

Приложение 3

Рабочая программа дисциплины
Динамика механических систем. Вычислительная механика

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.1 владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области авиационной и ракетно-космической техники; в части следующих результатов обучения:
з1. знать фундаментальные законы механики
у1. уметь применять на практике фундаментальные законы механики
Компетенция ФГОС: ОПК.2 владение культурой научного исследования в области авиационной и ракетно-космической техники, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий; в части следующих результатов обучения:
у1. уметь применять современные программные продукты, используемые в научных исследованиях
Компетенция НГТУ: ПК.1.В способность исследовать прочность и устойчивость объектов авиационной и ракетно-космической техники; в части следующих результатов обучения:
з1. знать основные законы динамики конструкций
з5. знать методы обеспечения динамической прочности объектов авиационной, ракетной и космической техники
у1. уметь решать прикладные задачи динамической прочности

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Дисциплина по выбору аспиранта</i>	
ОПК.1.з1 знать фундаментальные законы механики	
1.з1. знать фундаментальные законы механики	Самостоятельная работа
ОПК.1.у1 уметь применять на практике фундаментальные законы механики	
2.у1. уметь применять на практике фундаментальные законы механики	Самостоятельная работа
ОПК.2.у1 уметь применять современные программные продукты, используемые в научных исследованиях	
3.у1. уметь применять современные программные продукты, используемые в научных исследованиях	Самостоятельная работа
ПК.1.В.з1 знать основные законы динамики конструкций	
4.з1. знать основные законы динамики конструкций	Самостоятельная работа
ПК.1.В.з5 знать методы обеспечения динамической прочности объектов авиационной, ракетной и космической техники	
5.з5. знать методы обеспечения динамической прочности объектов авиационной, ракетной и космической техники	Самостоятельная работа
ПК.1.В.у1 уметь решать прикладные задачи динамической прочности	
6.у1. уметь решать прикладные задачи динамической прочности	Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы для самостоятельного изучения	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 6				
Дидактическая единица: Динамика механических систем				

1. Классификация колебательных систем - число степеней свободы, линейные и нелинейные системы, стационарные и нестационарные, автономные и неавтономные, консервативные системы, диссипативные, автоколебательные	0	4	1, 4	Работа с источниками
2. Классификация колебательных процессов - свободные колебания, вынужденные, параметрические, автоколебания	0	4	1, 4	Работа с источниками
3. Построение механической модели - ограничение степеней свободы, учет сил, действующих при колебаниях	0	4	1, 4	Работа с источниками
4. Кинематика колебаний. Периодические колебания - период, частота, циклическая частота, фаза. Круговая диаграмма. Фазовая плоскость. Фазовый портрет	0	4	1, 4	Работа с источниками
Дидактическая единица: Системы с одной степенью свободы				
5. Устойчивое равновесное состояние. Линейные колебания. Энергии системы. Способы составления уравнений. Линейный осциллятор. Уравнение с вязким трением. Случай малого сопротивления. Декремент колебаний. Случай большого сопротивления	0	6	1, 4	Работа с источниками
6. Вынужденные колебания без сопротивления под действием гармонической силы. Свободное сопровождающее колебание. Биения. Резонанс	0	4	1, 4	Работа с источниками
7. Вынужденные колебания с сопротивлением под действием гармонической силы. Коэффициент динамичности. Резонансные кривые. Мощность. Система под действием произвольной возмущающей силы	0	6	1, 4	Работа с источниками
Дидактическая единица: Колебания систем с несколькими степенями свободы				
8. Свободные колебания консервативной системы. Квадратичные формы кинетической и потенциальной энергий. Потенциальная энергия как квадратичная форма обобщенных сил. Инерционная матрица, матрицы жесткости и податливости	0	6	1, 2, 4, 5, 6	Работа с источниками
9. Основная система уравнений движения. Прямая и обратная формы уравнений движения	0	6	1, 2, 4, 5, 6	Работа с источниками

10. Исследование свободных колебаний. Собственные частоты, собственные формы, главные колебания. Свойства собственных форм. Условия ортогональности по потенциальной и кинетической энергиям. Главные (нормальные) координаты. Общий интеграл системы дифференциальных уравнений	0	5	2, 4, 5, 6	Работа с источниками
11. Методы вычисления собственных форм и частот. Метод простых итераций	0	5	1, 2, 4, 5, 6	Работа с источниками
12. Формула Рэлея. Максиминимальные свойства частот консервативной системы. Изменение частот системы при наложении связей. Теорема Рэлея о влиянии на частоты изменений масс и жесткостей	0	5	1, 3, 4, 5, 6	Работа с источниками
13. Свободные колебания с сопротивлением. Функция рассеяния. Характеристические показатели. Анализ значений характеристических показателей. Нормальные координаты для диссипативных систем. Внешнее и внутреннее демпфирование	0	4	1, 4, 5	Работа с источниками
14. Устойчивость автономных систем (по Ляпунову). Асимптотическая устойчивость. Теорема Лагранжа об устойчивости консервативных систем. Критерий Рауса-Гурвица асимптотической устойчивости	0	4	1, 4	Работа с источниками
15. Вынужденные колебания систем без демпфирования под действием гармонической силы. Матрица гармонических коэффициентов влияния	0	4	1, 4	Работа с источниками
16. Уравнения движения для диссипативной системы	0	4	1, 4	Работа с источниками
17. Колебания системы с двумя степенями свободы. Парциальные системы и частоты. Вынужденное движение под действием гармонической силы. Антирезонанс. Динамический гаситель колебаний	0	4	1, 4	Работа с источниками
Дидактическая единица: Колебания линейных распределенных систем				
18. Вариационный принцип Гамильтона - Остроградского	0	4	1, 4	Работа с источниками

19. Продольные и крутильные колебания прямых стержней, уравнения движения и граничные условия. Свободные крутильные колебания стержней. Условия ортогональности собственных форм	0	6	1, 2, 4, 5, 6	Работа с источниками
20. Поперечные колебания прямых стержней, уравнение колебаний и граничные условия. Условия ортогональности. Однородная задача для стержня постоянной жесткости	0	6	1, 2, 4, 5, 6	Работа с источниками
21. Поперечные колебания пластин. Уравнение колебаний и граничные условия	0	6	1, 2, 4, 5, 6	Работа с источниками
22. Численные методы определения собственных частот и форм колебаний. Метод Ритца	0	6	1, 2, 4, 5, 6	Работа с источниками
Дидактическая единица: Вычислительная механика				
23. Основные математические понятия курса. Элементы функционального анализа	0	4	3, 6	Работа с источниками
24. Аппроксимация функций. Многочлен Лагранжа с равноотстоящими узлами. Многочлен Лагранжа с оптимально выбранными узлами. Интерполяционный многочлен Ньютона. Кубические сплайны	0	6	3, 6	Работа с источниками
25. Численное интегрирование. Среднеквадратичная аппроксимация. Аппроксимация на непрерывном и на дискретном множестве точек. Аппроксимация периодических функций	0	4	3, 6	Работа с источниками
26. Квадратурные формулы наивысшей алгебраической степени точности. Интегрирование методом Гаусса. Вычисление интеграла по площади четырехугольника и треугольника. Вычисление интеграла с бесконечными пределами	0	4	3, 6	Работа с источниками
27. Итерационные методы решения СЛАУ. Метод простых итераций и метод Зейделя	0	4	3, 6	Работа с источниками
28. Решение систем линейных алгебраических уравнений. Прямые методы решения СЛАУ. Определение числа обусловленности матрицы. Метод Гаусса. Метод квадратного корня	0	4	3, 6	Работа с источниками

29. Методы решения нелинейных уравнений. Методы решения одного нелинейного уравнения. Методы решения системы нелинейных уравнений (метод Ньютона, метод простых итераций)	0	6	3, 6	Работа с источниками
30. Методы определения собственных чисел матрицы. Метод вращений при решении полной проблемы собственных чисел. Определение наибольшего (наименьшего) собственного числа матрицы методом итераций	0	6	3, 6	Работа с источниками
31. Интегральные уравнения. Сингулярные интегральные уравнения. Метод квадратур	0	4	3, 6	Работа с источниками

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 6				
1	Подготовка к аттестации	1, 2, 4, 5, 6	10	19
: Левин В. Е. Аналитическая механика. Сборник задач : учебное пособие / В. Е. Левин, Д. А. Красноурецкий ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2017. - 24, [3] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234015				
2	Самостоятельное изучение теоретического материала	1, 2, 3, 4, 5, 6	149	0
Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.1 : Левин В. Е. Аналитическая механика. Сборник задач : учебное пособие / В. Е. Левин, Д. А. Красноурецкий ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2017. - 24, [3] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234015				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail; Портал НГТУ; Социальные сети
Консультирование	e-mail; Портал НГТУ; Социальные сети
Контроль	e-mail; Портал НГТУ; Социальные сети
Размещение учебных материалов	e-mail; Социальные сети; ЭБС

6. Литература

Основная литература

1. Волков Е. А. Численные методы : учебное пособие / Е. А. Волков. - СПб. [и др.], 2007. - 248 с. : ил.

2. Тыртышников Е. Е. Методы численного анализа : [учебное пособие для вузов по направлению "Математика" (010100), "Прикладная математика и информатика" (010200), "Физика" (010700), "Механика" (010900)] / Е. Е. Тыртышников. - М., 2007. - 316, [1] с. : ил.
3. Фаддеев М. А. Основные методы вычислительной математики : учебное пособие / М. А. Фаддеев, К. А. Марков. - СПб. [и др.], 2008. - 154 с. : ил., табл.
4. Зализняк В. Е. Основы научных вычислений. Введение в численные методы для физиков и инженеров / В. Е. Зализняк ; Красноярск. гос. пед. ун-т им. В. П. Астафьева. - М., 2006. - 263, [1] с. : ил.
5. Левин В. Е. Динамика машин : конспект лекций / В. Е. Левин, Л. Н. Патрикеев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2009. - 136, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000132715
6. Левин В. Е. Вибродиагностика машин и механизмов : учебное пособие / В. Е. Левин, Л. Н. Патрикеев; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 104, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000141107
7. Амосов А. А. Вычислительные методы : учебное пособие / А. А. Амосов. - Москва, 2014
8. Яблонский А. А. Курс теории колебаний : [учебное пособие для технических вузов] / А. А. Яблонский, С. С. Норейко. - Санкт-Петербург, 2007. - 336 с. : ил., табл.
9. Вержбицкий В. М. Основы численных методов : учебник для вузов по направлению "Прикладная математика" / В. М. Вержбицкий. - М., 2005. - 839, [1] с. : ил., табл.

Дополнительная литература

1. Бабаков И. М. Теория колебаний : [учебное пособие для вузов по техническим направлениям и специальностям] / И. М. Бабаков. - М., 2004. - 592 с. : ил.
2. Бишоп Р. Е. Колебания / Р. Бишоп ; пер. с англ. М. Ф. Диментберга, К. В. Фролова ; под ред. и с доп. Я. Г. Пановко. - М., 1986. - 189, [1] с.
3. Светлицкий В. А. Сборник задач по теории колебаний : учебное пособие для высших технических учебных заведений / В. А. Светлицкий, И. В. Стасенко. - М., 1973. - 454 с.
4. Пановко Я. Г. Введение в теорию механических колебаний : Учеб. пособие для втузов / Я. Г. Пановко. - М., 1971. - 239 с. : ил.
5. Бидерман В. Л. Прикладная теория механических колебаний : учебное пособие для машиностроительных спец. вузов / В. Л. Бидерман. - М., 1972. - 415, [1] с. : ил.
6. Яблонский А. А. Курс теории колебаний : учебное пособие / А. А. Яблонский, С. С. Норейко. - СПб., 2003. - 247, [1] с. : ил.
7. Яблонский А. А. Курс теории колебания : Учебник / А. А. Яблонский, С. С. Норейко. - М, 1975. - 248 с. : ил.
8. Вибрации в технике. В 6 т.. Т. 1 : колебания линейных систем : справочник / [И. И. Артоболевский и др.] ; под ред. В. В. Болотина. - М., 1978. - 352 с. : ил.
9. Тимошенко С. П. Колебания в инженерном деле : пер. с англ. / С. П. Тимошенко, Д. Х. Янг, У. Уивер. - М., 1985. - 472 с. : ил.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

7. Методическое и программное обеспечение

7.1 Методическое обеспечение

1. Левин В. Е. Аналитическая механика. Сборник задач : учебное пособие / В. Е. Левин, Д. А. Красноруцкий ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2017. - 24, [3] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234015

7.2 Специализированное программное обеспечение

1 Microsoft Office

2 Microsoft Windows

8. Материально-техническое обеспечение

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Терминальный класс	Самостоятельная подготовка

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра прочности летательных аппаратов

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФЛА
д.т.н., профессор С.Д. Саленко
“ ” _____ Г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**МОДУЛЯ "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам
дисциплины**

Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

Образовательная программа: 24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника, профиль:
Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

1. **Обобщенная структура фонда оценочных средств модуля "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины**

Обобщенная структура фонда оценочных средств по модулю "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов приведена в Таблице.

В последние две колонки таблицы разработчиком вносятся наименования мероприятий текущего и промежуточного контроля с указанием семестра (для многосеместровых дисциплин) и диапазоны вопросов, разделы или этапы выполнения задания, которыми проверяются соответствующие показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.2 владение культурой научного исследования в области авиационной и ракетно-космической техники, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий	у2. уметь применять основные методики научных исследований	Устойчивость элементов конструкции		Зачет, вопросы 1-15
ОПК.3 способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области авиационной и ракетно-космической техники с учетом правил соблюдения авторских прав	з1. знать современные пути к разработке новых методов исследования	Прочность агрегатов летательных аппаратов		Зачет, вопросы 1-15
ОПК.3	у1. уметь разрабатывать новые методики исследования	Прочность агрегатов летательных аппаратов		Зачет, вопросы 1-15
ПК.1.В способность исследовать прочность и устойчивость объектов авиационной и ракетно-космической техники	з3. знать методы обеспечения статической прочности	Основы механики твердого деформируемого тела Прикладные модели и методы расчета тонкостенных элементов конструкций Прочность агрегатов летательных аппаратов		Зачет, вопросы 1-15

ПК.1.В	у1. уметь решать прикладные задачи динамической прочности	Динамика конструкций летательных аппаратов		Зачет, вопросы 1-15
ПК.1.В	у2. уметь решать задачи расчета на прочность и жесткость конструкций	Динамика конструкций летательных аппаратов Прочность агрегатов летательных аппаратов Устойчивость элементов конструкции		Зачет, вопросы 1-15
ПК.1.В	у3. уметь решать задачи устойчивости конструкций	Динамика конструкций летательных аппаратов Прочность агрегатов летательных аппаратов Устойчивость элементов конструкции		Зачет, вопросы 1-15
ПК.2.В способность проводить теоретические и экспериментальные исследования ресурса и долговечности конструкций авиационной и ракетно-космической техники	з1. знать основные методы проведения экспериментальных исследований	Прочность агрегатов летательных аппаратов		Зачет, вопросы 1-15
ПК.2.В	з2. знать организацию, экономику и оптимизация процессов обеспечения прочности ЛА	Прочность агрегатов летательных аппаратов		Зачет, вопросы 1-15
ПК.3.В способность проводить исследования в сфере тепловых задач прочности авиационной и ракетно-космической техники	з1. знать фундаментальные законы теплотехники	Конвективный теплообмен Критериальные соотношения и частные случаи Математические модели и методы расчета излучения Солнца и планет для расчета внешнего теплового воздействия на космические аппараты Математическое моделирование теплообмена в пограничном слое Обратные задачи теплообмена и методы их решения Теплообмен излучением Теплопроводность при нестационарном режиме Теплопроводность при стационарном режиме		Зачет, вопросы 1-15
ПК.3.В	з2. знать методы теплового проектирования летательных аппаратов	Классификация систем обеспечения теплового режима космических аппаратов и их особенности Конвективный теплообмен Критериальные соотношения и частные случаи Математические модели и методы расчета излучения Солнца и планет для расчета внешнего теплового воздействия на космические аппараты Математическое		Зачет, вопросы 1-15

		моделирование теплообмена в пограничном слое Обратные задачи теплообмена и методы их решения Теплообмен излучением Теплопроводность при нестационарном режиме Теплопроводность при стационарном режиме Характеристика околоземного космического пространства		
ПК.3.В	у1. уметь решать прикладные задачи в области теплопроводности	Конвективный теплообмен Критериальные соотношения и частные случаи Математическое моделирование теплообмена в пограничном слое Обратные задачи теплообмена и методы их решения Теплообмен излучением Теплопроводность при нестационарном режиме Теплопроводность при стационарном режиме		Зачет, вопросы 1-15
УК.1 способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	з1. знать основные этапы развития науки и смены научных парадигм, системную периодизацию истории науки и техники	Динамика конструкций летательных аппаратов Классификация систем обеспечения теплового режима космических аппаратов и их особенности Основы механики твердого деформируемого тела Прикладные модели и методы расчета тонкостенных элементов конструкций Прочность агрегатов летательных аппаратов Теплопроводность при стационарном режиме Устойчивость элементов конструкции Характеристика околоземного космического пространства		Зачет, вопросы 1-15

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках модуля "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины.

Промежуточная аттестация по модулю "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины проводится в 3 семестре - в форме зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.2, ОПК.3, ПК.1.В, ПК.2.В, ПК.3.В, УК.1.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе модуля "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.2, ОПК.3, ПК.1.В, ПК.2.В, ПК.3.В, УК.1, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или

выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт зачета

по модулю "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по
материалам дисциплины «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов», 3
семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме по вопросам, список которых приведен ниже. В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4) и задачи на понимание этих вопросов.

2. Критерии оценки

- Ответ на билет (тест) считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *менее 0,25 максимального балла*.
- Ответ на билет (тест) засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *менее 0,5 максимального балла*.
- Ответ на билет (тест) билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет *менее 0,75 максимального балла*.
- Ответ на билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет *более 0,75 максимального балла*.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к зачету по дисциплине

1. Основы механики твердого деформируемого тела

2. Прикладные модели и методы расчета тонкостенных элементов конструкций
3. Устойчивость элементов конструкции
4. Динамика конструкций летательных аппаратов
5. Прочность агрегатов летательных аппаратов
- Дидактическая единица: Основы теории теплопередачи
6. Теплопроводность при стационарном режиме
7. Теплопроводность при нестационарном режиме
8. Конвективный теплообмен
9. Теплообмен излучением
10. Обратные задачи теплообмена и методы их решения
11. Математическое моделирование теплообмена в пограничном слое
12. Критериальные соотношения и частные случаи
13. Характеристика околоземного космического пространства
14. Математические модели и методы расчета излучения Солнца и планет для расчета внешнего теплового воздействия на космические аппараты
15. Классификация систем обеспечения теплового режима космических аппаратов и их особенности

Комплект заданий для зачета

по дисциплине *Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов*
(наименование дисциплины)

1. Основы механики твердого деформируемого тела
2. Прикладные модели и методы расчета тонкостенных элементов конструкций
3. Устойчивость элементов конструкции
4. Динамика конструкций летательных аппаратов
5. Прочность агрегатов летательных аппаратов
- Дидактическая единица: Основы теории теплопередачи
6. Теплопроводность при стационарном режиме
7. Теплопроводность при нестационарном режиме
8. Конвективный теплообмен
9. Теплообмен излучением
10. Обратные задачи теплообмена и методы их решения
11. Математическое моделирование теплообмена в пограничном слое
12. Критериальные соотношения и частные случаи
13. Характеристика околоземного космического пространства
14. Математические модели и методы расчета излучения Солнца и планет для расчета внешнего теплового воздействия на космические аппараты
15. Классификация систем обеспечения теплового режима космических аппаратов и их особенности

Критерии оценки

- Задание считается выполненным на **пороговом** уровне, если аспирант отвечает на один вопрос, оценка составляет 50 баллов
- Задание считается выполненным на **базовом** уровне, если аспирант отвечает на два вопроса, оценка составляет 75 баллов
- Задание считается выполненным на **продвинутом** уровне, если аспирант дает развернутые ответы на два вопроса, оценка составляет 100 баллов

Зачет считается сданным, если средняя сумма баллов по всем заданиям составляет не менее 50 баллов (по 100 балльной шкале).

Коэффициент, с которым учитывается полученная сумма баллов в общей оценке по дисциплине, определяется Правилами аттестации.

Составитель _____ В.Е. Левин
(подпись)

«___» _____ 20__ г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра прочности летательных аппаратов

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФЛА
д.т.н., профессор С.Д. Саленко
“ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

МОДУЛЯ "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины

Экспериментальные методы исследования прочности конструкций летательных аппаратов
Образовательная программа: 24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника, профиль:
Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

1. **Обобщенная структура фонда оценочных средств модуля "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины**

Обобщенная структура фонда оценочных средств по модулю "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины Экспериментальные методы исследования прочности конструкций летательных аппаратов приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.2 владение культурой научного исследования в области авиационной и ракетно-космической техники, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий	з2. знать основные методики научных исследований	Виды испытаний отдельных агрегатов и узлов самолета: вибрационные, динамические, ударные Дисперсионный, регрессионный и корреляционный анализ Качественный и количественный эксперимент Роль ЭВМ в автоматизации эксперимента Статические, ресурсные, летные испытания самолета		Зачет, вопросы 1-18
ОПК.3 способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области авиационной и ракетно-космической техники с учетом правил соблюдения авторских прав	у1. уметь разрабатывать новые методики исследования	Дисперсионный, регрессионный и корреляционный анализ Роль ЭВМ в автоматизации эксперимента		Зачет, вопросы 1-18
ПК.1.В способность исследовать прочность и устойчивость объектов авиационной и ракетно-космической техники	з2. знать современные методы расчета устойчивости конструкций	Особенности автоматизированных систем прочностного эксперимента		Зачет, вопросы 1-18
ПК.2.В способность проводить теоретические и экспериментальные исследования ресурса и долговечности конструкций авиационной и ракетно-космической техники	з1. знать основные методы проведения экспериментальных исследований	Архитектура микроконтроллеров: порты ввода-вывода, таймеры, АЦП, устройства связи Виды испытаний отдельных агрегатов и узлов самолета: вибрационные, динамические, ударные Дисперсионный, регрессионный и корреляционный анализ Качественный и количественный эксперимент		Зачет, вопросы 1-18

		Моделирование как основа эксперимента Определение погрешностей при тензометрии: случайные и систематические ошибки Первичные преобразователи. Использование тензорезисторов: одиночный датчик, полумост, мост Передача информации между устройствами, протоколы передачи: параллельный, SPI, USART, USB, CAN Планирование длительных испытаний Планирование многофакторных экспериментов Планирование эксперимента Погрешность эксперимента Системы сбора, обработки и представления информации Статические, ресурсные, летные испытания самолета Хрупкие тензочувствительные покрытия, метод муаровых полос, оптические чувствительные покрытия, голографическая интерференция, тензометрия		
ПК.2.В	у2. уметь применять современную аппаратуру в экспериментальных исследованиях	Архитектура микроконтроллеров: порты ввода-вывода, таймеры, АЦП, устройства связи Особенности автоматизированных систем прочностного эксперимента Программирование микроконтроллеров Роль ЭВМ в автоматизации эксперимента Хрупкие тензочувствительные покрытия, метод муаровых полос, оптические чувствительные покрытия, голографическая интерференция, тензометрия		Зачет, вопросы 1-18

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках модуля "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины.

Промежуточная аттестация по модулю "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины проводится в 4 семестре - в форме зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.2, ОПК.3, ПК.1.В, ПК.2.В.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе модуля "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.2, ОПК.3, ПК.1.В, ПК.2.В, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт зачета

по модулю "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины «Экспериментальные методы исследования прочности конструкций летательных аппаратов», 4 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме по вопросам, список которых приведен ниже. В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4) и задачи на понимание этих вопросов.

2. Критерии оценки

- Ответ на билет (тест) считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *менее 0,25 максимального балла*.
- Ответ на билет (тест) засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *менее 0,5 максимального балла*.
- Ответ на билет (тест) билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет *менее 0,75 максимального балла*.
- Ответ на билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет *более 0,75 максимального балла*.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к зачету по дисциплине

1. Качественный и количественный эксперимент
2. Роль ЭВМ в автоматизации эксперимента

3. Особенности автоматизированных систем прочностного эксперимента
4. Архитектура микроконтроллеров: порты ввода-вывода, таймеры, АЦП, устройства связи
5. Программирование микроконтроллеров
6. Статические, ресурсные, летные испытания самолета
7. Виды испытаний отдельных агрегатов и узлов самолета: вибрационные, динамические, ударные
8. Хрупкие тензочувствительные покрытия, метод муаровых полос, оптические чувствительные покрытия, голографическая интерференция, тензометрия
9. Системы сбора, обработки и представления информации
10. Первичные преобразователи. Использование тензорезисторов: одиночный датчик, полумост, мост
11. Определение погрешностей при тензометрии: случайные и систематические ошибки
12. Передача информации между устройствами, протоколы передачи: параллельный, SPI, USART, USB, CAN
13. Дисперсионный, регрессионный и корреляционный анализ
14. Погрешность эксперимента
15. Планирование эксперимента
16. Моделирование как основа эксперимента
17. Планирование многофакторных экспериментов
18. Планирование длительных испытаний

Комплект заданий для зачета

по дисциплине *Экспериментальные методы исследования прочности конструкций летательных аппаратов*
(наименование дисциплины)

1. Качественный и количественный эксперимент
2. Роль ЭВМ в автоматизации эксперимента
3. Особенности автоматизированных систем прочностного эксперимента
4. Архитектура микроконтроллеров: порты ввода-вывода, таймеры, АЦП, устройства связи
5. Программирование микроконтроллеров
6. Статические, ресурсные, летные испытания самолета
7. Виды испытаний отдельных агрегатов и узлов самолета: вибрационные, динамические, ударные
8. Хрупкие тензочувствительные покрытия, метод муаровых полос, оптические чувствительные покрытия, голографическая интерференция, тензометрия
9. Системы сбора, обработки и представления информации
10. Первичные преобразователи. Использование тензорезисторов: одиночный датчик, полумост, мост
11. Определение погрешностей при тензометрии: случайные и систематические ошибки
12. Передача информации между устройствами, протоколы передачи: параллельный, SPI, USART, USB, CAN
13. Дисперсионный, регрессионный и корреляционный анализ
14. Погрешность эксперимента
15. Планирование эксперимента
16. Моделирование как основа эксперимента
17. Планирование многофакторных экспериментов
18. Планирование длительных испытаний

Критерии оценки

- Задание считается выполненным на **пороговом** уровне, если аспирант отвечает на один вопрос, оценка составляет 50 баллов
- Задание считается выполненным на **базовом** уровне, если аспирант отвечает на два вопроса, оценка составляет 75 баллов
- Задание считается выполненным на **продвинутом** уровне, если аспирант дает развернутые ответы на два вопроса, оценка составляет 100 баллов

Зачет считается сданным, если средняя сумма баллов по всем заданиям составляет не менее 50 баллов (по 100 балльной шкале).

Коэффициент, с которым учитывается полученная сумма баллов в общей оценке по дисциплине, определяется Правилами аттестации.

Составитель _____ В.Е. Левин
(подпись)

«____» _____ 20 ____ г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра прочности летательных аппаратов

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФЛА
д.т.н., профессор С.Д. Саленко
“ ” _____ Г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**МОДУЛЯ "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам
дисциплины**

**Дисциплина по выбору аспиранта: Динамика механических систем. Вычислительная
механика**

Образовательная программа: 24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника, профиль:
Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

1. **Обобщенная структура фонда оценочных средств модуля "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины**

Обобщенная структура фонда оценочных средств по модулю "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины Дисциплина по выбору аспиранта: Динамика механических систем. Вычислительная механика приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.1 владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области авиационной и ракетно-космической техники	з1. знать фундаментальные законы механики	Вариационный принцип Гамильтона - Остроградского Вынужденные колебания без сопротивления под действием гармонической силы. Свободное сопровождающее колебание. Биения. Резонанс Вынужденные колебания с сопротивлением под действием гармонической силы. Коэффициент динамичности. Резонансные кривые. Мощность. Система под действием произвольной возмущающей силы Вынужденные колебания систем без демпфирования под действием гармонической силы. Матрица гармонических коэффициентов влияния Кинематика колебаний. Периодические колебания - период, частота, циклическая частота, фаза. Круговая диаграмма. Фазовая плоскость. Фазовый портрет Классификация колебательных процессов - свободные колебания, вынужденные, параметрические, автоколебания Классификация колебательных систем - число степеней свободы, линейные и нелинейные системы, стационарные и нестационарные, автономные и неавтономные, консервативные системы, диссипативные, автоколебательные Колебания системы с двумя степенями свободы. Парциальные системы и частоты. Вынужденное движение под действием гармонической силы. Антирезонанс. Динамический гаситель колебаний Методы вычисления собственных		Экзамен, вопросы 1-31

		форм и частот. Метод простых итераций Основная система уравнений движения. Прямая и обратная формы уравнений движения Построение механической модели - ограничение степеней свободы, учет сил, действующих при колебаниях Продольные и крутильные колебания прямых стержней, уравнения движения и граничные условия. Свободные крутильные колебания стержней. Условия ортогональности собственных форм Свободные колебания консервативной системы. Квадратичные формы кинетической и потенциальной энергий. Потенциальная энергия как квадратичная форма обобщенных сил. Инерционная матрица, матрицы жесткости и податливости Свободные колебания с сопротивлением. Функция рассеяния. Характеристические показатели. Анализ значений характеристических показателей. Нормальные координаты для диссипативных систем. Внешнее и внутреннее демпфирование Уравнения движения для диссипативной системы Устойчивое равновесное состояние. Линейные колебания. Энергии системы. Способы составления уравнений. Линейный осциллятор. Уравнение с вязким трением. Случай малого сопротивления. Декремент колебаний. Случай большого сопротивления Устойчивость автономных систем (по Ляпунову). Асимптотическая устойчивость. Теорема Лагранжа об устойчивости консервативных систем. Критерий Рауса-Гурвица асимптотической устойчивости Формула Рэлея. Максимиимальные свойства частот консервативной системы. Изменение частот системы при наложении связей. Теорема Рэлея о влиянии на частоты изменений масс и жесткостей		
--	--	---	--	--

ОПК.1	у1. уметь применять на практике фундаментальные законы механики	Исследование свободных колебаний. Собственные частоты, собственные формы, главные колебания. Свойства собственных форм. Условия ортогональности по потенциальной и кинетической энергиям. Главные (нормальные) координаты. Общий интеграл системы дифференциальных уравнений Методы вычисления собственных форм и частот. Метод простых итераций Основная система уравнений движения. Прямая и обратная формы уравнений движения Поперечные колебания пластин. Уравнение колебаний и граничные условия Поперечные колебания прямых стержней, уравнение колебаний и граничные условия. Условия ортогональности. Однородная задача для стержня постоянной жесткости Продольные и крутильные колебания прямых стержней, уравнения движения и граничные условия. Свободные крутильные колебания стержней. Условия ортогональности собственных форм Свободные колебания консервативной системы. Квадратичные формы кинетической и потенциальной энергий. Потенциальная энергия как квадратичная форма обобщенных сил. Инерционная матрица, матрицы жесткости и податливости Численные методы определения собственных частот и форм колебаний. Метод Рунге	Экзамен, вопросы 1-31
ОПК.2 владение культурой научного исследования в области авиационной и ракетно-космической техники, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий	у1. уметь применять современные программные продукты, используемые в научных исследованиях	Аппроксимация функций. Многочлен Лагранжа с равноотстоящими узлами. Многочлен Лагранжа с оптимально выбранными узлами. Интерполяционный многочлен Ньютона. Кубические сплайны Интегральные уравнения. Сингулярные интегральные уравнения. Метод квадратур Итерационные методы решения СЛАУ. Метод простых итераций и метод Зейделя Квадратурные формулы наивысшей алгебраической степени точности. Интегрирование методом Гаусса. Вычисление интеграла по площади	Экзамен, вопросы 1-31

		четырехугольника и треугольника. Вычисление интеграла с бесконечными пределами Методы определения собственных чисел матрицы. Метод вращений при решении полной проблемы собственных чисел. Определение наибольшего (наименьшего) собственного числа матрицы методом итераций Методы решения нелинейных уравнений. Методы решения одного нелинейного уравнения. Методы решения системы нелинейных уравнений (метод Ньютона, метод простых итераций) Основные математические понятия курса. Элементы функционального анализа Решение систем линейных алгебраических уравнений. Прямые методы решения СЛАУ. Определение числа обусловленности матрицы. Метод Гаусса. Метод квадратного корня Формула Рэлея. Максимальные свойства частот консервативной системы. Изменение частот системы при наложении связей. Теорема Рэлея о влиянии на частоты изменений масс и жесткостей Численное интегрирование. Среднеквадратичная аппроксимация. Аппроксимация на непрерывном и на дискретном множестве точек. Аппроксимация периодических функций		
ПК.1.В способность исследовать прочность и устойчивость объектов авиационной и ракетно-космической техники	з1. знать основные законы динамики конструкций	Вариационный принцип Гамильтона - Остроградского Вынужденные колебания без сопротивления под действием гармонической силы. Свободное сопровождающее колебание. Биеция. Резонанс Вынужденные колебания с сопротивлением под действием гармонической силы. Коэффициент динамичности. Резонансные кривые. Мощность. Система под действием произвольной возмущающей силы Вынужденные колебания систем без демпфирования под действием гармонической силы. Матрица гармонических коэффициентов влияния Исследование свободных колебаний. Собственные		Экзамен, вопросы 1-31

		частоты, собственные формы, главные колебания. Свойства собственных форм. Условия ортогональности по потенциальной и кинетической энергиям. Главные (нормальные) координаты. Общий интеграл системы дифференциальных уравнений Кинематика колебаний. Периодические колебания - период, частота, циклическая частота, фаза. Круговая диаграмма. Фазовая плоскость. Фазовый портрет Классификация колебательных процессов - свободные колебания, вынужденные, параметрические, автоколебания Классификация колебательных систем - число степеней свободы, линейные и нелинейные системы, стационарные и нестационарные, автономные и неавтономные, консервативные системы, диссипативные, автоколебательные Колебания системы с двумя степенями свободы. Парциальные системы и частоты. Вынужденное движение под действием гармонической силы. Антирезонанс. Динамический гаситель колебаний Методы вычисления собственных форм и частот. Метод простых итераций Основная система уравнений движения. Прямая и обратная формы уравнений движения Поперечные колебания пластин. Уравнение колебаний и граничные условия Поперечные колебания прямых стержней, уравнение колебаний и граничные условия. Условия ортогональности. Однородная задача для стержня постоянной жесткости Построение механической модели - ограничение степеней свободы, учет сил, действующих при колебаниях Продольные и крутильные колебания прямых стержней, уравнения движения и граничные условия. Свободные крутильные колебания стержней. Условия ортогональности собственных форм Свободные колебания консервативной системы. Квадратичные формы кинетической и		
--	--	---	--	--

		потенциальной энергий. Потенциальная энергия как квадратичная форма обобщенных сил. Инерционная матрица, матрицы жесткости и податливости Свободные колебания с сопротивлением. Функция рассеяния. Характеристические показатели. Анализ значений характеристических показателей. Нормальные координаты для диссипативных систем. Внешнее и внутреннее демпфирование Уравнения движения для диссипативной системы Устойчивое равновесное состояние. Линейные колебания. Энергии системы. Способы составления уравнений. Линейный осциллятор. Уравнение с вязким трением. Случай малого сопротивления. Декремент колебаний. Случай большого сопротивления Устойчивость автономных систем (по Ляпунову). Асимптотическая устойчивость. Теорема Лагранжа об устойчивости консервативных систем. Критерий Рауса-Гурвица асимптотической устойчивости Формула Рэлея. Максимумы и минимумы свойства частот консервативной системы. Изменение частот системы при наложении связей. Теорема Рэлея о влиянии на частоты изменений масс и жесткостей Численные методы определения собственных частот и форм колебаний. Метод Рунге		
ПК.1.В	35. знать методы обеспечения динамической прочности объектов авиационной, ракетной и космической техники	Исследование свободных колебаний. Собственные частоты, собственные формы, главные колебания. Свойства собственных форм. Условия ортогональности по потенциальной и кинетической энергиям. Главные (нормальные) координаты. Общий интеграл системы дифференциальных уравнений Методы вычисления собственных форм и частот. Метод простых итераций Основная система уравнений движения. Прямая и обратная формы уравнений движения Поперечные колебания пластин. Уравнение колебаний и граничные		Экзамен, вопросы 1-31

		условия Поперечные колебания прямых стержней, уравнение колебаний и граничные условия. Условия ортогональности. Однородная задача для стержня постоянной жесткости Продольные и крутильные колебания прямых стержней, уравнения движения и граничные условия. Свободные крутильные колебания стержней. Условия ортогональности собственных форм Свободные колебания консервативной системы. Квадратичные формы кинетической и потенциальной энергий. Потенциальная энергия как квадратичная форма обобщенных сил. Инерционная матрица, матрицы жесткости и податливости Свободные колебания с сопротивлением. Функция рассеяния. Характеристические показатели. Анализ значений характеристических показателей. Нормальные координаты для диссипативных систем. Внешнее и внутреннее демпфирование Формула Рэлея. Максимумы и минимумы частот консервативной системы. Изменение частот системы при наложении связей. Теорема Рэлея о влиянии на частоты изменений масс и жесткостей Численные методы определения собственных частот и форм колебаний. Метод Рунге		
ПК.1.В	у1. уметь решать прикладные задачи динамической прочности	Аппроксимация функций. Многочлен Лагранжа с равноотстоящими узлами. Многочлен Лагранжа с оптимально выбранными узлами. Интерполяционный многочлен Ньютона. Кубические сплайны Интегральные уравнения. Сингулярные интегральные уравнения. Метод квадратур Исследование свободных колебаний. Собственные частоты, собственные формы, главные колебания. Свойства собственных форм. Условия ортогональности по потенциальной и кинетической энергиям. Главные (нормальные) координаты. Общий интеграл системы дифференциальных		Экзамен, вопросы 1-31

		уравнений Итерационные методы решения СЛАУ. Метод простых итераций и метод Зейделя Квадратурные формулы наивысшей алгебраической степени точности. Интегрирование методом Гаусса. Вычисление интеграла по площади четырехугольника и треугольника. Вычисление интеграла с бесконечными пределами Методы вычисления собственных форм и частот. Метод простых итераций Методы определения собственных чисел матрицы. Метод вращений при решении полной проблемы собственных чисел. Определение наибольшего (наименьшего) собственного числа матрицы методом итераций Методы решения нелинейных уравнений. Методы решения одного нелинейного уравнения. Методы решения системы нелинейных уравнений (метод Ньютона, метод простых итераций) Основная система уравнений движения. Прямая и обратная формы уравнений движения Основные математические понятия курса. Элементы функционального анализа Поперечные колебания пластин. Уравнение колебаний и граничные условия Поперечные колебания прямых стержней, уравнение колебаний и граничные условия. Условия ортогональности. Однородная задача для стержня постоянной жесткости Продольные и крутильные колебания прямых стержней, уравнения движения и граничные условия. Свободные крутильные колебания стержней. Условия ортогональности собственных форм Решение систем линейных алгебраических уравнений. Прямые методы решения СЛАУ. Определение числа обусловленности матрицы. Метод Гаусса. Метод квадратного корня Свободные колебания консервативной системы. Квадратичные формы кинетической и потенциальной энергий. Потенциальная энергия как		
--	--	---	--	--

		квадратичная форма обобщенных сил. Инерционная матрица, матрицы жесткости и податливости Формула Рэлея. Максимумы и минимумы свойства частот консервативной системы. Изменение частот системы при наложении связей. Теорема Рэлея о влиянии на частоты изменений масс и жесткостей Численное интегрирование. Среднеквадратичная аппроксимация. Аппроксимация на непрерывном и на дискретном множестве точек. Аппроксимация периодических функций Численные методы определения собственных частот и форм колебаний. Метод Рунге		
--	--	---	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках модуля "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины.

Промежуточная аттестация по модулю "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины проводится в 6 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.1.В.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе модуля "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.1.В, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра прочности летательных аппаратов

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФЛА
д.т.н., профессор С.Д. Саленко
“ ” _____ Г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**МОДУЛЯ "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам
дисциплины**

**Дисциплина по выбору аспиранта: Динамика механических систем. Вычислительная
механика**

Образовательная программа: 24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника, профиль:
Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

1. **Обобщенная структура фонда оценочных средств модуля "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины**

Обобщенная структура фонда оценочных средств по модулю "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины Дисциплина по выбору аспиранта: Динамика механических систем. Вычислительная механика приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.1 владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области авиационной и ракетно-космической техники	з1. знать фундаментальные законы механики	Вариационный принцип Гамильтона - Остроградского Вынужденные колебания без сопротивления под действием гармонической силы. Свободное сопровождающее колебание. Биения. Резонанс Вынужденные колебания с сопротивлением под действием гармонической силы. Коэффициент динамичности. Резонансные кривые. Мощность. Система под действием произвольной возмущающей силы Вынужденные колебания систем без демпфирования под действием гармонической силы. Матрица гармонических коэффициентов влияния Кинематика колебаний. Периодические колебания - период, частота, циклическая частота, фаза. Круговая диаграмма. Фазовая плоскость. Фазовый портрет Классификация колебательных процессов - свободные колебания, вынужденные, параметрические, автоколебания Классификация колебательных систем - число степеней свободы, линейные и нелинейные системы, стационарные и нестационарные, автономные и неавтономные, консервативные системы, диссипативные, автоколебательные Колебания системы с двумя степенями свободы. Парциальные системы и частоты. Вынужденное движение под действием гармонической силы. Антирезонанс. Динамический гаситель колебаний Методы вычисления собственных		Экзамен, вопросы 1-31

		форм и частот. Метод простых итераций Основная система уравнений движения. Прямая и обратная формы уравнений движения Построение механической модели - ограничение степеней свободы, учет сил, действующих при колебаниях Продольные и крутильные колебания прямых стержней, уравнения движения и граничные условия. Свободные крутильные колебания стержней. Условия ортогональности собственных форм Свободные колебания консервативной системы. Квадратичные формы кинетической и потенциальной энергий. Потенциальная энергия как квадратичная форма обобщенных сил. Инерционная матрица, матрицы жесткости и податливости Свободные колебания с сопротивлением. Функция рассеяния. Характеристические показатели. Анализ значений характеристических показателей. Нормальные координаты для диссипативных систем. Внешнее и внутреннее демпфирование Уравнения движения для диссипативной системы Устойчивое равновесное состояние. Линейные колебания. Энергии системы. Способы составления уравнений. Линейный осциллятор. Уравнение с вязким трением. Случай малого сопротивления. Декремент колебаний. Случай большого сопротивления Устойчивость автономных систем (по Ляпунову). Асимптотическая устойчивость. Теорема Лагранжа об устойчивости консервативных систем. Критерий Рауса-Гурвица асимптотической устойчивости Формула Рэлея. Максимиимальные свойства частот консервативной системы. Изменение частот системы при наложении связей. Теорема Рэлея о влиянии на частоты изменений масс и жесткостей		
--	--	---	--	--

ОПК.1	у1. уметь применять на практике фундаментальные законы механики	Исследование свободных колебаний. Собственные частоты, собственные формы, главные колебания. Свойства собственных форм. Условия ортогональности по потенциальной и кинетической энергиям. Главные (нормальные) координаты. Общий интеграл системы дифференциальных уравнений Методы вычисления собственных форм и частот. Метод простых итераций Основная система уравнений движения. Прямая и обратная формы уравнений движения Поперечные колебания пластин. Уравнение колебаний и граничные условия Поперечные колебания прямых стержней, уравнение колебаний и граничные условия. Условия ортогональности. Однородная задача для стержня постоянной жесткости Продольные и крутильные колебания прямых стержней, уравнения движения и граничные условия. Свободные крутильные колебания стержней. Условия ортогональности собственных форм Свободные колебания консервативной системы. Квадратичные формы кинетической и потенциальной энергий. Потенциальная энергия как квадратичная форма обобщенных сил. Инерционная матрица, матрицы жесткости и податливости Численные методы определения собственных частот и форм колебаний. Метод Рунге	Экзамен, вопросы 1-31
ОПК.2 владение культурой научного исследования в области авиационной и ракетно-космической техники, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий	у1. уметь применять современные программные продукты, используемые в научных исследованиях	Аппроксимация функций. Многочлен Лагранжа с равноотстоящими узлами. Многочлен Лагранжа с оптимально выбранными узлами. Интерполяционный многочлен Ньютона. Кубические сплайны Интегральные уравнения. Сингулярные интегральные уравнения. Метод квадратур Итерационные методы решения СЛАУ. Метод простых итераций и метод Зейделя Квадратурные формулы наивысшей алгебраической степени точности. Интегрирование методом Гаусса. Вычисление интеграла по площади	Экзамен, вопросы 1-31

		четырехугольника и треугольника. Вычисление интеграла с бесконечными пределами Методы определения собственных чисел матрицы. Метод вращений при решении полной проблемы собственных чисел. Определение наибольшего (наименьшего) собственного числа матрицы методом итераций Методы решения нелинейных уравнений. Методы решения одного нелинейного уравнения. Методы решения системы нелинейных уравнений (метод Ньютона, метод простых итераций) Основные математические понятия курса. Элементы функционального анализа Решение систем линейных алгебраических уравнений. Прямые методы решения СЛАУ. Определение числа обусловленности матрицы. Метод Гаусса. Метод квадратного корня Формула Рэлея. Максимальные свойства частот консервативной системы. Изменение частот системы при наложении связей. Теорема Рэлея о влиянии на частоты изменений масс и жесткостей Численное интегрирование. Среднеквадратичная аппроксимация. Аппроксимация на непрерывном и на дискретном множестве точек. Аппроксимация периодических функций		
ПК.1.В способность исследовать прочность и устойчивость объектов авиационной и ракетно-космической техники	з1. знать основные законы динамики конструкций	Вариационный принцип Гамильтона - Остроградского Вынужденные колебания без сопротивления под действием гармонической силы. Свободное сопровождающее колебание. Биеция. Резонанс Вынужденные колебания с сопротивлением под действием гармонической силы. Коэффициент динамичности. Резонансные кривые. Мощность. Система под действием произвольной возмущающей силы Вынужденные колебания систем без демпфирования под действием гармонической силы. Матрица гармонических коэффициентов влияния Исследование свободных колебаний. Собственные		Экзамен, вопросы 1-31

		частоты, собственные формы, главные колебания. Свойства собственных форм. Условия ортогональности по потенциальной и кинетической энергиям. Главные (нормальные) координаты. Общий интеграл системы дифференциальных уравнений Кинематика колебаний. Периодические колебания - период, частота, циклическая частота, фаза. Круговая диаграмма. Фазовая плоскость. Фазовый портрет Классификация колебательных процессов - свободные колебания, вынужденные, параметрические, автоколебания Классификация колебательных систем - число степеней свободы, линейные и нелинейные системы, стационарные и нестационарные, автономные и неавтономные, консервативные системы, диссипативные, автоколебательные Колебания системы с двумя степенями свободы. Парциальные системы и частоты. Вынужденное движение под действием гармонической силы. Антирезонанс. Динамический гаситель колебаний Методы вычисления собственных форм и частот. Метод простых итераций Основная система уравнений движения. Прямая и обратная формы уравнений движения Поперечные колебания пластин. Уравнение колебаний и граничные условия Поперечные колебания прямых стержней, уравнение колебаний и граничные условия. Условия ортогональности. Однородная задача для стержня постоянной жесткости Построение механической модели - ограничение степеней свободы, учет сил, действующих при колебаниях Продольные и крутильные колебания прямых стержней, уравнения движения и граничные условия. Свободные крутильные колебания стержней. Условия ортогональности собственных форм Свободные колебания консервативной системы. Квадратичные формы кинетической и		
--	--	---	--	--

		потенциальной энергий. Потенциальная энергия как квадратичная форма обобщенных сил. Инерционная матрица, матрицы жесткости и податливости Свободные колебания с сопротивлением. Функция рассеяния. Характеристические показатели. Анализ значений характеристических показателей. Нормальные координаты для диссипативных систем. Внешнее и внутреннее демпфирование Уравнения движения для диссипативной системы Устойчивое равновесное состояние. Линейные колебания. Энергии системы. Способы составления уравнений. Линейный осциллятор. Уравнение с вязким трением. Случай малого сопротивления. Декремент колебаний. Случай большого сопротивления Устойчивость автономных систем (по Ляпунову). Асимптотическая устойчивость. Теорема Лагранжа об устойчивости консервативных систем. Критерий Рауса-Гурвица асимптотической устойчивости Формула Рэлея. Максимумы и минимумы свойства частот консервативной системы. Изменение частот системы при наложении связей. Теорема Рэлея о влиянии на частоты изменений масс и жесткостей Численные методы определения собственных частот и форм колебаний. Метод Рунге		
ПК.1.В	35. знать методы обеспечения динамической прочности объектов авиационной, ракетной и космической техники	Исследование свободных колебаний. Собственные частоты, собственные формы, главные колебания. Свойства собственных форм. Условия ортогональности по потенциальной и кинетической энергиям. Главные (нормальные) координаты. Общий интеграл системы дифференциальных уравнений Методы вычисления собственных форм и частот. Метод простых итераций Основная система уравнений движения. Прямая и обратная формы уравнений движения Поперечные колебания пластин. Уравнение колебаний и граничные		Экзамен, вопросы 1-31

		условия Поперечные колебания прямых стержней, уравнение колебаний и граничные условия. Условия ортогональности. Однородная задача для стержня постоянной жесткости Продольные и крутильные колебания прямых стержней, уравнения движения и граничные условия. Свободные крутильные колебания стержней. Условия ортогональности собственных форм Свободные колебания консервативной системы. Квадратичные формы кинетической и потенциальной энергий. Потенциальная энергия как квадратичная форма обобщенных сил. Инерционная матрица, матрицы жесткости и податливости Свободные колебания с сопротивлением. Функция рассеяния. Характеристические показатели. Анализ значений характеристических показателей. Нормальные координаты для диссипативных систем. Внешнее и внутреннее демпфирование Формула Рэлея. Максимумы и минимумы частот консервативной системы. Изменение частот системы при наложении связей. Теорема Рэлея о влиянии на частоты изменений масс и жесткостей Численные методы определения собственных частот и форм колебаний. Метод Рунге		
ПК.1.В	у1. уметь решать прикладные задачи динамической прочности	Аппроксимация функций. Многочлен Лагранжа с равноотстоящими узлами. Многочлен Лагранжа с оптимально выбранными узлами. Интерполяционный многочлен Ньютона. Кубические сплайны Интегральные уравнения. Сингулярные интегральные уравнения. Метод квадратур Исследование свободных колебаний. Собственные частоты, собственные формы, главные колебания. Свойства собственных форм. Условия ортогональности по потенциальной и кинетической энергиям. Главные (нормальные) координаты. Общий интеграл системы дифференциальных		Экзамен, вопросы 1-31

		уравнений Итерационные методы решения СЛАУ. Метод простых итераций и метод Зейделя Квадратурные формулы наивысшей алгебраической степени точности. Интегрирование методом Гаусса. Вычисление интеграла по площади четырехугольника и треугольника. Вычисление интеграла с бесконечными пределами Методы вычисления собственных форм и частот. Метод простых итераций Методы определения собственных чисел матрицы. Метод вращений при решении полной проблемы собственных чисел. Определение наибольшего (наименьшего) собственного числа матрицы методом итераций Методы решения нелинейных уравнений. Методы решения одного нелинейного уравнения. Методы решения системы нелинейных уравнений (метод Ньютона, метод простых итераций) Основная система уравнений движения. Прямая и обратная формы уравнений движения Основные математические понятия курса. Элементы функционального анализа Поперечные колебания пластин. Уравнение колебаний и граничные условия Поперечные колебания прямых стержней, уравнение колебаний и граничные условия. Условия ортогональности. Однородная задача для стержня постоянной жесткости Продольные и крутильные колебания прямых стержней, уравнения движения и граничные условия. Свободные крутильные колебания стержней. Условия ортогональности собственных форм Решение систем линейных алгебраических уравнений. Прямые методы решения СЛАУ. Определение числа обусловленности матрицы. Метод Гаусса. Метод квадратного корня Свободные колебания консервативной системы. Квадратичные формы кинетической и потенциальной энергий. Потенциальная энергия как		
--	--	---	--	--

		квадратичная форма обобщенных сил. Инерционная матрица, матрицы жесткости и податливости Формула Рэлея. Максимумы и минимумы свойства частот консервативной системы. Изменение частот системы при наложении связей. Теорема Рэлея о влиянии на частоты изменений масс и жесткостей Численное интегрирование. Среднеквадратичная аппроксимация. Аппроксимация на непрерывном и на дискретном множестве точек. Аппроксимация периодических функций Численные методы определения собственных частот и форм колебаний. Метод Рунге		
--	--	---	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках модуля "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины.

Промежуточная аттестация по модулю "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины проводится в 6 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.1.В.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе модуля "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.1.В, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт экзамена

по модулю "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины «Дисциплина по выбору аспиранта: Динамика механических систем. Вычислительная механика», 6 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по вопросам, список которых приведен ниже. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4) и задачи на понимание этих вопросов.

2. Критерии оценки

- Ответ на вопрос считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *менее 0,25 максимального балла*.
- Ответ на вопрос засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *менее 0,5 максимального балла*.
- Ответ на вопрос засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет *менее 0,75 максимального балла*.
- Ответ на вопрос засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет *более 0,75 максимального балла*.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине

1. Классификация колебательных систем - число степеней свободы, линейные и нелинейные системы, стационарные и нестационарные, автономные и неавтономные, консервативные системы, диссипативные, автоколебательные
2. Классификация колебательных процессов - свободные колебания, вынужденные, параметрические, автоколебания
3. Построение механической модели - ограничение степеней свободы, учет сил, действующих при колебаниях
4. Кинематика колебаний. Периодические колебания - период, частота, циклическая частота, фаза. Круговая диаграмма. Фазовая плоскость. Фазовый портрет
5. Устойчивое равновесное состояние. Линейные колебания. Энергии системы. Способы составления уравнений. Линейный осциллятор. Уравнение с вязким трением. Случай малого сопротивления. Декремент колебаний. Случай большого сопротивления
6. Вынужденные колебания без сопротивления под действием гармонической силы. Свободное сопровождающее колебание. Биения. Резонанс
7. Вынужденные колебания с сопротивлением под действием гармонической силы. Коэффициент динамичности. Резонансные кривые. Мощность. Система под действием произвольной возмущающей силы
8. Свободные колебания консервативной системы. Квадратичные формы кинетической и потенциальной энергий. Потенциальная энергия как квадратичная форма обобщенных сил. Инерционная матрица, матрицы жесткости и податливости
9. Основная система уравнений движения. Прямая и обратная формы уравнений движения
10. Исследование свободных колебаний. Собственные частоты, собственные формы, главные колебания. Свойства собственных форм. Условия ортогональности по потенциальной и кинетической энергиям. Главные (нормальные) координаты. Общий интеграл системы дифференциальных уравнений
11. Методы вычисления собственных форм и частот. Метод простых итераций
12. Формула Рэлея. Максимальные свойства частот консервативной системы. Изменение частот системы при наложении связей. Теорема Рэлея о влиянии на частоты изменений масс и жесткостей
13. Свободные колебания с сопротивлением. Функция рассеяния. Характеристические показатели. Анализ значений характеристических показателей. Нормальные координаты для диссипативных систем. Внешнее и внутреннее демпфирование

14. Устойчивость автономных систем (по Ляпунову). Асимптотическая устойчивость. Теорема Лагранжа об устойчивости консервативных систем. Критерий Рауса-Гурвица асимптотической устойчивости
15. Вынужденные колебания систем без демпфирования под действием гармонической силы. Матрица гармонических коэффициентов влияния
16. Уравнения движения для диссипативной системы
17. Колебания системы с двумя степенями свободы. Парциальные системы и частоты. Вынужденное движение под действием гармонической силы. Антирезонанс. Динамический гаситель колебаний
18. Вариационный принцип Гамильтона – Остроградского
19. Продольные и крутильные колебания прямых стержней, уравнения движения и граничные условия. Свободные крутильные колебания стержней. Условия ортогональности собственных форм
20. Поперечные колебания прямых стержней, уравнение колебаний и граничные условия. Условия ортогональности. Однородная задача для стержня постоянной жесткости
21. Поперечные колебания пластин. Уравнение колебаний и граничные условия
22. Численные методы определения собственных частот и форм колебаний. Метод Ритца
23. Основные математические понятия курса. Элементы функционального анализа
24. Аппроксимация функций. Многочлен Лагранжа с равноотстоящими узлами. Многочлен Лагранжа с оптимально выбранными узлами. Интерполяционный многочлен Ньютона. Кубические сплайны
25. Численное интегрирование. Среднеквадратичная аппроксимация. Аппроксимация на непрерывном и на дискретном множестве точек. Аппроксимация периодических функций
26. Квадратурные формулы наивысшей алгебраической степени точности. Интегрирование методом Гаусса. Вычисление интеграла по площади четырехугольника и треугольника. Вычисление интеграла с бесконечными пределами
27. Итерационные методы решения СЛАУ. Метод простых итераций и метод Зейделя
28. Решение систем линейных алгебраических уравнений. Прямые методы решения СЛАУ. Определение числа обусловленности матрицы. Метод Гаусса. Метод квадратного корня
29. Методы решения нелинейных уравнений. Методы решения одного нелинейного уравнения. Методы решения системы нелинейных уравнений (метод Ньютона, метод простых итераций)
30. Методы определения собственных чисел матрицы. Метод вращений при решении полной проблемы собственных чисел. Определение наибольшего (наименьшего) собственного числа матрицы методом итераций
31. Интегральные уравнения. Сингулярные интегральные уравнения. Метод квадратур

Паспорт экзамена

по модулю "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам дисциплины «Дисциплина по выбору аспиранта: Динамика механических систем. Вычислительная механика», 6 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по вопросам, список которых приведен ниже. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4) и задачи на понимание этих вопросов.

2. Критерии оценки

- Ответ на вопрос считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *менее 0,25 максимального балла*.
- Ответ на вопрос засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *менее 0,5 максимального балла*.
- Ответ на вопрос засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет *менее 0,75 максимального балла*.
- Ответ на вопрос засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет *более 0,75 максимального балла*.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине

1. Классификация колебательных систем - число степеней свободы, линейные и нелинейные системы, стационарные и нестационарные, автономные и неавтономные, консервативные системы, диссипативные, автоколебательные
2. Классификация колебательных процессов - свободные колебания, вынужденные, параметрические, автоколебания
3. Построение механической модели - ограничение степеней свободы, учет сил, действующих при колебаниях
4. Кинематика колебаний. Периодические колебания - период, частота, циклическая частота, фаза. Круговая диаграмма. Фазовая плоскость. Фазовый портрет
5. Устойчивое равновесное состояние. Линейные колебания. Энергии системы. Способы составления уравнений. Линейный осциллятор. Уравнение с вязким трением. Случай малого сопротивления. Декремент колебаний. Случай большого сопротивления
6. Вынужденные колебания без сопротивления под действием гармонической силы. Свободное сопровождающее колебание. Биения. Резонанс
7. Вынужденные колебания с сопротивлением под действием гармонической силы. Коэффициент динамичности. Резонансные кривые. Мощность. Система под действием произвольной возмущающей силы
8. Свободные колебания консервативной системы. Квадратичные формы кинетической и потенциальной энергий. Потенциальная энергия как квадратичная форма обобщенных сил. Инерционная матрица, матрицы жесткости и податливости
9. Основная система уравнений движения. Прямая и обратная формы уравнений движения
10. Исследование свободных колебаний. Собственные частоты, собственные формы, главные колебания. Свойства собственных форм. Условия ортогональности по потенциальной и кинетической энергиям. Главные (нормальные) координаты. Общий интеграл системы дифференциальных уравнений
11. Методы вычисления собственных форм и частот. Метод простых итераций
12. Формула Рэлея. Максимальные свойства частот консервативной системы. Изменение частот системы при наложении связей. Теорема Рэлея о влиянии на частоты изменений масс и жесткостей
13. Свободные колебания с сопротивлением. Функция рассеяния. Характеристические показатели. Анализ значений характеристических показателей. Нормальные координаты для диссипативных систем. Внешнее и внутреннее демпфирование

14. Устойчивость автономных систем (по Ляпунову). Асимптотическая устойчивость. Теорема Лагранжа об устойчивости консервативных систем. Критерий Рауса-Гурвица асимптотической устойчивости
15. Вынужденные колебания систем без демпфирования под действием гармонической силы. Матрица гармонических коэффициентов влияния
16. Уравнения движения для диссипативной системы
17. Колебания системы с двумя степенями свободы. Парциальные системы и частоты. Вынужденное движение под действием гармонической силы. Антирезонанс. Динамический гаситель колебаний
18. Вариационный принцип Гамильтона – Остроградского
19. Продольные и крутильные колебания прямых стержней, уравнения движения и граничные условия. Свободные крутильные колебания стержней. Условия ортогональности собственных форм
20. Поперечные колебания прямых стержней, уравнение колебаний и граничные условия. Условия ортогональности. Однородная задача для стержня постоянной жесткости
21. Поперечные колебания пластин. Уравнение колебаний и граничные условия
22. Численные методы определения собственных частот и форм колебаний. Метод Ритца
23. Основные математические понятия курса. Элементы функционального анализа
24. Аппроксимация функций. Многочлен Лагранжа с равноотстоящими узлами. Многочлен Лагранжа с оптимально выбранными узлами. Интерполяционный многочлен Ньютона. Кубические сплайны
25. Численное интегрирование. Среднеквадратичная аппроксимация. Аппроксимация на непрерывном и на дискретном множестве точек. Аппроксимация периодических функций
26. Квадратурные формулы наивысшей алгебраической степени точности. Интегрирование методом Гаусса. Вычисление интеграла по площади четырехугольника и треугольника. Вычисление интеграла с бесконечными пределами
27. Итерационные методы решения СЛАУ. Метод простых итераций и метод Зейделя
28. Решение систем линейных алгебраических уравнений. Прямые методы решения СЛАУ. Определение числа обусловленности матрицы. Метод Гаусса. Метод квадратного корня
29. Методы решения нелинейных уравнений. Методы решения одного нелинейного уравнения. Методы решения системы нелинейных уравнений (метод Ньютона, метод простых итераций)
30. Методы определения собственных чисел матрицы. Метод вращений при решении полной проблемы собственных чисел. Определение наибольшего (наименьшего) собственного числа матрицы методом итераций
31. Интегральные уравнения. Сингулярные интегральные уравнения. Метод квадратур

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра прочности летательных аппаратов

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФЛА
д.т.н., профессор С.Д. Саленко
“ ” _____ Г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**МОДУЛЯ "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)" по материалам
дисциплины**

**Дисциплина по выбору аспиранта: Компьютерные технологии и методы расчета агрегатов
летательных аппаратов**

Образовательная программа: 24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника, профиль:
Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

1. **Обобщенная структура фонда оценочных средств модуля "Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры (модуль)" по материалам дисциплины**

Обобщенная структура фонда оценочных средств по модулю "Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры (модуль)" по материалам дисциплины Дисциплина по выбору аспиранта: Компьютерные технологии в динамике, прочности машин, приборов и аппаратуры. Основы теории подобия, размерностей и моделирования приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.1 способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	31. знать современные методы научных исследований в области динамики и прочности конструкций	Интегрирование уравнений динамики на ЭВМ. Вычислительный эксперимент в задачах динамики и прочности Полное упругое подобие при статическом нагружении. Неполное упругое подобие при статическом нагружении Понятие нелинейного подобия. Возможность линеаризации и автомодельность Понятие о проблемах автоматизированного проектирования и компьютерного моделирования Роль компьютерных технологий в расчетах и исследованиях динамики и прочности. Требования, предъявляемые к алгоритмам и программам Численные методы решения задач динамики и прочности. Разностные методы. Численная реализация вариационных методов. Метод конечных элементов. Метод граничных элементов		Экзамен, вопросы 1-14
ПК.1.В способность создавать научные основы и инструментальные средства проектирования новых поколений машин, приборов, аппаратуры, технологий и материалов	32. знать современные методы расчета на прочность и устойчивость машин, приборов и аппаратуры	Интегрирование уравнений динамики на ЭВМ. Вычислительный эксперимент в задачах динамики и прочности Полное упругое подобие при статическом нагружении. Неполное упругое подобие при статическом нагружении Роль компьютерных технологий в расчетах и исследованиях динамики и прочности. Требования, предъявляемые к алгоритмам и программам Численные методы решения задач динамики и прочности. Разностные методы. Численная реализация		Экзамен, вопросы 1-14

		вариационных методов. Метод конечных элементов. Метод граничных элементов		
ПК.2.В способность создавать новые поколения машин, приборов, аппаратуры, технологий и материалов, обладающих качественно новыми функциональными свойствами	у1. уметь проводить математическое моделирование поведения технических объектов и их несущих элементов при статических, динамических, тепловых и других воздействиях	Единицы измерений. Переход от одних измерений к другим Интегрирование уравнений динамики на ЭВМ. Вычислительный эксперимент в задачах динамики и прочности Количество основных единиц измерения Определение критериев подобия в случае заданного дифференциального уравнения, описывающего физический процесс Подобие при динамическом действии нагрузок Полное упругое подобие при статическом нагружении. Неполное упругое подобие при статическом нагружении Понятие нелинейного подобия. Возможность линеаризации и автомодельность Понятие подобия. Критерии подобия. Необходимые и достаточные условия подобия. П-теорема Приближенное подобие при упругих деформациях Численные методы решения задач динамики и прочности. Разностные методы. Численная реализация вариационных методов. Метод конечных элементов. Метод граничных элементов		Экзамен, вопросы 1-14
ПК.3.В способность совершенствовать существующие машины, приборы, аппаратуру и технологии, обладающие повышенными эксплуатационными характеристиками, меньшей материало- и энергоемкостью	з3. знать методы нахождения оптимальных и/или рациональных конструктивных решений, включая выбор материалов, силовых схем, размеров и т.п.	Единицы измерений. Переход от одних измерений к другим Интегрирование уравнений динамики на ЭВМ. Вычислительный эксперимент в задачах динамики и прочности Количество основных единиц измерения Определение критериев подобия в случае заданного дифференциального уравнения, описывающего физический процесс Полное упругое подобие при статическом нагружении. Неполное упругое подобие при статическом нагружении Приближенное подобие при упругих деформациях Численные методы решения задач динамики и прочности. Разностные методы. Численная реализация вариационных методов. Метод конечных элементов. Метод граничных элементов		Экзамен, вопросы 1-14

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках модуля "Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры (модуль)" по материалам дисциплины.

Промежуточная аттестация по модулю "Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры (модуль)" по материалам дисциплины проводится в 5 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.1, ПК.1.В, ПК.2.В, ПК.3.В.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе модуля "Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры (модуль)" по материалам дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.1, ПК.1.В, ПК.2.В, ПК.3.В, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт экзамена

по модулю "Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры (модуль)" по материалам дисциплины «Дисциплина по выбору аспиранта: Компьютерные технологии в динамике, прочности машин, приборов и аппаратуры. Основы теории подобия, размерностей и моделирования», 5 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по вопросам, список которых приведен ниже. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4) и задачи на понимание этих вопросов.

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет (тест) считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *менее 0,25 максимального балла*.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *менее 0,5 максимального балла*.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет *менее 0,75 максимального балла*.
- Ответ на экзаменационный билет билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет *более 0,75 максимального балла*.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине

1. Основные возможности SolidWorks
2. Графический интерфейс SolidWorks
3. Основные понятия, используемые в твердотельном моделировании детали: эскизы, размеры, взаимосвязи, элементы
4. Конечно элементный модуль CosmosWorks
5. Определение НДС детали при заданных кинематических и статических граничных условиях
6. Методы расчета прочности агрегатов летательных аппаратов
7. Агрегаты самолета и вертолета, их назначение и соединение. Нагрузки, действующие на самолет в полете и при посадке. Основные режимы полета самолета: горизонтальный, криволинейный, в неспокойном воздухе (физическая природа воздушных порывов, вертикальный и горизонтальный порывы циклическая "болтанка"). Понятие о допустимых перегрузках. Необходимость нормирования внешних нагрузок. Определение коэффициента перегрузки. Основные расчетные случаи для самолета и их обоснование. Разделение самолетов на классы. Коэффициент безопасности. Нормы летной годности
8. Крыло самолета. Назначение, параметры и требования, предъявляемые к нему. Внешние формы крыла и их влияние на характеристики ЛА. Нагружение крыла, расчетные случаи, определение нагрузок, построение эпюр. Конструктивно-силовые схемы и элементы крыла. Элементы теории тонкостенных стержней. Расчет прямого лонжеронного крыла. Определение конструктивных параметров основных силовых элементов, стрингеров, обшивки
9. Расчетные схемы стреловидных крыльев. Особенности работы корневой части стреловидного крыла. Стреловидное крыло с заделкой по одному лонжерону. Стреловидное крыло с подкосом. Характер нагружения элементов каркаса крыла. Треугольные крылья. Конструктивно-силовые схемы и расчет треугольных крыльев. Расчет несущей способности подкрепленных панелей крыла при сжатии. Метод редуционных коэффициентов. Алгоритм задачи. Блок-схема расчета. Использование ЭВМ для реализации метода
10. Фюзеляж самолета. Назначение и требования к нему. Внешние формы фюзеляжа и геометрические параметры. Правило площадей. Нагрузки, действующие на фюзеляж. Расчетные случаи. Конструктивно-силовые схемы фюзеляжей. Основные конструктивные элементы фюзеляжа, их назначение и расчет
11. Оперение самолета. Назначение оперения и требования к нему. Схемы оперения. Нагрузки, действующие на хвостовое оперение, расчетные случаи. Конструктивно-силовые схемы хвостового оперения. Конструкция стабилизаторов и килей. Конструкция рулей. Цельно-поворотный стабилизатор. Конструкция стыковых узлов. Аэродинамическая компенсация рулей и элеронов. Сервоустройства (серворуль, сервотриммер, др.). Навеска, конструкция узлов, элементов механизации. Элероны. Параметры, типы,

нагрузки. Другие органы поперечного управления самолетом. Средства балансировки. Стабилизаторы с изменяемым в полете углом установки. Триммеры, их конструкция. Управление триммерами. Особые схемы оперения

12. Вибрации элементов планера ЛА. Аэроупругость. Флаттер крыла, его формы. Изгибно-крутильный флаттер крыла. Уравнение изгибно-крутильных колебаний крыла. Критическая скорость флаттера. Влияние конструктивных параметров крыла, высоты полета на критическую скорость флаттера.

Мероприятия, предотвращающие возникновение флаттера

13. Дивергенция крыла, причины ее возникновения. Влияние отдельных параметров на критическую скорость дивергенции, меры по ее повышению. Реверс элеронов и рулей, причины их возникновения. Критическая скорость реверса и влияние на ее величину отдельных параметров. Способы предотвращения реверса. Всплывание элеронов. Вибрация хвостового оперения: бафтинг, флаттер. Конструктивные меры по предотвращению вибраций

14. Шасси самолета. Назначение и требования, предъявляемые к нему.

Конструктивно-кинематические схемы шасси. Сравнительные характеристики. Нагрузки, действующие на шасси. Расчетные случаи. Пневматики. Тормоза. Автоматы торможения. Амортизаторы шасси, их назначение и типы, принцип работы и конструкция различных типов амортизаторов. Предварительное определение параметров шасси. Подбор пневматиков. Энергоемкость амортизирующих устройств. Баланс энергии самолета. Расчет прямого хода жидкостно-газового амортизатора с переменной площадью протока жидкости. Расчет обратного хода

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра прочности летательных аппаратов

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФЛА
д.т.н., профессор С.Д. Саленко
“ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

МОДУЛЯ

Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль) в составе дисциплин:
Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

Экспериментальные методы исследования прочности конструкций летательных аппаратов

Дисциплина по выбору аспиранта: Динамика механических систем. Вычислительная механика; Компьютерные технологии и методы расчета агрегатов летательных аппаратов

Образовательная программа: 24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника, профиль:
Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств модуля

Обобщенная структура фонда оценочных средств по модулю Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль) в составе дисциплин: Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов Экспериментальные методы исследования прочности конструкций летательных аппаратов Дисциплина по выбору аспиранта: Динамика механических систем. Вычислительная механика; Компьютерные технологии и методы расчета агрегатов летательных аппаратов приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Дисциплины
ОПК.1 владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области авиационной и ракетно-космической техники	з1. знать фундаментальные законы механики	Дисциплина: "Динамика механических систем. Вычислительная механика
ОПК.1	у1. уметь применять на практике фундаментальные законы механики	Дисциплина: "Динамика механических систем. Вычислительная механика
ОПК.2 владение культурой научного исследования в области авиационной и ракетно-космической техники, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий	з1. знать современные программные продукты, используемые для научных исследований	Дисциплина: "Компьютерные технологии и методы расчета агрегатов летательных аппаратов
ОПК.2	з2. знать основные методики научных исследований	Дисциплина: "Экспериментальные методы исследования прочности конструкций летательных аппаратов
ОПК.2	у1. уметь применять современные программные продукты, используемые в научных исследованиях	Дисциплина: "Компьютерные технологии и методы расчета агрегатов летательных аппаратов
ОПК.2	у1. уметь применять современные программные продукты, используемые в научных исследованиях	Дисциплина: "Динамика механических систем. Вычислительная механика
ОПК.2	у2. уметь применять основные методики научных исследований	Дисциплина: "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов
ОПК.3 способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской	з1. знать современные пути к разработке новых методов исследования	Дисциплина: "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

деятельности в области авиационной и ракетно-космической техники с учетом правил соблюдения авторских прав		
ОПК.3	у1. уметь разрабатывать новые методики исследования	Дисциплина:"Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов
ОПК.3	у1. уметь разрабатывать новые методики исследования	Дисциплина:"Экспериментальные методы исследования прочности конструкций летательных аппаратов
ПК.1.В способность исследовать прочность и устойчивость объектов авиационной и ракетно-космической техники	з1. знать основные законы динамики конструкций	Дисциплина:"Динамика механических систем. Вычислительная механика
ПК.1.В	з2. знать современные методы расчета устойчивости конструкций	Дисциплина:"Экспериментальные методы исследования прочности конструкций летательных аппаратов
ПК.1.В	з3. знать методы обеспечения статической прочности	Дисциплина:"Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов
ПК.1.В	з4. знать методы определения внешних нагрузок, действующих на объекты авиационной, ракетной и космической техники	Дисциплина:"Компьютерные технологии и методы расчета агрегатов летательных аппаратов
ПК.1.В	з5. знать методы обеспечения динамической прочности объектов авиационной, ракетной и космической техники	Дисциплина:"Динамика механических систем. Вычислительная механика
ПК.1.В	у1. уметь решать прикладные задачи динамической прочности	Дисциплина:"Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов
ПК.1.В	у1. уметь решать прикладные задачи динамической прочности	Дисциплина:"Динамика механических систем. Вычислительная механика
ПК.1.В	у2. уметь решать задачи расчета на прочность и жесткость конструкций	Дисциплина:"Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов
ПК.1.В	у3. уметь решать задачи устойчивости конструкций	Дисциплина:"Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов
ПК.2.В способность проводить теоретические и экспериментальные исследования ресурса и долговечности конструкций авиационной и ракетно-космической техники	з1. знать основные методы проведения экспериментальных исследований	Дисциплина:"Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

ПК.2.В	з1. знать основные методы проведения экспериментальных исследований	Дисциплина:"Экспериментальные методы исследования прочности конструкций летательных аппаратов
ПК.2.В	з2. знать организацию, экономику и оптимизация процессов обеспечения прочности ЛА	Дисциплина:"Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов
ПК.2.В	з3. знать методы и средства повышения ресурса и долговечности ЛА и его элементов	Дисциплина:"Компьютерные технологии и методы расчета агрегатов летательных аппаратов
ПК.2.В	у1. уметь проводить расчеты долговечности ЛА	Дисциплина:"Компьютерные технологии и методы расчета агрегатов летательных аппаратов
ПК.2.В	у2. уметь применять современную аппаратуру в экспериментальных исследованиях	Дисциплина:"Экспериментальные методы исследования прочности конструкций летательных аппаратов
ПК.3.В способность проводить исследования в сфере тепловых задач прочности авиационной и ракетно-космической техники	з1. знать фундаментальные законы теплотехники	Дисциплина:"Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов
ПК.3.В	з2. знать методы теплового проектирования летательных аппаратов	Дисциплина:"Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов
ПК.3.В	у1. уметь решать прикладные задачи в области теплопроводности	Дисциплина:"Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов
УК.1 способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	з1. знать основные этапы развития науки и смены научных парадигм, системную периодизацию истории науки и техники	Дисциплина:"Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов
УК.2 способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки	з2. знать основные методы научного познания, методологические концепции науки и техники, общие закономерности их взаимосвязи	Дисциплина:"Компьютерные технологии и методы расчета агрегатов летательных аппаратов
УК.3 готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач	у1. уметь пользоваться общенаучными и частно научными методами познания для решения научных проблем	Дисциплина:"Компьютерные технологии и методы расчета агрегатов летательных аппаратов

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках модуля.

Промежуточная аттестация по модулю проводится в 4 семестре - в форме дифференцированного зачета, в 5 семестре - в форме зачета, в 6 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.1, ОПК.2, ОПК.3, ПК.1.В, ПК.2.В, ПК.3.В, УК.1, УК.2, УК.3.

Зачет проводится в устной (письменной) форме, по билетам (тестам). или

Зачет проводится в форме письменного тестирования, варианты теста составляются из вопросов, приведенных в паспорте зачета, позволяющих оценить показатели сформированности соответствующих компетенций

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе модуля.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.1, ОПК.2, ОПК.3, ПК.1.В, ПК.2.В, ПК.3.В, УК.1, УК.2, УК.3, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание дисциплин освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой модуля учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание дисциплин освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой модуля учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание дисциплин освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой модуля учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание дисциплин освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой модуля учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Форма экзаменационного билета

Дисциплина *Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов (модуль)*
(наименование дисциплины)

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №

- 1 Обобщенный закон Гука для изотропных и анизотропных материалов с учетом температуры
- 2 Нагрузки, действующие на ЛА в полете; зависимость их от кинематических параметров движения
- 3 Основные элементы систем обеспечения теплового режима, их общая характеристика – терморегулирующие покрытия, экранно-вакуумная теплоизоляция, тепловые аккумуляторы, испарители, теплообменники (в том числе и радиационные), тепловые трубы, вентиляторы, насосы

Составитель

(подпись) В.Е.Левин

Заведующий кафедрой

(подпись) Н.В.Пустовой

« ____ » _____ 20 ____ г.

Критерии оценки

- Ответ засчитывается на **пороговом** уровне, если аспирант ответил на один вопрос, оценка составляет 50 баллов
- Ответ засчитывается на **базовом** уровне, если аспирант ответил на два вопроса, оценка составляет 75 баллов
- Ответ засчитывается на **продвинутом** уровне, если аспирант ответил на все вопросы, оценка составляет 100 баллов

Экзамен считается сданным, если средняя сумма баллов по всем вопросам составляет не менее 50 баллов (по 100 балльной шкале).

Коэффициент, с которым учитывается полученная сумма баллов в общей оценке по дисциплине, определяется Правилами аттестации.

Список вопросов

1. Динамика конструкций и прочность летательных аппаратов (ЛА). Расчет тонкостенных элементов конструкции

1.1. Основы механики твердого деформируемого тела. Кинематика деформируемой среды. Эйлеровы и Лагранжевы координаты. Перемещения. Малые и конечные деформации. Выражение деформаций через перемещение. Напряжения. Дифференциальные уравнения равновесия и движения. Граничные условия. Физические законы деформирования. Обобщенный закон Гука для изотропных и анизотропных материалов с учетом температуры. Модели и законы деформирования для пластического, упруго – пластического и вязко – упругого тел. Формулировка краевых задач статики и динамики деформируемого тела.

Потенциальная энергия деформации линейноупругого тела. Вариационные принципы Лагранжа, Даламбера — Лагранжа, Кастильяно. Смешанный вариационный принцип. Теоремы взаимности, Клапейрона, Кастильяно. Вариационные методы Ритца, Бубнова — Галеркина, Трефца, конечных элементов (КЭ).

Плоская деформация и плоское напряженное состояние. Бигармоническое уравнение для функции напряжений. Кручение призматических стержней. Уравнение для функции касательных напряжений. Вариационные и численные методы решения задач плоского напряженного состояния и кручения.

1.2. Прикладные модели и методы расчета тонкостенных элементов конструкций. Изгиб тонких пластин; дифференциальное уравнение для функции прогиба и граничные условия; вариационная формулировка задачи; вариационные и численные методы решения (методы Ритца, Бубнова — Галеркина, Власова — Канторовича, конечных элементов, конечных разностей).

Теория пологих оболочек: формулировка задачи в перемещениях и в смешанной форме (для функции прогиба и функции напряжений); вариационные и численные методы решения. Геометрически нелинейная теория изгиба пластин и пологих оболочек. Уравнения в перемещениях и в смешанной форме.

Основные соотношения и уравнения общей теории оболочек. Оболочки вращения: использование разложений в ряды Фурье; численное интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений; применение метода КЭ (МКЭ), когда в качестве КЭ рассматриваются кольцевые полосы. Осесимметричная и антисимметричная деформация оболочки вращения: безмоментное состояние; краевой эффект. Полубезмоментная теория цилиндрических оболочек.

Растяжение, изгиб, сдвиг и кручение цилиндрических и слабokonических подкрепленных оболочек с произвольным контуром поперечных сечений: «балочная» теория при свободной деформации поперечных сечений; применение вариационных методов расчета в перемещениях и напряжениях

при стеснении деформаций. Стесненное кручение тонкостенных стержней открытого профиля.

Применение МКЭ к расчету напряженно-деформированного состояния составных тонкостенных конструкций: деление конструкции на КЭ; модели деформирования и аппроксимации для КЭ; обобщенные координаты конечно-элементной модели конструкции; условия сопряжения КЭ; составление уравнений равновесия в обобщенных координатах; редуцирование больших систем (методы суперэлементов и подконструкций).

1.3. Устойчивость элементов конструкции. Статический и энергетический критерии устойчивости. Устойчивость стержней. Устойчивость пластин при сжатии и сдвиге. Линеаризованные уравнения устойчивости оболочек. Устойчивость цилиндрической оболочки при осевом сжатии и при внешнем давлении.

Нелинейное деформирование и критические нагрузки «прощелкивания» пологих панелей. Устойчивость стержней и пластин за пределом упругости.

Применение вариационных и численных методов для расчета критических нагрузок потери устойчивости упругих элементов конструкций.

1.4. Динамика конструкций ЛА. Колебания упругой конструкции как системы конечным числом степеней свободы. Уравнения малых колебаний в обобщенных координатах. Собственные колебания. Уравнения в нормальных координатах и их решения.

Использование «балочных» моделей без учета и с учетом поперечных сдвигов для расчета колебаний удлиненных конструкций типа корпуса ракеты, фюзеляжа и крыла; применение метода Ритца и МКЭ для получения уравнений колебаний конструкции в виде системы с конечным числом степеней свободы. Использование моделей в виде эквивалентных анизотропных пластин без учета и с учетом поперечных сдвигов для расчета колебаний крыльев малого удаления.

Применение МКЭ для расчета колебаний нерегулярных тонкостенных конструкций ЛА.

Продольные и поперечные колебания ракеты с отсеками и баками, частично заполненными жидкостью; формулировка задачи гидроупругости и методы ее решения; уравнения в обобщенных координатах.

Задачи аэроупругости. Местный угол атаки и приращение аэродинамического давления на колеблющейся несущей поверхности. Уравнения аэроупругости колебаний самолета; метод Ритца. Условия аэроупругой неустойчивости (флаттер и дивергенция). Приближенный метод расчета критической скорости изгибно-крутильного флаттера крыла

большого удлинения (при использовании балочной теории изгиба и кручения и гипотез стационарности и плоского обтекания нормальных сечений крыла).

Колебания упругих ЛА с учетом управляющих сил (отклонений органов управления) с обратными связями системы управления; формулировка задачи автоупругости; уравнения динамики замкнутой системы; анализ динамической устойчивости.

1.5. Прочность агрегатов ЛА. Нагрузки, действующие на ЛА в полете; зависимость их от кинематических параметров движения. Перегрузка и коэффициент безопасности. Нагрев конструкций. Нормированные расчетные случаи нагружения. Влияние упругости на распределение аэродинамических нагрузок.

Расчет на прочность крыльев большого удлинения и фюзеляжей с учетом пластических деформаций и потери устойчивости элементов; применение «балочной» теории и метода редуцированных коэффициентов.

Расчет на прочность и местную устойчивость оболочек корпусов, топливных баков, гермокабин. Учет краевых изгибов в местах соединения оболочек с упругими шпангоутами.

Применение МКЭ к расчету напряженно-деформированного состояния и устойчивости конструкций ЛА.

Основы механики разрушения и накопления повреждений. Усталость и ресурс конструкций.

Оптимальное проектирование конструкций ЛА по условию минимума массы с учетом ограничений по прочности, жесткости и устойчивости.

2. Основы теории теплопередачи

2.1. Теплопроводность при стационарном режиме. Основное дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Простейшие задачи стационарной теплопроводности в твердых телах – плоской, цилиндрической и шаровой стенках, теплопроводность стержня конечной и бесконечной длины, задача о распределении температуры в ребре прямоугольной формы. Теплопроводность при объемном тепловыделении в бесконечной плоской пластине.

2.2. Теплопроводность при нестационарном режиме. Методы решения краевых задач нестационарной теплопроводности. Аналитические методы: метод разделения переменных, метод функции Грина, принцип Дюамеля, тепловые потенциалы, интегральные преобразования, операционные методы, методы решения вариационных задач теплопроводности (методы Ритца, Канторовича, Био, Бубнова—Галеркина). Численные методы. Разностные

схемы и сеточные уравнения. Принципы построения разностных схем. Явные и неявные схемы. Аппроксимация, сходимость и устойчивость разностных схем. Консервативные схемы. Численное решение одномерных параболических уравнений в областях с фиксированными и подвижными границами. Решение задачи типа Стефана. Численное решение многомерных задач теплопроводности. Методы переменных направлений и расщепления.

2.3. Конвективный теплообмен. Уравнения конвективного теплообмена. Подобие физических явлений. Теоремы подобия. Критерии гидродинамического и теплового подобия. Понятия о критериальных уравнениях. Связь между теплопередачей и трением. Понятия о пограничном слое. Критериальное уравнение теплопередачи и канала. Теплопередача при свободном движении в гравитационном поле массовых сил. Особенности теплопередачи в химически реагирующем газе.

2.4. Теплообмен излучением. Физический механизм испускания излучения. Излучательные свойства абсолютно черного тела: интенсивность и направленная сила излучения, плотность потока излучения, формула Планка, функции излучения абсолютно черного тела, закон смещения Вина, закон излучения Вина, закон Рэлея—Джинса, закон Стефана—Больцмана. Теплообмен излучением между черными изотермическими поверхностями: понятие углового коэффициента, свойство взаимности, свойство эквивалентности, свойство замкнутости, алгебра угловых коэффициентов, методы определения угловых коэффициентов. Радиационные свойства реальных материалов: степень черноты, поглощательная и отражательные способности, понятия о диффузной, серой, селективной и диффузо-зеркальной поверхностях, закон Кирхгофа, определение радиационных свойств с помощью классической электромагнитной теории, влияние шероховатости и загрязнения поверхности на ее радиационные свойства, радиационные характеристики специальных поверхностей. Зональный метод расчета теплообмена излучением в системе диффузных тел (метод лучистого сальдо).

Особенности теплообмена излучением в излучающих, поглощающих и рассеивающих средах: уравнение переноса излучения, радиационное равновесие, уравнение переноса излучения для плоскопараллельного случая.

Понятие о радиационной, яркостной и цветовой температуре. Основные особенности контактного теплообмена. Контактное термическое сопротивление.

2.5. Обратные задачи теплообмена и методы их решения. Постановка обратных задач теплообмена. Обратные задачи теплопроводности (ОЗТ). Восстановление тепловых граничных условий и определение теплофизических характеристик из решения обратных задач. Роль обратных задач при разработке, обосновании и коррекции математических моделей процессов тепло- и массообмена. Некорректность обратных задач и

регуляризации по Тихонову. Приближенно-аналитические методы решения ОЗТ. Экстремальные постановки обратных задач и методы их решения. Регуляризация итерационных методов решения обратных задач.

3. Теплообмен в пограничном слое

3.1. Математическое моделирование теплообмена в пограничном слое. Уравнения пограничного слоя. Сведение уравнений пограничного слоя к обыкновенным дифференциальным уравнениям. Методы решения уравнений. Частные случаи: обтекание пластины, критическая точка.

Физико-химические процессы в газах. Основные понятия и определения химической кинетики. Равновесные и неравновесные состояния. Реакции в газе на поверхности (каталитическая активность материалов).

3.2. Критериальные соотношения и частные случаи. Критериальные соотношения конвективного теплообмена при ламинарном и турбулентном режимах течения. Поправочные множители. Теплообмен на лобовой поверхности затупленного тела. Учет влияния неравновесных процессов в пограничном слое и на поверхности тела.

Теплообмен на проницаемой поверхности. Особенности пограничных слоев при вдуве инородного газа и отсосе газа. Влияние вдува на интенсивность теплообмена в зоне вдува и на расстоянии от нее.

Теплообмен в двухфазном потоке.

Обтекание затупленных тел излучающим газом. Модели излучающего газа. Влияние излучения на термодинамические параметры газа. Радиационные тепловые потоки при обтекании затупленных тел. опережающее излучение. Влияние вдува на интенсивность излучения поверхности тела.

Теплообмен в свободномолекулярном потоке газа.

4. Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов (КА)

4.1. Характеристика околоземного космического пространства. Физические характеристики околоземного космического пространства: давление и состав газа, электромагнитное излучение Солнца, корпускулярные потоки, микрометеоритные потоки, собственное излучение Земли, отраженное от Земли солнечное излучение. Влияние этих факторов на радиационные характеристики покрытий.

4.2. Математические модели и методы расчета. Модели излучения Солнца и планет для расчета внешнего теплового воздействия на КА.

Расчет относительно величины солнечного миделя поверхности КА.

Расчет локального и комбинированного углового коэффициента для элемента поверхности КА. Оценка облученности КА при зеркальном отражении солнечного излучения от планеты.

4.3. Классификация систем обеспечения теплового режима КА и их особенности. Основные элементы систем обеспечения теплового режима, их общая характеристика – терморегулирующие покрытия, экранно- вакуумная теплоизоляция, тепловые аккумуляторы, испарители, теплообменники (в том числе и радиационные), тепловые трубы, вентиляторы, насосы.

Методы оценки холодо- и теплопроизводительности радиационных теплообменников, эффективность оребрения. Использование термодинамических циклов в системах терморегулирования. Термоэлектрическое охлаждение.