

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 07 » мая 20 24 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Механика разрушения и основы надежности
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 144 (4)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
(код и наименование направления)

Направленность: Проектирование, производство и эксплуатация беспилотных летательных аппаратов из композиционных материалов
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины: формирование комплекса знаний, умений и навыков, необходимых для решения стандартных задач профессиональной деятельности в области расчета надежности композитных конструкций, прогнозирования ресурса на основании информации о материалах, нагрузках и воздействиях.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение основ теории надежности технических систем;
- изучение основ механики трещин и усталостного разрушения;
- формирование умения проводить расчеты на прочность и долговечность элементов конструкций из однородных и композиционных материалов;
- формирование навыков проектирования элементов конструкций с учетом безопасных размеров трещин и дефектов в композитах.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Объекты учебной дисциплины

- материалы и элементы конструкций с трещинами;
- модели разрушения;
- характеристики трещиностойкости;
- показатели надежности.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.3	ИД-1ПК-1.3	Знать: - основные показатели надежности систем и конструкций; - характеристики и параметры, описывающие состояние тел с трещинами и дефектами; - методы проектирования с учетом безопасных размеров трещин и дефектов в однородных и композиционных материалах; - методы оценки надежности объектов и элементов конструкций	Знает методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации; методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в соответствующей области исследования	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.3	ИД-2ПК-1.3	Уметь: - выполнять расчеты по оценке параметров надежности систем и конструкций; - прогнозировать ресурс элементов конструкций с усталостными трещинами; - выполнять прочностной расчет тел с трещинами	Умеет оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; применять методы анализа научно-технической информации; применять методы проведения экспериментов	Контрольная работа
ПК-1.3	ИД-3ПК-1.3	Владеть: - навыками расчета на трещиностойкость плоских тел с трещинами нормального отрыва при квазистатическом нагружении; - методами расчета на трещиностойкость анизотропных плоских тел с трещинами нормального отрыва; - методами расчета усталостной долговечности и ресурса; - методами прогнозирования параметров трещиностойкости композитов	Владеет навыками сбора, обработки, анализа и обобщения передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований; сбора обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний; проведения экспериментов в соответствии с установленными полномочиями; проведения наблюдений и измерений, составление их описаний и формулировка выводов	Индивидуальное задание

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	70	70	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	36	36	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	32	32	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	74	74	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
7-й семестр				
Введение в механику разрушения	4	0	0	6
Тема 1. Постановка задачи прогнозирования ресурса. Понятие ресурса, прогнозирование ресурса и теория надежности, прогнозирование ресурса и механика разрушения, проблема безопасности машин и конструкций из композитов				
Тема 2. Основы механики разрушения, понятия, термины, определения. Основные понятия механики разрушения, виды разрушения, типы трещин, теоретическая и реальная прочность твердых тел, концентрация напряжений, особенности разрушения композитов, концентрация напряжений в анизотропной среде				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Параметры, описывающие текущее и критическое состояние тел с трещинами	8	0	8	16
Тема 3. Коэффициент интенсивности напряжений. Поля перемещений и напряжений в окрестности кончика трещины, понятие критического коэффициента интенсивности напряжений, частные случаи определения КИН, численные методы определения КИН, поля напряжений в вершине трещины для анизотропного случая Тема 4. Критерии стагнации и роста трещин. Модель Гриффитса-Орована-Ирвина, учет пластичности в вершине трещины, понятие критического состояния тела с трещиной, критерий раскрытия трещины, инвариантные J и G интегралы, критерий разрушения композиционных материалов, прогнозирование трещиностойкости неоднородных сред Тема 5. Экспериментальные методы механики разрушения. Определение критического коэффициента интенсивности напряжений, определение критической интенсивности освобождения энергии, определение критического раскрытия трещины, особенности испытания композитов на трещиностойкость				
Усталостное разрушение	8	0	10	18
Тема 6. Усталость. Оценка остаточного ресурса. Эмпирические зависимости, описывающие рост усталостных трещин, накопление повреждений, закон суммирования повреждений, диаграмма долговечности, уравнения, описывающие рост усталостных трещин, расчет элементов конструкций на долговечность Тема 7. Усталостное разрушение слоистых, волокнистых, зернистых композитов. Особенности усталостного разрушения композитов, примеры и анализ экспериментальных данных.				
Механика разрушения композитов	8	0	4	16
Тема 8. Разрушение зернистых композитов. Разрушение керамик, влияние пористости, прогнозирование трещиностойкости керамик Тема 9. Разрушение слоистых композитов. Трещина нормальная к плоскости армирования, межслойное разрушение композитов, устойчивость дефектов типа расслоений Тема 10. Разрушение волокнистых композитов. Особенности разрушения волокнистых композитов, статические модели разрушения				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
однонаправленного композита, микромеханические факторы, влияющие на вязкость разрушения, прогнозирование эффективной трещиностойкости				
Надежность изделий	8	0	10	18
Тема 11. Основные характеристики надежности элементов и систем. Показатели надежности не восстанавливаемого элемента, показатели надежности восстанавливаемого элемента, показатели надежности системы, состоящей из независимых элементов Тема 12. Расчет показателей надежности и номенклатуры запасных частей проектируемых систем. Выбор и распределение нормируемых показателей надежности проектируемых систем, структурные модели надежности, оценка надежности узлов металлоконструкций и механических узлов, расчет надежности деталей механических узлов в процессе проектирования, выбор и расчет численного состава ЗИП				
ИТОГО по 7-му семестру	36	0	32	74
ИТОГО по дисциплине	36	0	32	74

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Расчет параметров трещины. Вычисление коэффициента интенсивности напряжений для различных видов нагружения и формы образцов. Определение критических величин нагрузок и длин трещин. Оценка несущей способности тел с трещинами.
2	Прогнозирование эффективного критического коэффициента интенсивности напряжений неоднородных сред. Определение эффективных параметров трещиностойкости по известным величинам трещиностойкости элементов структуры для различных типов композиционных материалов.
3	Расчет параметров усталостной трещины. Расчет начальной длины усталостной трещины, определение критической длины усталостной трещины. Вычисление числа циклов до разрушения элементов конструкций с усталостной трещиной.
4	Оценка ресурса и расчет долговечности деталей с усталостными трещинами. Определение долговечности при циклическом нагружении с заданной степенью долговечности. Вычисление числа циклов до разрушения.
5	Расчет показателей надежности и ЗИП. Построение структурных схем. Определение средней наработки до отказа. Построение кривой интенсивности отказов. Построение функции восстановления. Определение коэффициента готовности системы. Определение коэффициента технического использования оперативной готовности. Решение задач на перераспределение норм надежности в соответствии с требуемыми. Определение надежности систем с различным соединением элементов. Расчет вероятности безотказной работы по различным критериям. Определение количества запасных частей изделия для одиночного, группового и ремонтного ЗИПов.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Абиев Р. Ш., Струков В. Г. Надежность механического оборудования и комплексов : учебник для вузов. 2-е изд. Санкт-Петербург : Проспект Науки, 2020. 222 с. 14 усл. печ. л.	2
2	Лялькина Г. Б. Надёжность технических систем и техногенный риск. Надёжность технических систем. Пермь : ПГТУ, 2011. 89 с.	92

3	Малафеев С. И., Копейкин А. И. Надёжность технических систем. Примеры и задачи : учебное пособие для вузов. Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2012. 313 с. 16,80 усл. печ. л.	12
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Испытание и обеспечение надежности ракетных двигателей : учебник для вузов / Коломенцев А. И., Краев М. В., Назаров В. П., Черваков В. В., Яцуненко В. Г. Красноярск : СибГАУ, 2006. 335 с., 2 л. ил.	1
2	Пестриков В. М., Морозов Е. М. Механика разрушения : курс лекций. Санкт-Петербург : Профессия, 2012. 551 с. 44,7 усл. печ. л.	3
3	Пестриков В. М., Морозов Е. М. Механика разрушения твердых тел : курс лекций. Санкт-Петербург : Профессия, 2002. 300 с.	50
4	Труханов В. М. Надёжность технических систем. М. : Машиностроение-1, 2008. 584 с.	2
5	Яхьяев Н. Я., Кораблин А. В. Основы теории надежности и диагностика : учебник для вузов. Москва : Академия, 2009. 251 с.	64
2.2. Периодические издания		
1	Механика композиционных материалов и конструкций : всероссийский научный журнал. Москва : Ин-т прикл. механики РАН, 1995 - .	
2.3. Нормативно-технические издания		
1	Надежность в технике : сборник государственные стандарты. Изд. офиц. Москва : Издательство стандартов, 2002. 271 с.	1
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Малафеев С. И. Надёжность технических систем. Примеры и задачи / Малафеев С. И., Копейкин А. И. – Санкт-Петербург: Лань, 2016	http://elib.pstu.ru/Record/lan87584	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Надёжность технических систем / Г. Б. Лялькина. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2011. – (Надёжность технических систем и техногенный риск: учебное пособие для вузов; Ч. 1)	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3239	локальная сеть; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Microsoft Office Visio Professional 2016 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Elsevier "Freedom Collection"	https://www.elsevier.com/
База данных Springer Nature e-books	http://link.springer.com/ http://jwww.springerprotocols.com/ http://materials.springer.com/ http://zbmath.org/ http://npg.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	https://elib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	локальная сеть
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	локальная сеть
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	http://325290.inkip.ru/docs

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	компьютер	1
Лекция	маркерная доска	1
Лекция	проектор	1
Практическое занятие	компьютеры	15

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе