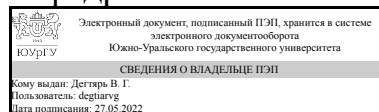


УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



В. Г. Дегтярь

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.С1.09 Вибропрочность конструкций летательных аппаратов для специальности 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

уровень Специалитет

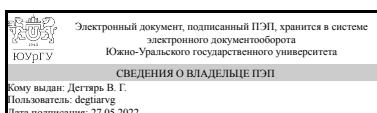
специализация Ракетные транспортные системы

форма обучения очная

кафедра-разработчик Летательные аппараты

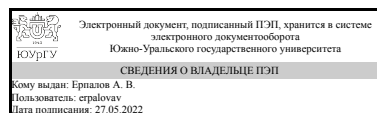
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 964

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 |
|---|---|
| Динамика полета ракет, Практикум по виду профессиональной деятельности, Баллистика летательных аппаратов, Прочность конструкции ракет, Строительная механика ракет, Динамика конструкций ракет | Не предусмотрены |

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

| Дисциплина | Требования |
|---|--|
| Прочность конструкции 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 |
| 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 |
| Практикум по виду профессиональной деятельности | Знает: методы определения показателей надежности и формы задания требований к надежности изделий ракетно-космической техники, 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- |

| | |
|----------------------------------|---|
| | <p>космической техники; основные законы реактивного движения, элементы теории полета</p> <p>Умеет: разрабатывать математические модели для задания и нормирования требований надежности изделий ракетно-космической техники, 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</p> <p>Имеет практический опыт: оценки рисков возможных отказов изделий ракетно-космической техники, 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</p> |
| Динамика полета ракет | <p>Знает: математические модели динамики полета ракет; основные сведения об устойчивости движения летательных аппаратов</p> <p>Умеет: составлять уравнения движения и рассчитывать динамические характеристики устойчивости и управляемости</p> <p>Имеет практический опыт: расчета динамических характеристик управляемости летательных аппаратов</p> |
| Баллистика летательных аппаратов | <p>Знает: общую теорию движения ракет различных типов и назначения в воде, воздухе, безвоздушном пространстве под воздействием внешних сил</p> <p>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</p> <p>Имеет практический опыт: расчета баллистических характеристик ракет</p> |
| Строительная механика ракет | <p>Знает: методы расчета силовых конструкций; стержневых систем, пластин, оболочек</p> <p>Умеет: решать задачи по определению напряженно-деформированного состояния конструкции ракет</p> <p>Имеет практический опыт: расчета напряженно-деформированного состояния конструкций и их элементов; сухих и топливных отсеков, герметичных отсеков, ферменных конструкций, раскрывающихся конструкций</p> |

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 | |
| Подготовка к практическим занятиям | 20 | 20 | |
| Проработка лекционного материала | 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, Гербера, 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. Стационарный случайный процесс. Спектральные характеристики случайного процесса | 2 |
| 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 |
| 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 |
| 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 |

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 |
|------|----------|--------------------------|--|-----|------------|--|------------------|
| 1 | 9 | Текущий контроль | Тест 1 | 0,3 | 5 | В тесте 5 вопросов. Каждый вопрос оценивается в 1 балл. 1 балл: студент верно выбрал вариант/ответил на вопрос 0 баллов: ответ не верный | зачет |
| 2 | 9 | Текущий контроль | Тест 2 | 0,3 | 5 | В тесте 5 вопросов. Каждый вопрос оценивается в 1 балл. 1 балл: студент верно выбрал вариант/ответил на вопрос 0 баллов: ответ не верный | зачет |
| 3 | 9 | Текущий контроль | Выполнение и защита практической работы №1 | 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 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 | Тест 3 | 0,3 | 4 | В тесте 4 вопроса. Каждый вопрос оценивается в 1 балл. 1 балл: студент верно выбрал вариант/ответил на вопрос 0 баллов: ответ не верный | зачет |
| 5 | 9 | Промежуточная аттестация | Выполнение и защита практической | - | 5 | 5 баллов ставится, если учащийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой | зачет |

| | | | | | | | |
|---|---|------------------|--|-----|---|---|-------|
| | | | работы №2 | | | <p>последовательности вычислений, обеспечивающей получение правильных результатов и выводов; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления.</p> <p>4 балла ставится, если выполнены требования на максимальный балл, но было допущено два - три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочёта.</p> <p>3 балла ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы.</p> <p>0-2 балла ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.</p> | |
| 6 | 9 | Текущий контроль | Выполнение и защита практической работы №3 | 1,2 | 5 | <p>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.</p> <p>4 балла ставится, если выполнены требования на максимальный балл, но было допущено два - три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочёта.</p> <p>3 балла ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы.</p> <p>0-2 балла ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.</p> | зачет |

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения | Критерии оценивания |
|------------------------------|---|---|
| зачет | <p>На зачете происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля.</p> <p>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</p> | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

| | | |
|--|--|--|
| | <p>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</p> | |
|--|--|--|

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения | № КМ | | | | | |
|-------------|---|------|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 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