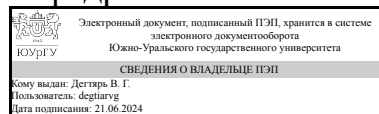


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



В. Г. Дегтярь

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.С0.09 Вибропрочность конструкций летательных аппаратов
для специальности 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

уровень Специалитет

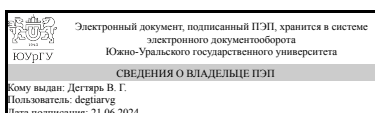
специализация Ракетные транспортные системы

форма обучения очная

кафедра-разработчик Летательные аппараты

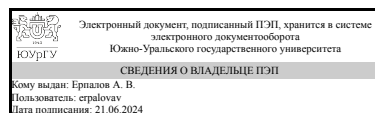
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 964

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., проф.



В. Г. Дегтярь

Разработчик программы,
к.техн.н., доцент



А. В. Ерпалов

1. Цели и задачи дисциплины

Цель - изучение принципов определения предельного состояния материалов несущих конструкций изделий в условиях эксплуатационного нагружения и вероятностных методов расчета ресурса и запасов усталостной прочности несущих конструкций. Задачи - сформировать у студентов базовые знания по основам вибробронности конструкций ЛА и изучить основные принципы ее расчета.

Краткое содержание дисциплины

Механизм усталостного разрушения несущих элементов. Характеристики сопротивления усталости. Вероятностное представление характеристик сопротивления усталости. Характер нагруженности элементов конструкций транспортных систем в условиях эксплуатации. Предельное состояние элементов конструкций при вибрационном нагружении. Оценка накопленного повреждения, методы суммирования усталостных повреждений. Классификация процессов нагружения с точки зрения усталости. Обобщенная диаграмма усталости. Прогнозирование характеристик сопротивления усталости для эксплуатационных нагрузок на стадии проектирования конструкций. Расчеты запасов прочности и ресурса элементов конструкций.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-4 Способен проводить расчеты и моделирование аэродинамических, прочностных, жесткостных, массо-центровочных, инерционных и других технических характеристик ракет-носителей и ракет космического назначения	Знает: механизм усталостного разрушения несущих элементов; характеристики сопротивления усталости; вероятностное представление характеристик сопротивления усталости; характер нагруженности элементов конструкций транспортных систем в условиях эксплуатации; предельное состояние элементов конструкций при вибрационном нагружении; оценка накопленного повреждения, методы суммирования усталостных повреждений; классификация процессов нагружения с точки зрения усталости; обобщенная диаграмма усталости Умеет: проводить расчеты запасов прочности и ресурса элементов конструкций; прогнозировать характеристики сопротивления усталости для эксплуатационных нагрузок на стадии проектирования конструкций Имеет практический опыт: определения предельного состояния материалов несущих конструкций изделий в условиях эксплуатационного нагружения и вероятностных методов расчета ресурса и запасов усталостной прочности несущих конструкций

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Прочность конструкций ракет, Практикум по виду профессиональной деятельности, Динамика конструкций ракет, Строительная механика ракет, Динамика полета летательных аппаратов, Основы теории полета летательных аппаратов	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Динамика полета летательных аппаратов	Знает: математические модели динамики полета ракет; основные сведения об устойчивости движения летательных аппаратов Умеет: составлять уравнения движения и рассчитывать динамические характеристики устойчивости и управляемости Имеет практический опыт: расчета динамических характеристик управляемости летательных аппаратов
Практикум по виду профессиональной деятельности	Знает: принципы использования современного программного обеспечения; методики проведения прочностных и динамических расчетов изделий РКТ, устройство, конструкцию и принцип действия подсистем и агрегатов, процессы, происходящие в изделиях ракетно-космической техники; основные законы реактивного движения, элементы теории полета, методы определения показателей надежности и формы задания требований к надежности изделий ракетно-космической техники Умеет: проводить прочностные и динамические расчеты изделий с использованием современных программных средств, читать и анализировать проектную и рабочую конструкторскую документацию для определения состава и устройства изделия с получением необходимых данных для его разработки и изготовления, разрабатывать математические модели для задания и нормирования требований надежности изделий ракетно-космической техники Имеет практический опыт: создания компьютерных моделей изделий РКТ и проведения прочностных и динамических расчетов с использованием современных программных средств, разработки узлов и агрегатов ракет с использованием современных программных средств САПР, оценки рисков возможных отказов изделий ракетно-космической техники
Прочность конструкций ракет	Знает: принципы и методы прочностного анализа конструкций РКТ(определение напряжений,

	деформаций и предельных нагрузок при заданных воздействиях), а также синтеза конструкций (выявления наиболее эффективных конструкторских решений), правила перехода от реального объекта к расчетной схеме для основных элементов ракетной конструкции Умеет: решать задачи определения нагрузок на ЛА и выделять основные и проверочные расчетные случаи; распределения усилий в корпусе ЛА на основе балочной расчетной схемы, определения критических нагрузок потери устойчивости для основных расчетных моделей конструктивных элементов (балка, кольцо, пластина, оболочка), определения запасов прочности и устойчивости конструктивных элементов ЛА Имеет практический опыт: расчетов по обеспечению прочности и жесткости ракетных конструкций
Строительная механика ракет	Знает: методы расчета силовых конструкций; стержневых систем, пластин, оболочек Умеет: решать задачи по определению напряженно-деформированного состояния конструкции ракет Имеет практический опыт: расчета напряженно-деформированного состояния конструкций и их элементов; сухих и топливных отсеков, герметичных отсеков, ферменных конструкций, раскрывающихся конструкций
Динамика конструкций ракет	Знает: теоретические основы и практические методы динамического анализа конструкций ракет Умеет: определять динамические характеристики конструкции и рассчитать параметры вынужденных колебаний упругой конструкции при детерминированных и случайных внешних воздействиях; Имеет практический опыт: выбора расчетной модели по конструктивно-компоновочной схеме ракеты для определения динамических характеристик
Основы теории полета летательных аппаратов	Знает: расчета динамических характеристик управляемости летательных аппаратов Умеет: проводить исследование влияния физических условий внешней среды и технических характеристик носителей на баллистические характеристики ракет; создавать алгоритмы баллистического проектирования систем и комплексов ракет применительно к решению конкретных целевых задач Имеет практический опыт: расчета баллистических характеристик ракет

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 54,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам
		в часах
		Номер семестра
		9
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	53,75	53,75
Подготовка к зачету	13,75	13,75
Проработка лекционного материала	20	20
Подготовка к практическим занятиям	20	20
Консультации и промежуточная аттестация	6,25	6,25
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Механизм усталостного разрушения и характер усталостных изломов деталей машин. Характеристики сопротивления усталости.	18	14	4	0
2	Расчеты запасов прочности и ресурса элементов конструкций.	20	8	12	0
3	Характер нагруженности и предельное состояние элементов конструкций ЛА в условиях эксплуатации.	10	10	0	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Механизм усталостного разрушения и характер усталостных изломов деталей машин. Малоцикловая и многоцикловая усталость	4
2	1	Характеристики сопротивления усталости металлов. Образцы, схемы и виды нагружения, испытательное оборудование	2
3	1	Кривые усталости материала, типы, уравнения. Предел выносливости	2
4	1	Факторы, влияющие на сопротивление усталости деталей машин (концентрация напряжений, масштабный фактор, качество обработки поверхности детали, методы технологического упрочнения поверхности детали, комплексный учет факторов)	4
5	1	Асимметрия нагружения. Модель Гудмана, Герберга, Содерберга	2
6	2	Расчет в области большой долговечности при регулярном циклическом нагружении	2
7	2	Расчет в области ограниченной долговечности при регулярном циклическом нагружении	2
8	2	Расчеты при нерегулярном (ступенчатом) циклическом нагружении	2
9	2	Гипотеза линейного суммирования повреждений. Корректированная гипотеза	2
10	3	Общие сведения из теории вероятности и математической статистики.	2

		Стационарный случайный процесс. Спектральные характеристики случайного процесса	
11	3	Рассеивание характеристик сопротивления усталости. Методика определения характеристик сопротивления усталости	4
12	3	Схематизация случайных процессов. Метод размахов. Метод полных циклов	2
13	3	Структурная схема обеспечения ресурса и запасов прочности элементов ЛА	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Вычисление параметров уравнения кривой усталости материала	4
2	2	Расчет в области большой долговечности при регулярном циклическом нагружении	4
3	2	Расчет в области ограниченной долговечности при регулярном циклическом нагружении	4
4	2	Расчет при нерегулярном (ступенчатом) циклическом нагружении	4

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к зачету	Конспект лекций Ерпалова А.В. Когаев, В. П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени Под ред. А. П. Гусенкова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1993. - 363,[1] с. ил. Шефер Л.А. Вибропрочность конструкций. Учебное пособие. Челябинск, издат. центр ЮУрГУ 2009	9	13,75
Проработка лекционного материала	Конспект лекций Ерпалова А.В. Когаев, В. П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени Под ред. А. П. Гусенкова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1993. - 363,[1] с. ил.	9	20
Подготовка к практическим занятиям	Конспект лекций Ерпалова А.В. Когаев, В. П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени Под ред. А. П. Гусенкова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1993. - 363,[1] с. ил.	9	20

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
0	9	Текущий контроль	Практическая работа №4	1,519	5	5 баллов ставится, если учащийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности вычислений, обеспечивающей получение правильных результатов и выводов; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления. 4 балла ставится, если выполнены требования на максимальный балл, но было допущено два - три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочёта. 3 балла ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы. 0-2 балла ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.	зачет
1	9	Текущий контроль	Коллоквиум	0,4	1	Коллоквиум проходит в письменной форме. Каждому студенту выдается один из вопросов по пройденному теоретическому материалу. Максимальный балл: 1 0 - студент не верно ответил на вопрос, нет поясняющих схем и уравнений (при необходимости); 1 - студент верно ответил на вопрос, полностью раскрыл тему, привел схемы и уравнения (при необходимости).	зачет
2	9	Текущий контроль	Практическая работа №1	0,1	5	5 баллов ставится, если учащийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности вычислений, обеспечивающей получение правильных результатов и выводов; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления. 4 балла ставится, если выполнены требования на максимальный балл, но было допущено два - три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочёта. 3 балла ставится, если работа выполнена не	зачет

						полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы. 0-2 балла ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.	
3	9	Промежуточная аттестация	Практическая работа №2	-	5	5 баллов ставится, если учащийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности вычислений, обеспечивающей получение правильных результатов и выводов; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления. 4 балла ставится, если выполнены требования на максимальный балл, но было допущено два - три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочёта. 3 балла ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы. 0-2 балла ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.	зачет
4	9	Текущий контроль	Практическая работа №3	0,2	5	5 баллов ставится, если учащийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности вычислений, обеспечивающей получение правильных результатов и выводов; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления. 4 балла ставится, если выполнены требования на максимальный балл, но было допущено два - три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочёта. 3 балла ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы. 0-2 балла ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.	зачет

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	На зачете происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за	В соответствии с пп. 2.5, 2.6

	контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля. При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) В случае недостаточного рейтинга обучающегося предлагается получения дополнительных баллов за промежуточное испытание, которые включает письменный ответ на контрольные вопросы по всем разделам курса. Студенту задаются 2 вопроса из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на опрос - 15 минут При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам. Частично правильный ответ соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 4	Положения
--	---	-----------

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ				
		0	1	2	3	4
ПК-4	Знает: механизм усталостного разрушения несущих элементов; характеристики сопротивления усталости; вероятностное представление характеристик сопротивления усталости; характер нагруженности элементов конструкций транспортных систем в условиях эксплуатации; предельное состояние элементов конструкций при вибрационном нагружении; оценка накопленного повреждения, методы суммирования усталостных повреждений; классификация процессов нагружения с точки зрения усталости; обобщенная диаграмма усталости		+			
ПК-4	Умеет: проводить расчеты запасов прочности и ресурса элементов конструкций; прогнозировать характеристики сопротивления усталости для эксплуатационных нагрузок на стадии проектирования конструкций	+		+	+	+
ПК-4	Имеет практический опыт: определения предельного состояния материалов несущих конструкций изделий в условиях эксплуатационного нагружения и вероятностных методов расчета ресурса и запасов усталостной прочности несущих конструкций	+			+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

Не предусмотрена

б) дополнительная литература:

1. Гусев, А. С. Расчет конструкций при случайных воздействиях Ред. сер.: Н. Н. Малинин (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 1984. - 240 с. ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Ракетная техника.

2. Вопросы ракетной техники.
3. Оборонная техника.
4. Известия ВУЗов: Авиационная техника, ракетная техника и космонавтика.

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Шефер Л.А. Вибропрочность конструкций. Учебное пособие. Челябинск, издат. центр ЮУрГУ 2009
2. И.Я.Березин, О.Ф.Чернявский Усталостное разрушение металлов и расчеты на прочность и долговечность при переменных напряжениях. Учебное пособие. Челябинск. 2002

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Шефер Л.А. Вибропрочность конструкций. Учебное пособие. Челябинск, издат. центр ЮУрГУ 2009
2. И.Я.Березин, О.Ф.Чернявский Усталостное разрушение металлов и расчеты на прочность и долговечность при переменных напряжениях. Учебное пособие. Челябинск. 2002

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Аджян, А.П. Ракетно-космическая техника. Машиностроение. Энциклопедия. Т. IV-22 В двух книгах. Книга первая. [Электронный ресурс] / А.П. Аджян, Э.Л. Аким, О.М. Алифанов, А.Н. Андреев. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2012. — 925 с. http://e.lanbook.com/book/5808
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Каратушин, С. И. Конструкционная прочность : учебное пособие / С. И. Каратушин, И. Н. Титух. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2020. — 39 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/172209 (дата обращения: 09.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Мыльников, В. В. Циклическая прочность и долговечность конструкционных материалов : монография / В. В. Мыльников. — Нижний Новгород : ННГАСУ, 2018. — 177 с. — ISBN 978-5-528-00289-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/164803 (дата обращения: 09.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Не предусмотрено