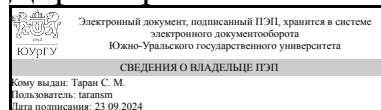


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:

Директор



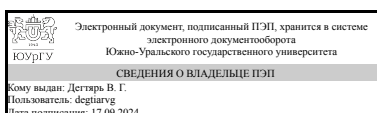
С. М. Таран

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.Ф.М0.05.01 Усталостная долговечность механических систем
для направления 09.04.01 Информатика и вычислительная техника
уровень Магистратура
магистерская программа Цифровые двойники в двигателестроении и
транспортном машиностроении
форма обучения очная
кафедра-разработчик Летательные аппараты**

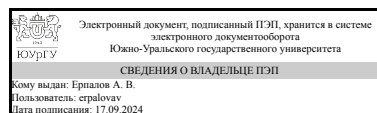
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 918

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 вибропрочности конструкций 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. Прогнозирование характеристик сопротивления усталости для эксплуатационных нагрузок на стадии проектирования конструкций. Расчеты запасов прочности и ресурса элементов конструкций при регулярном и нерегулярном нагружении временными и частотными методами.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-3 Способен планировать работы и разрабатывать конструкции двигателей и автотранспортных средств на основе сложных конечноэлементных расчетов и результатов междисциплинарного анализа динамики и прочности их узлов и агрегатов; разрабатывать методики и проводить виртуальные испытания различных подсистем двигателей и автотранспортных средств	Знает: механизмы 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; методы оценок накопленного повреждения, методы суммирования усталостных повреждений; классификацию процессов нагружения с точки зрения усталости; обобщенную диаграмму 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
Введение в гидрогазодинамику, Применение метода конечных элементов при построении цифровых двойников	Экспериментальный модальный анализ

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

Дисциплина	Требования
Введение в гидрогазодинамику	Знает: физические свойства жидкостей и газов, физические законы равновесия и движения жидкостей и газов, основные уравнения газовой динамики, модели течения жидкостной и газовой сред и области их использования, физические законы равновесия и движения жидкостей и газов; методы моделирования газовых потоков в ДВС; теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках Умеет: решать прикладные задачи гидромеханики, включая расчеты трубопроводов и отдельных элементов гидросистем, силового воздействия жидкости и газа на ограничивающие поверхности, выполнять расчеты гидравлических потерь энергии, анализировать различные гидрогазодинамические явления и строить их математические модели; использовать основные уравнения газовой динамики для решения прикладных задач Имеет практический опыт: типовых расчетных исследований гидравлических сопротивлений и устройств истечения жидкостей и газов, путем снижения сил сопротивления и гидравлических потерь энергии, решения типовых задач гидрогазодинамики с привлечением физико-математического аппарата; решения задач течения жидкостей и газов в элементах двигателей внутреннего сгорания; решения задач внешней аэродинамики автомобилей
Применение метода конечных элементов при построении цифровых двойников	Знает: типичные расчетные случаи, рассчитанные на предотвращение критической ситуации, связанной с нарушением прочности конструкции, типовые задачи, решаемые методом конечных элементов в современных системах CAE, причины нарушения работоспособности элементов конструкции; виды расчетных случаев, применяемых в прочностных расчетах; интерфейс и основы работы в широко распространенных современных CAD и CAE системах, основанных на применении метода конечных элементов, основы метода конечных элементов Умеет: на основе системного подхода решать задачи методом конечных элементов, вырабатывать

	стратегию действий для предотвращения нарушения прочности конструкции, обосновывать выбор метода расчета, создавать адекватные геометрические модели деталей и механизмов для инженерного анализа; эффективно разбивать детали на конечные элементы; вычислять и анализировать поля напряжений, деформаций и перемещений при статическом, динамическом и тепловом воздействии; выполнять расчеты на устойчивость; делать многовариантные расчеты и выполнять параметрическую оптимизацию; анализировать результаты расчетов и формулировать выводы, корректировать геометрические модели изделия для последующего построения конечноэлементной модели; создавать конечноэлементные модели механических систем, выполнять их расчет, анализировать результаты расчета конечноэлементных моделей; Имеет практический опыт: решения задач в современных системах САЕ, основанных на использовании метода конечных элементов, анализа проблемной ситуации, разработки адекватной расчетной конечноэлементной модели, анализа результатов и формулировки выводов, владения современными конечноэлементными пакетами; расчета динамики и прочности конечноэлементных моделей конструкций
--	---

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 36,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам
		в часах
		Номер семестра
		3
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72
<i>Аудиторные занятия:</i>	32	32
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	35,75	35,75
Проработка лекционного материала	10	10
Подготовка к зачету	10,75	10.75
Выполнение практических работ	15	15
Консультации и промежуточная аттестация	4,25	4,25
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.	8	6	2	0
2	Расчеты запасов прочности и ресурса элементов конструкций при регулярном и нерегулярном циклическом нагружениях	10	4	6	0
3	Оценка долговечности конструкций при случайном эксплуатационном нагружении	14	6	8	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. Характеристики сопротивления усталости металлов. Образцы, схемы и виды нагружения, испытательное оборудование. Кривые усталости материала, типы, уравнения. Предел выносливости	4
2	1	Факторы, влияющие на сопротивление усталости деталей машин (концентрация напряжений, масштабный фактор, качество обработки поверхности детали, методы технологического упрочнения поверхности детали, комплексный учет факторов). Асимметрия нагружения. Модель Гудмана, Герберга, Содерберга	2
3	2	Расчет ресурса конструкций при регулярном циклическом нагружении в области большой долговечности и в области ограниченной долговечности	2
4	2	Расчеты ресурса конструкций при нерегулярном (ступенчатом) циклическом нагружении. Гипотеза линейного суммирования повреждений. Корректированная гипотеза Когаева	2
5	3	Оценка долговечности при случайном нагружении временными методами. Схематизация случайных процессов. Метод размахов. Метод полных циклов. Метод "падающего дождя"	2
6	3	Оценка долговечности при узкополосном и широкополосном случайном нагружении частотными методами. Метод Релея. Метод Виршинга. Метод Дирлика. Метод Бенашуэти	4

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	2
2	2	Расчет ресурса конструкций в области большой долговечности при регулярном циклическом нагружении	2
3	2	Расчет ресурса конструкций в области ограниченной долговечности при регулярном циклическом нагружении	2
4	2	Расчет ресурса конструкций при нерегулярном (ступенчатом) циклическом нагружении	2
5	3	Оценка долговечности конструкций при случайном нагружении	4

		временными и частотными методами	
6	3	Оценка долговечности конструкций с применением программного комплекса Ansys	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
Проработка лекционного материала	1) Конспект лекций. 2) 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.	3	10
Подготовка к зачету	1) Конспект лекций. 2) 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. 3) Шефер Л.А. Вибропрочность конструкций. Учебное пособие. Челябинск, издат. центр ЮУрГУ 2009	3	10,75
Выполнение практических работ	1) Конспект лекций. 2) 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.	3	15

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	3	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	зачет

						поясняющих схем и уравнений (при необходимости); 1 - студент верно ответил на вопрос, полностью раскрыл тему, привел схемы и уравнения (при необходимости).	
2	3	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 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
3	3	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	3	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	зачет

						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.	
5	3	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

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 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	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ				
		1	2	3	4	5
ПК-3	Знает: механизмы 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; методы оценок накопленного повреждения, методы суммирования усталостных повреждений; классификацию процессов нагружения с точки зрения усталости; обобщенную диаграмму усталости	++				
ПК-3	Умеет: проводить расчеты запасов прочности и ресурса элементов конструкций; прогнозировать характеристики сопротивления усталости для эксплуатационных нагрузок на стадии проектирования конструкций			+++		
ПК-3	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:

1. Когаев В. П. Прочность и износостойкость деталей машин : учеб. пособие для машиностр. спец. вузов / В. П. Когаев, Ю. Н. Дроздов. - М. : Высшая школа, 1991. - 319 с. : ил.
2. Когаев В. П. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность : справочник / редсовет.: К. В. Фролов (предс.) и др.. - М. : Машиностроение, 1985. - 224 с.
3. 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.
4. Серенсен С. В. Несущая способность и расчет деталей машин на прочность : руководство и справ. пособие / С. В. Серенсен, В. П. Когаев, Р. М. Шнейдерович; Под ред. С. В. Серенсена. - 3-е изд., перераб. и доп.. - М. : Машиностроение, 1975. - 488 с. : ил.

б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

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

1. Заводская лаборатория: Диагностика материалов : науч.-техн. журн. по аналит. химии, физ., мат. и мех. методам исслед., а также сертификации материалов. - М. : Металлургия, 1936-. -

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Вибропрочность конструкций

2. Усталостное разрушение металлов и расчеты на прочность и долговечность при переменных напряжениях

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Вибропрочность конструкций
2. Усталостное разрушение металлов и расчеты на прочность и долговечность при переменных напряжениях

Электронная учебно-методическая документация

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. PTC-MathCAD(бессрочно)
2. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)
3. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Не предусмотрено