степенями свободы. Собственные колебания в системе без трения. Нормальные координаты. Ортогональность нормальных координат. Энергия собственных колебаний и энергия нормального колебания. Равенство нулю одной или нескольких собственных частот. Колебания в системе со многими степенями свободы при наличии затухания. Вынужденные колебания. Комплексные собственные формы колебаний. Применение матриц при анализе собственных и вынужденных колебаний в консервативных и неконсервативных системах со многими степенями свободы.

Тема 20. Колебания в потоке.

Флаттер. Примеры автоколебаний в потоке. Изгибно-крутильный флаттер крыла. Флаттер крыла с элероном. Собственные колебания самолетов в пустоте. Расчет собственных частот и форм. Аэродинамические воздействия на колеблющееся крыло. Определение сил и моментов по гипотезе стационарности на колеблющееся крыло с элероном. Нестационарная теория сил, действующих на отсек колеблющегося крыла бесконечного размаха. Метод Белоцерковского. Линейная теория нестационарных сил в сверхзвуковом потоке. "Поршневая теория" для определения нестационарных сил в сверхзвуковом потоке. Критерии устойчивости систем. Расчет самолета на флаттер методом заданных форм. Понятие об аэроупругом взаимодействии с системами автоматического управления. Методы моделирования явлений аэроупругости на динамически подобных моделях в АДТ. Вынужденные колебания самолетов под действием внешних нестационарных возмущений.

Тема 21. Колебания стержней, балок, мембран и пластин.

Системы с распределенными параметрами. Собственные продольные, крутильные и изгибные колебания, однородных стержней и балок. Формы и частоты собственных колебаний стержней постоянного сечения. Неоднородные граничные условия. Ортогональность форм собственных колебаний. Совместные собственные изгибно-крутильные колебания балок. Вынужденные колебания стержней и балок. Колебания мембран и пластин. Приближенные методы определения собственных частот и форм неоднородных балок (метод последовательных приближений, сосредоточенных масс, Релея и Ритца, Бубнова-Галеркина). Методы экспериментальной оценки форм и частот собственных колебаний (метод фазового резонанса, метод разделения фаз).

Тема 22. Усталость материалов и конструкций.

Краткий обзор развития исследований усталости и трещиностойкости в машиностроении и самолетостроении. Безопасный ресурс авиационных конструкций. Принципы безопасного разрушения и допустимого повреждения самолетных конструкций. Усталостный процесс. Характеристики сопротивления усталости. Концентрация напряжений. Типы концентраторов и их влияние на усталость. Влияние параметров цикла напряжений на усталостную долговечность. Усталость при сложном напряженном состоянии. Кривые усталости. Усталость при нестационарном периодическом нагружении. Усталостная долговечность при квазислучайном нагружении. Типизированные программы квазислучайного нагружения. Рассеяние характеристик усталости.

Тема 23. Методы расчета усталостной долговечности.

Линейная гипотеза суммирования усталостных повреждений. Метод полных циклов. Эквивалентные напряжения. Деформационная теория усталости. Уравнения Коффина-Мэнсона. Влияние температуры на усталостную долговечность. Влияние технологических факторов на усталостную долговечность. Влияние конструктивных факторов на усталостную долговечность соединений. Влияние эксплуатационных факторов на усталостную долговечность. Статистические характеристики усталостной долговечности соединений.

Тема 24. Усталость типовых элементов авиаконструкций.

Усталость продольных стыков крыла и фюзеляжа. Методики испытаний образцов материалов на усталость. Требования к характеристикам усталости конструкционных материалов. Справочные характеристики усталости авиационных материалов. Усталость при акустическом наружении. Усталость шасси. Сертификационные испытания крупногабаритных панелей и полномасштабных конструкций на усталость.

Тема 25. Основы механики разрушения.

Виды разрушения. Хрупкое разрушение. Теория Гриффитса. Напряженное состояние в окрестности вершины трещины. Учет пластической зоны у вершины трещины. Влияние толщины образца на сопротивление разрушению. Скорость роста трещин.

Тема 26. Механика разрушения и живучесть конструкций.

Поле напряжений при вершине трещины. Коэффициент интенсивности напряжений. Пластическая зона при вершине трещины. Критерий Гриффитса. Критерий предельного раскрытия трещины. Концепция R-кривых. J интеграл.

Аналитические методы определения коэффициентов интенсивности напряжений. Метод конечных элементов для определения коэффициентов интенсивности напряжений. Экспериментальные методы определения коэффициентов интенсивности напряжений. Вязкость разрушения при плоской деформации. Методика испытаний. Разрушение при плоском напряженном состоянии. Методика испытаний. Скорость роста трещин при циклических нагрузках. Кинетические диаграммы скорости роста трещин. Формулы Пэриса, Формана и др. для расчета скорости роста трещин при регулярных нагрузках. Модель Уилера для расчета скорости роста трещин при нерегулярных нагрузках. Модель Уилленборга. Модель Элбера. Влияние металлургических факторов на трещиностойкость. Основные характеристики живучести конструкций. Периодичность осмотров конструкций. Контролепригодность конструкций. Регламентированные повреждения. Остаточная прочность составных конструкций. Остаточная прочность подкрепленных конструкций с трещиной в обшивке. Остаточная прочность герметических фюзеляжей. Остаточная прочность конструкций с поверхностными и угловыми трещинами. Критерии остаточной прочности конструкций с многоочаговыми трещинами. Требования к трещиностойкости конструкционных материалов. Конструктивные методы обеспечения живучести. Рассеяние скорости роста трещин и остаточной прочности. Сертификационные испытания на живучесть натурных конструкций.

Тема 27. Обеспечение ресурса планера на этапах проектирования и эксплуатации самолета.

Нормативно-технические требования, обеспечение безопасности конструкции по условиям прочности при длительной эксплуатации. Безопасный ресурс, допустимость повреждения, безопасность разрушения. Методы обеспечения требований к характеристикам усталости и живучести планера на этапе проектирования. Сертификационные испытания на ресурс авиационных конструкций. Типизированные спектры нагружения планера при ресурсных испытаниях. Методы и средства дефектоскопии в процессе ресурсных испытаний. Исследования скорости роста трещин в процессе сертификационных испытаний. Испытания на остаточную прочность конструкций в конце усталостных испытаний планера самолета. Фрактография поверхностей трещин, образовавшихся при испытаниях и в эксплуатации. Поэтапное индивидуальное продление ресурса конструкций самолетов. Поддержание летной годности самолетов.

5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине

5.1. Форма промежуточной аттестации обучающегося по учебной дисциплине

Контрольным мероприятием промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине является **зачет** - в 4 семестре обучения, **зачет с оценкой** - в 5 семестре обучения и **экзамен** – в 6 семестре обучения, которые проводятся в устной и письменной форме.

Обучающийся допускается к зачетам по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки.

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

По результатам сдачи **зачета** аспиранту выставляется оценка:

- «**зачет**» – в случае, если аспиранта успешно освоил основные темы курса, регулярно посещал аудиторные занятия; системно и удовлетворительно выполнял самостоятельную работу;
- «**незачет**» – при не освоении аспирантом основных тем курса и не регулярном посещении аудиторных занятий; не представлении результатов самостоятельной работы.

Оценка знаний аспиранта на **зачете с оценкой и экзамене** осуществляется по **пятибалльной шкале**:

- «**отлично**», если аспирант показал глубокие знания и понимание программного материала по поставленному вопросу, умело увязывает его с практикой, грамотно и логично строит ответ, быстро принимает оптимальные решения;
- «**хорошо**», если аспирант твердо знает программный материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет полученные знания при решении практических заданий;
- «**удовлетворительно**», если аспирант имеет знания только основного материала по поставленному вопросу, но не усвоил его деталей, требует в отдельных случаях наводящих вопросов для правильного ответа, допускает отдельные неточности, ошибки в решении практических заданий;
- «**неудовлетворительно**», если аспирант допускает грубые ошибки в ответе на поставленный вопрос, не может применять полученные знания на практике.

5.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Примерные вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине:

1. Основные цели и задачи норм прочности летательных аппаратов.
2. Основные Федеральные законы РФ, регулирующие создание воздушных судов.

3. На какие виды подразделяется авиация в РФ.
4. Виды научно-технической документации, обеспечивающие создание воздушных судов.
5. Порядок формирования норм прочности.
6. Основные задачи обязательной сертификации гражданских воздушных судов.
7. Порядок разработки специальных технических условий.
8. Основные этапы сертификационных работ.
9. Сертификация и квалификация компонентов, квалификация комплектующих.
10. Основные принципы классической теории упругости
11. Этапы создания ЛА и виды расчетов на прочность
12. Вывод уравнений равновесия
13. Главные напряжения
14. Тензор напряжений
15. Интенсивность напряжений. Интенсивность касательных напряжений
16. Составляющие перемещения и деформации. Зависимость между ними
17. Главные деформации. Интенсивность деформаций. Выражение деформаций через напряжения (Закон Гука).
18. Работа упругих сил. Потенциальная энергия деформации.
19. Основные уравнения теории упругости и способы их решения. Решение задачи теории упругости в перемещениях.
20. Плоская задача теории упругости в прямоугольных координатах. Плоская деформация. Обобщенное плоское напряженное состояние.
21. Решение плоской задачи в напряжениях. Функция напряжений.
22. Плоская задача теории упругости в полярных координатах. Основные уравнения.
23. Функция напряжений для плоской задачи в полярных координатах. Осесимметричные задачи. Решение в перемещениях.
24. Расчет трубы с толстыми стенками (задача Ламе).
25. Изгиб тонких пластинок. Основные понятия и гипотезы.
26. Дифференциальное уравнение изогнутой срединной поверхности пластинки.
27. Сущность вариационных методов решения дифференциальных уравнений. Метод Ритца-Тимошенко.
28. Кручение. Напряженное состояние чистого сдвига. Кручение бруса с круглым сечением.
29. Активная, пассивная и нейтральная деформации. Простое и сложное нагружения.
30. Условия пластичности. Теория малых упругопластических деформаций.
31. Теорема о разгрузке.
32. Варианты зависимости между интенсивностью напряжений и интенсивностью деформаций.
33. Понятие о теории пластического течения.

34. Чистый изгиб балок. Предел упругого деформирования. Предел пластического деформирования.
35. Упругопластическое кручение бруса круглого сечения.
36. Упругопластическое состояние толстостенной трубы, находящейся под действием внутреннего давления.
37. Предел упругого деформирования трубы. Предел пластического деформирования.
38. Несущая способность балок и пластин на основе жесткопластического материала.
39. Предмет теории колебаний, создание ее основ, развитие, применение к различным процессам в природе и технике.
40. Собственные колебания в линейных системах с одной степенью свободы.
41. Собственные колебания в консервативной системе с одной степенью свободы.
42. Собственные колебания в неконсервативной системе с одной степенью свободы.
43. Вынужденные колебания в линейной системе.
44. Вынужденные колебания в системе с линейным вязким и конструкционным трением под действием синусоидальной силы.
45. Собственные колебания нелинейной системы.
46. Параметрические колебания.
47. Колебания в системах с двумя степенями свободы.
48. Действие внешних гармонических сил на систему с двумя степенями свободы без затухания и при наличии затухания.
49. Колебания в линейных системах со многими степенями свободы.
50. Собственные колебания в системе без трения.
51. Колебания в системе со многими степенями свободы при наличии затухания.
52. Вынужденные колебания.
53. Флаттер. Изгибно-крутильный флаттер крыла. Флаттер крыла с элероном.
54. Линейная теория нестационарных сил в сверхзвуковом потоке.
55. Понятие об аэроупругом взаимодействии с системами автоматического управления.
56. Собственные продольные, крутильные и изгибные колебания однородных стержней.
57. Приближенные методы определения собственных частот и форм неоднородных балок.
58. Методы экспериментальной оценки форм и частот собственных колебаний.
59. Усталостный процесс.
60. Методы расчета усталостной долговечности.
61. Деформационная теория усталости.
62. Усталость типовых элементов авиаконструкций.
63. Механика разрушения и живучесть конструкций.

64. Аналитические методы определения коэффициентов интенсивности напряжений.
65. Основные характеристики живучести конструкций.
66. Обеспечение ресурса планера на этапах проектирования и эксплуатации самолета.
67. Нормативно-технические требования, обеспечение безопасности конструкции по условиям прочности при длительной эксплуатации.
68. Сертификационные испытания на ресурс авиационных конструкций.

6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы для освоения учебной дисциплины

6.1. Основная литература

1. Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27 декабря 2002 года № 184-ФЗ.
2. Воздушный кодекс Российской Федерации от 19.03.1997 № 60-ФЗ.
3. Приказ Министерства транспорта РФ от 17 июня 2019 г. № 184 (ред. от 29.05.2023) "Об утверждении Федеральных авиационных правил "Сертификация авиационной техники, организаций разработчиков и изготовителей. Часть 21".
4. Приказ Министерства транспорта РФ от 27 декабря 2022 г. № 961-П «Об утверждении Норм летной годности самолетов транспортной категории НЛГ-25.
5. ГОСТ Р 58849-2020. Порядок создания авиационной техники гражданского назначения.
6. СТО СМК 7-152-2022. «Авиационная техника гражданского назначения. Порядок создания. Расчетные и экспериментальные работы по обеспечению прочности конструкции гражданского воздушного судна на всех стадиях жизненного цикла».
7. МОС «Обеспечение безопасности конструкции по условиям прочности при длительной эксплуатации» к АП 25.571, АР МАК, 1996. – 29 с.
8. Андронов А. А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. – М.: "Физматгиз", 1959.
9. Бабаков И.М. Теория колебаний. – М.: "Физматгиз", 1958.
10. Безухов Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. М.: «Высшая школа», 1968.
11. Белоцерковский С.М., Кочетков Ю.А., Красовский А.А., Новицкий В.В. Введение в аэроавтоупругость. М., Наука, 1980.
12. Бисплингхофф Р.Л., Эшли Х., Халфмэн Р. Аэроупругость. – М., 1958.
13. Воронов А.А. Основы теории автоматического регулирования. М., Энергия, 1966.
14. Вибрации в технике. Справочник в 6-и томах. Гл. ред. Челомей В.Н., М., 1978-1981.

15. Гришин В.И., Дзюба А.С., Дударьков Ю.И. «Прочность и устойчивость элементов и соединений авиационных конструкций из композитов». – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 272 с.
16. Горяченко В.Д., Элементы теории колебаний: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – Издание второе. – М., Высшая школа, 2001, 395 с.
17. Гроссман Е.П. Курс вибраций частей самолета. М., Оборонгиз, 1940.
18. Дмитриев В.Г., Чижов В.М. Основы прочности и проектирование силовой конструкции летательных аппаратов – М.: 2005. – 416 с.
19. Одинокоев Ю.Г. Расчет самолета на прочность. М.: Машиностроение, 1973. – 392с.
20. Ильин М.М., Колесников К.С., Саратов Ю.С. Теория колебаний. М., Изд-во МГТУ им. Баумана, 2003.
21. Качанов Л.М. Основы теории пластичности. М.: Наука, 1969, 420 с.
22. Кишкина С.И. «Соппротивление разрушению алюминиевых сплавов» // «Металлургия», 1981. – 279 с.
23. Колесников К.С., Сухов В.И. Упругий летательный аппарат как объект автоматического управления. М., Машиностроение, 1974.
24. Кузмин П.А. Малые колебания и устойчивость. М.; Наука, 1973.
25. Нестеренко Г.И. «Основы ресурсного проектирования машин // Машиностроение, Энциклопедия Том IV-3, Надежность машин, «Машиностроение», 1998. – с.408-439.
26. Нестеренко Г.И. «Методология эксплуатационной живучести конструкций транспортных самолетов» // Труды ЦАГИ. Выпуск 2725, 2013. – С. 81-90.
27. Расчетные значения характеристик авиационных металлических конструкционных материалов //Авиационный справочник. Выпуск 4. – ОАК, ЦАГИ, Москва, 2012. – 302 с.
28. Партон В.З., Морозов Е.М. Механика упругопластического разрушения. М. Наука, 1974. – 416 с.
29. Прочность самолетных конструкций // «Машиностроение», 1982. – 228 с.
30. Стрелков С.П. Введение в теорию колебаний: Учебник. 3-е изд., испр. - СПб.; Изд-во "Лань", 2005. – 440с.
31. Теребушко О.И. Основы теории упругости и пластичности. М.: Наука, 1984.
32. Халфмэн Р.Л. Динамика. М., Наука, 1972.

6.2. Дополнительная литература

1. Авдуевский В.С. Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической техники. М.: Машиностроение, 1975.
2. Боголюбов Н.Н., Митропольский Ю.А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. М., гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1955.

3. Броек Д. «Основы механики разрушения» //Перевод с английского, «Высшая школа», 1980. – 368 с.
4. Васидзу К. Вариационные методы в теории упругости и пластичности. – М.: Мир, 1987. – 542 с.
5. Воробьев А.З., Олькин Б.И., Стебенев В.Н., Родченко Т.С. «Сопротивление усталости элементов конструкций» // «Машиностроение», 1990. – 239 с.
6. Ден Гартог. Механические колебания. – М.: Физматгиз, 1960.
7. Кан С.Н., Свердлов И.А. Расчет самолета на прочность. Изд. 5-е. – М.: Машиностроение, 1966. – 519 с.
8. Некрасов А.И. Теория крыла в нестационарном потоке. – М.: Изд. АН СССР, 1947.
9. Образцов И.Ф., Савельев Л.М., Хазанов Х.С. Метод конечных элементов в задачах строительной механики летательных аппаратов. М.: «Высшая школа», 1985. – 392с.
10. Стокер Дж. Нелинейные колебания в механических и электрических системах. М., 1952.
11. Селихов А.Ф., Чижов В.М. «Вероятностные методы в расчетах прочности самолета» // «Машиностроение», 1987. – 238 с.
12. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. – М.: Физматгиз, 1959.
13. Фрезер Р., Дункан В. Коллар А. Теория матриц и ее приложение. М., 1950.
14. Хэйвуд Р.Б. «Проектирование с учетом усталости» // Перевод с английского, «Машиностроение», 1969. – 504 с.
15. Аргирис Д. Современные методы расчета сложных статически неопределимых систем. – Л.: Судпромгиз, 1961. – 876 с.
16. Астахов М.Ф. Справочная книга по расчету самолета на прочность. – М.: Оборонгиз, 1954. – 702 с.
17. Балабух Л.И., Алфутов Н.А., Усюкин В.И. Строительная механика ракет. – М.: Высш. шк., 1984. – 391 с.
18. Баничук Н.В., Кобелев В.В., Рикардс Р.Б. Оптимизация элементов конструкций из композиционных материалов. – М.: Машиностроение, 1988. – 224 с.
19. Бате К., Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов: Пер. с англ. М.: Стройиздат, 1982. 448с.
20. Бахов О.П. Аэроупругость и динамика конструкций вертолета. М.: Машиностроение, 1985. 176с.
21. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний. М.: Высшая школа, 1980. 408с.
22. Бирюк В.И., Липин Е.К., Фролов В.М. Методы проектирования конструкций самолетов. М.: Машиностроение, 1977. 232с.
23. Бисплингхофф Р.Л., Эшли Х., Халфмэн Р.Л. Аэроупругость / Пер. с англ. М.: ИЛ, 1958. 799с.
24. Богданович А.Е. Нелинейные задачи динамики цилиндрических композитных оболочек. Рига: Зинатне, 1987. 295с.
25. Буньков В.Г. Учет деформаций сдвига при расчете колебаний крыла малого удлинения методом многочленов // Уч. зап. ЦАГИ, 1972. №4. С.111-119.

26. Бурман З.И., Лукашенко В.И., Тимофеев М.Т. Расчет тонкостенных подкрепленных оболочек методом конечных элементов с применением ЭЦВМ. Казань: Изд-во КГУ, 1973. 569с.
27. Вайнберг Д.В. Справочник по прочности, устойчивости и колебаниям пластин. Киев: Будівельник, 1973. 488с.
28. Васильев В.В. Механика конструкций из композиционных материалов. М.: Машиностроение, 1988. 272с.
29. Вольмир А.С. Нелинейная динамика пластинок и оболочек. М.: Наука, 1972. 432с.
30. Вольмир А.С. Оболочки в потоке жидкости и газа: Задачи аэроупругости. М.: Наука, 1976. 416с.
31. Вольмир А.С. Оболочки в потоке жидкости и газа: Задачи гидроупругости. М.: Наука, 1979. 320с.
32. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы. М.: Мир, 1984. 428с.
33. Голованов А.И., Корнишин М.С. Введение в метод конечных элементов статики тонких оболочек. Казань: Казанск. физ-техн. ин-т, 1990. 269с.
34. Ендогур А.И., Вайнберг М.В., Иерусалимский К.М. Сотовые конструкции. М.: Машиностроение, 1986. 199с.
35. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. 536с.
36. Илюшин А.А., Победря Б.Е. Основы математической теории термовязкоупругости. М.: Наука, 1970. 280с.
37. Кан С.Н., Свердлов И.А. Расчет самолета на прочность. Изд. 5-е. М.: Машиностроение, 1966. 519с.
38. Кобелев В.Н., Коварский Л.М., Тимофеев С.И. Расчет трехслойных конструкций: Справочник. М.: Машиностроение, 1984. 304с.
39. Кристенсен Р. Введение в механику композитов / Пер. с англ. под ред. Ю.М. Тарнопольского. М.: Мир, 1982. 334с.
40. Кузнецов О.А. Динамические нагрузки на самолет. М.: Физматлит, 2008. 264с.
41. Лампер Р.Е. Введение в теорию нелинейных колебаний авиаконструкций. М.: Машиностроение, 1985. 88с.
42. Механика композитных материалов и элементов конструкций. В 3-х т. / Т.2. Механика элементов конструкций / А.Н. Гузь, Я.М. Григоренко, И.Ю. Бабич и др. Киев: Наук. думка, 1983. 464с.
43. Норри Д., де Фриз Ж. Введение в метод конечных элементов / Пер. с англ. М.: Мир, 1981. 304с.
44. Образцов И.Ф., Савельев Л.Н., Хазанов Х.С. Метод конечных элементов в задачах строительной механики летательных аппаратов. М.: Высш. шк., 1985. 392с.
45. Оден Дж. Конечные элементы в нелинейной механике сплошных сред / Пер. с англ. М.: Мир, 1976. 464с.
46. Одинокоев Ю.Г. Расчет самолета на прочность. М.: Машиностроение, 1973. 392с.
47. Панин В.Ф. Конструкции с сотовым заполнителем. М.: Машиностроение, 1982. 152с.

48. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. Л.: Машиностроение, 1976. 320с.
49. Победря Б.Е. Механика композиционных материалов. М.: Изд-во МГУ, 1984. 336с.
50. Прочность. Устойчивость. Колебания. Справочник: В 3 т / Под ред. И.А. Биргера и Я.Г. Пановко. М.: Машиностроение, 1968. Т.1. 831с., Т.2. 463с.; Т.3. 568с.
51. Расчеты машиностроительных конструкций методом конечных элементов: Справочник / В.И. Мяченков, В.П. Мальцев, В.П. Майборода и др.; Под ред. В.И. Мяченкова. М.: Машиностроение, 1989. 520с.
52. Расчет трехслойных конструкций: Справочник / В.Н. Кобелев, Л.М. Коварский, С.И. Тимофеев; Под общ. ред. В.Н. Кобелева. М.: Машиностроение, 1984. 304с.
53. Тарнопольский Ю.М., Жигун Н.Г., Поляков В.А. Пространственно-армированные композиционные материалы: Справочник. М.: Машиностроение, 1987. 224с.
54. Соловов, А. В. Конструкция самолетов: фундаментальные основы и классика типовых решений : учебное пособие для среднего профессионального образования / А. В. Соловов, А. А. Меньшикова. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 385 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-15898-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]
55. Погорелов, В. И. Беспилотные летательные аппараты: нагрузки и нагрев : учебное пособие для вузов / В. И. Погорелов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 191 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07627-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]

7. Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения учебной дисциплины

1. Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н. Е. Жуковского [Электронный ресурс]: Официальный сайт. — URL : http://www.tsagi.ru/research/flight_dynamics/. — Режим доступа: свободный.
2. Государственный научный центр РФ Акционерное общество «Летно-исследовательский институт имени М. М. Громова: Официальный сайт. — URL : <http://lii.ru/letnye-issledovaniya-i-ispytaniya-samoletov-i-vertoletov/>. — Режим доступа: свободный.
3. ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» [Электронный ресурс]: Официальный сайт. — URL : <https://k106.mai.ru/>. — Режим доступа: свободный.
4. ФГБОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» [Электронный ресурс]: Официальный сайт. — URL : <https://mipt.ru/>. — Режим доступа: свободный.

5. ОАО «Национальный институт авиационных технологий» [Электронный ресурс]: Официальный сайт. – URL <http://www.niat.ru/>. – Режим доступа: свободный.

6. IPR BOOKS [Электронный ресурс] : Электронно-библиотечная система. – URL : <http://www.iprbookshop.ru/>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

8. Методические указания для обучающихся по освоению учебной дисциплины

Освоение обучающимся учебной дисциплины **«Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»** предполагает изучение материалов дисциплины на аудиторных занятиях и в ходе самостоятельной работы. Аудиторные занятия проходят в форме лекций. Самостоятельная работа включает разнообразный комплекс видов и форм работы обучающихся.

Для успешного освоения учебной дисциплины и достижения поставленных целей необходимо внимательно ознакомиться с настоящей рабочей программой учебной дисциплины на официальном Интернет-сайте ФАУ «ЦАГИ». Следует обратить внимание на список основной и дополнительной литературы, а также на предлагаемые преподавателем ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет. Эта информация необходима для самостоятельной работы обучающегося.

8.1. Подготовка к лекционному занятию

Подготовка к лекционному занятию включает выполнение всех видов заданий, размещенных к каждой лекции, т.е. задания выполняются еще до лекционного занятия по соответствующей теме. В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Аспирант может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании различных видов работ.

8.2. Подготовка к занятию практического типа

Формы проведения практических занятий зависят от содержания изучаемой дисциплины, уровня подготовки обучающегося, имеющейся учебно-материальной базы и целей обучения. Практические занятия имеют целью:

- углубление, расширение и конкретизацию теоретических знаний, полученных на лекциях, до уровня, на котором возможно их практическое использование;
- экспериментальное подтверждение положений и выводов, изложенных в теоретическом курсе, и усиление доказательности обучения;
- решение задач, связанных с проведением необходимых расчетов;
- отработку навыков и умений в пользовании графиками, схемами, номограммами, картами, приборами или их комплексами;
- практическую работу на процедурных, специализированных и комплексных тренажерах для отработки умений и навыков в выполнении определенных технологических приемов и операторских функций;
- отработку умения использования ПК и пр.

Основу занятий практического типа составляет работа каждого обучаемого по приобретению умений и навыков использования закономерностей и методов, составляющих содержание дисциплины в профессиональной деятельности или в подготовке к изучению дисциплин, формирующих их универсальные и общепрофессиональные компетенции.

Практическим занятиям предшествуют лекции и целенаправленная самостоятельная подготовка студентов, поэтому практические занятия нужно начинать с краткого обзора цели занятия, напоминания о его связи с лекциями и формулирования конкретных вопросов-заданий, которые должны быть решены на данном занятии.

Вопросы и задачи, выносимые на практические занятия, должны касаться не только проблем современности, но и перспектив развития отрасли.

Практические занятия в большинстве случаев проводятся с использованием технических средств обучения, макетов, схем, моделей, разрезов узлов и агрегатов, демонстрационного и раздаточного материала и пр.

Разнообразие форм и целей практических занятий предполагает разнообразие форм контроля знаний и умений, приобретаемых студентами в ходе занятий. Контроль знаний может производиться по результатам решения задач, устных и письменных ответов на вопросы-задания, правильности действий в ходе проведения ролевой (деловой) игры, четкости работы на тренажере и т.п. По результатам контроля знаний и умений преподаватель должен провести анализ хода и итогов практических занятий, отметить успехи обучающихся в решении учебной задачи, а также недостатки и ошибки, разобрать их причины и дать методические указания к их устранению.

8.3. Самостоятельная работа обучающегося

Самостоятельная работа аспирантов может рассматриваться как организационная форма обучения – система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью аспирантов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи. Аспиранту

нужно четко понимать, что самостоятельная работа в аспирантуре – не просто обязательное, а необходимое условие для получения знаний и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации).

Самостоятельная работа аспирантов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений аспирантов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности аспирантов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная. Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию. Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа аспирантов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа аспиранта реализуется в рамках:

- учебных дисциплин;
- педагогической и научно-исследовательской практики;
- научных исследований;
- подготовки к сдаче государственного экзамена;
- в процессе работы над научно-квалификационной работой (диссертацией).

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует аспирантам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные аспирантами работы и т. п.

Различают несколько категорий видов самостоятельной работы аспирантов:

- работа с источниками литературы и официальными документами (использование библиотечно-информационной системы);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (рефераты, эссе, домашние задания, решения кейсов);
- реализация элементов педагогической практики (разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (подготовка текстов докладов, участие в исследованиях, стажировках);

- выполнение обязательных и элективных элементов научно-исследовательской работы (подготовка к научно-исследовательскому семинару, написание статей, работа над текстом диссертации).

Особенностью организации самостоятельной работы аспирантов является необходимость не только подготовиться к сдаче кандидатского экзамена по специальности, но и собрать, обобщить, систематизировать, проработать и проанализировать большой массив информации по теме диссертации.

Во время выполнения самостоятельной работы аспирант должен подготовить научные, а также доклады на научные конференции.

Технология организации самостоятельной работы аспирантов включает использование информационных и материально-технических ресурсов ФАУ «ЦАГИ».

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференцированный характер, учитывать специфику направления, по которому обучается аспирант, данной дисциплины, индивидуальные особенности аспиранта.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами аспирантов на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений аспирантов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы аспирантов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы аспирантов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине или в рамках аттестации, проводящийся два раза в год, на которой выставляются зачеты по конкретным видам самостоятельной работы, предусмотренных учебным планом.

8.4. Подготовка к зачету и экзамену

К зачету и экзамену необходимо готовится целенаправленно, регулярно, систематически и с первых дней обучения по данной дисциплине.

После предложенных указаний у обучающихся должно сформироваться четкое представление о требуемых знаниях и умениях, которыми надо будет овладеть при освоении учебной дисциплины.

9. Информационно-технологическое обеспечение образовательного процесса по учебной дисциплине

Информационные технологии

1. Персональные компьютеры.
2. Доступ к сети «Интернет».
3. Проектор.

Программное обеспечение

1. Microsoft Office (Word, Excel).
2. Acrobat Reader.
3. PowerPoint
4. Windows Media

10. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по учебной дисциплине

Материально-техническая база ФАУ «ЦАГИ» обеспечивает проведение всех видов занятий, предусмотренных учебным планом, и соответствует действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Для изучения учебной дисциплины **«Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»** в рамках реализации основной профессиональной образовательной подготовки по группе научной специальности **2.5 «Машиностроение»** используются:

- учебная аудитория для занятий лекционного типа, оснащенная специализированной мебелью (стол для преподавателя, парты, стулья, доска для написания мелом и маркером); техническими средствами обучения (видеопроекционное оборудование, средства звуковоспроизведения, экран);

- учебная аудитория для занятий практического типа, оснащенная специализированной мебелью (стол для преподавателя, парты, стулья, доска для написания мелом); техническими средствами обучения (видеопроекционное оборудование, средства звуковоспроизведения, экран);

- помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные специализированной мебелью (парты, стулья), техническими средствами обучения (персональные компьютеры с доступом в электронно-информационную среду ФАУ «ЦАГИ», программным обеспечением).

11. Образовательные технологии

Для реализации учебного материала преподаватель может применять разнообразные педагогические технологии (технологии актуализации процесса обучения; построения обогащенной образовательной среды; личностно-ориентированного обучения; развития критического мышления; программированного обучения; информационные технологии и проч.), направленные на достижение целей обучения.

Изложение теоретического материала должно сопровождаться иллюстративными примерами, тщательно отобранными преподавателем. Следует всегда указывать примеры практического применения рассмотренных на занятиях теоретических вопросов.

Практические занятия должны быть организованы преподавателем таким образом, чтобы оставалось время на периодическое выполнение аспирантами небольшой самостоятельной работы в аудитории для проверки усвоения изложенного материала.

Преподавателю следует добиваться систематической непрерывной работы аспирантов в течение семестра.

Аспирант должен ощущать заинтересованность преподавателя в достижении конечного результата: в приобретении обучающимися прочных знаний, умений и владения накопленной информацией для решения задач в профессиональной деятельности.

Необходимо с самого начала занятий рекомендовать аспирантам основную и дополнительную литературу, а в конце семестра дать список вопросов для подготовки к зачету/экзамену.

При организации обучения по дисциплине преподаватель должен обратить особое внимание на организацию семинарских и практических занятий и самостоятельной работы аспирантов, поскольку курс предполагает широкое использование интерактивных методов обучения.

При реализации дисциплины используются следующие *интерактивные* формы проведения занятий:

- проблемная лекция,
- презентации с возможностью использования различных вспомогательных средств;
- круглый стол (дискуссия).

Проблемная лекция – учебная проблема ставится преподавателем до лекции и должна разворачиваться на лекции в живой речи преподавателя, так как проблемная лекция предполагает диалогическое изложение материала. С помощью соответствующих методических приемов (постановка проблемных и информационных вопросов, выдвижение многообразных гипотез и нахождение тех или иных путей их подтверждения или опровержения), преподаватель побуждает аспирантов к совместному размышлению и дискуссии, хотя индивидуальное восприятие проблемы вызывает различия и в ее формулировании. Чем выше степень диалогичности лекции, тем больше она приближается к проблемной и тем выше ее ориентирующий, обучающий и воспитывающий эффекты, а также формирование мотивов нравственных и познавательных потребностей.

Презентации – документ или комплект документов, предназначенный для представления чего-либо (организации, проекта, продукта и т.п.). Цель презентации – донести до целевой аудитории полноценную информацию об объекте презентации в удобной форме.

Презентация может представлять собой сочетание текста, компьютерной анимации, графики, видео, музыки и звукового ряда (но не обязательно все вместе), которые организованы в единую среду. Кроме того, презентация имеет сюжет, сценарий и структуру, организованную для удобного восприятия информации. Отличительной особенностью презентации является ее интерактивность, то есть создаваемая для пользователя возможность взаимодействия через элементы управления.

Основная цель презентации помочь донести требуемую информацию об объекте презентации.

Дискуссия, как особая форма всестороннего обсуждения спорного вопроса в публичном собрании, в частной беседе, реализуется как коллективное

обсуждение какого-либо вопроса, проблемы или сопоставление информации, идей, мнений, предложений.

Целью проведения дискуссии в этом случае является обучение, тренинг, изменение установок, стимулирование творчества и др.

В проведении дискуссии используются различные организационные методики:

- методика «вопрос-ответ» – является разновидностью простого собеседования; отличие состоит в том, что применяется определенная форма постановки вопросов для собеседования с участниками дискуссии-диалога;

- методика «лабиринта» или метод последовательного обсуждения – своеобразная шаговая процедура, в которой каждый последующий шаг делается другим участником. Обсуждению подлежат все решения, даже неверные (тупиковые);

- методика «эстафеты» – каждый заканчивающий выступление участник передает слово тому, кому считает нужным.

12. Аннотация рабочей программы учебной дисциплины

Дисциплина **«Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»** является обязательной для освоения по группе научной специальности **2.5 «Машиностроение»** подготовки в аспирантуре.

Основной целью изучения дисциплины является формирование у аспирантов профессиональных компетенций, связанных с применением теоретических и экспериментальных методов в процессах обеспечения неразрушения и нормального функционирования всех силовых элементов и бортовых систем авиационной и ракетно-космической техники, а также исследования тепломассообменных процессов в конструкциях, агрегатах и системах летательных аппаратов, выбор проектных решений и параметров с учетом их тепловых режимов.

Структура дисциплины организована в соответствии с основной целью освоения данного курса.

Рабочая программа дисциплины содержит все необходимые положения и полностью удовлетворяет нормам организации педагогического процесса, предусмотренным Федеральными государственными требованиями.

Лист регистрации изменений

№ п/п	Содержание изменения	Реквизиты доку- мента об утвер- ждении изменения	Дата введения изменения
	Утверждена и введена в действие решением _____ на основании Федерального государственного требования, приказ Министерства науки и высшего образова- ния РФ от 20 октября 2021 г. N 951	Протокол заседания № _____ от « ____ » сентября 20__ года	____.____.____
	*	Протокол заседания № _____ от « ____ » сентября 20__ года	____.____.____
	*	Протокол заседания № _____ от « ____ » сентября 20__ года	____.____.____
	*	Протокол заседания № _____ от « ____ » сентября 20__ года	____.____.____
	*	Протокол заседания № _____ от « ____ » сентября 20__ года	____.____.____