

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 22 » декабря 20 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: _____ Поврежденность материалов в конструкциях
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: _____ 180 (5)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: _____ 28.03.03 Наноматериалы
(код и наименование направления)

Направленность: _____ Конструкционные наноматериалы
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью учебной дисциплины является приобретение студентами знаний об основных закономерностях и особенностях развития поврежденности конструкционных материалов и наноматериалов, методах математического моделирования процессов накопления повреждений и развития дефектов в процессе неупругого деформирования и разрушения конструкционных материалов и конструкций из них, умений и навыков математического моделирования процессов накопления повреждений, их анализа и диагностики, необходимых при проектировании и создании современных материалов, а также эксплуатации изделий из них.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение основных методов и подходов к изучению поведения современных материалов с учетом процессов накопления повреждений.
- формирование навыков исследования качественных и количественных характеристик процессов накопления повреждений современных материалов и наноматериалов, практической реализации решений задач деформирования и разрушения с учетом поврежденности материалов, анализа результатов решений задач деформирования и разрушения с учетом поврежденности материалов;
- формирование умений постановки и решения задач деформирования и разрушения материалов с учетом их повреждаемости с целью прогнозирования поведения и безопасности эксплуатации ответственных элементов конструкций, планирования эксперимента для изучения процессов накопления повреждений современных материалов и наноматериалов.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- теоретические подходы к описанию и учету процессов накопления повреждений материалов в рамках механики сплошных сред;
- методы численного и экспериментального изучения поврежденности материалов и наноматериалов в конструкциях.

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 особенности проведения расчётов конструкций и расчетно-экспериментального изучения закономерностей накопления повреждений современных материалов и наноматериалов	Знает особенности проведения расчётов конструкций и расчетно-экспериментального изучения закономерностей накопления повреждений современных материалов и наноматериалов;	Экзамен

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 проводить рас-чёты элементов конструкций с учетом накопления повреждений материалов вычислительными методами прикладной механики, а также с помощью программных систем компьютерного инжиниринга.	Умеет осуществлять теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений , выбирать методы и средства проведения исследований и разработок, осуществлять планирование эксперимента оценивать и интерпретировать полученные знания, расширять их и приобретать новые знания путем проведения физико-химических процессов и материалов;	Защита лабораторной работы
ПК-1.3	ИД-3ПК-1.3	Владеть навыками экспериментального изучения деформационных свойств материалов и наноматериалов и закономерностей накопления повреждений.	Владеет навыками анализа научных данных, результатов экспериментов и наблюдений , методами анализа напряженно-деформированных состояний, техникой контроля основных свойств наноматериалов и определения параметров дефектов	Защита лабораторной работы
ПК-1.5	ИД-1ПК-1.5	Знать основные подходы к описанию процессов накопления повреждений современных материалов и наноматериалов.	Знает физико-химические характеристики наноструктурированных композиционных материалов ; основные теории прочности, закономерности процессов разрушения наноматериалов, причины и условия разрушения материала, основные подходы к описанию процессов накопления повреждений современных материалов и наноматериалов	Экзамен
ПК-1.5	ИД-2ПК-1.5	Уметь проводить анализ и прогнозировать протекание процессов накопления повреждений в современных	Умеет выбирать и применять средства измерения для определения свойств наноструктурированных	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		конструкционных материалов и наноматериалов в конструкциях.	композиционных материалов ,	
ПК-1.5	ИД-3ПК-1.5	Владеть навыками расчётов численными методами прикладной механики деталей машин и элементов конструкций с учетом повреждаемости материалов.	Владеет навыками экспериментального исследования процессов разрушения структурно неоднородных и наноматериалов	Защита лабораторной работы

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:	47	47	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	25	25	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	97	97	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

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	СРС
7-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Теоретические представления о поврежденности сплошных сред.	10	10	0	40
Основы поврежденности сплошных сред. Разрушение и поврежденность. Дефекты в структурно-неоднородных средах. Физические аспекты (дислокационные механизмы) микроразрушения. Стадии процессов накопления повреждений. Многоуровневый характер накопления повреждений. Экспериментальные данные о механизмах и закономерностях накопления повреждений композиционных материалов. Классификация видов разрушения. Методы дефектоскопии. Теоретическое описание процессов накопления повреждений. Структурный и феноменологический подходы, различные концепции построения моделей накопления повреждений. Правила суммирования повреждений. Автомодельность процесса накопления повреждений. Схемы расчета конструкций из композиционных материалов с оценкой поврежденности в рамках структурно-феноменологического подхода. Введение параметров поврежденности. Параметр поврежденности Качанова-Работнова. Определяющие соотношения и материальные функции деформационной теории поврежденных сред. Континуальные модели накопления повреждений. Скалярная функция поврежденности. Тензор поврежденности второго ранга. Тензор поврежденности четвертого ранга. Определяющие соотношения для повреждаемых сред. Определяющие соотношения для изотропных, трансверсально-изотропных и ортотропных повреждаемых сред. Экспериментальное построение и теоретическое прогнозирование материальных функций поврежденности. Критериальная оценка прочности при сложном напряженном состоянии. Модели многостадийных процессов структурного разрушения. Оценка разрушения по совокупности критериев изотропных трансверсально-изотропных и ортотропных материалов.				
Численное и экспериментальное изучение процессов накопления повреждений.	8	15	0	57
Стохастические модели разрушения. Представление о статистическом характере прочностных характеристик материалов. Стохастические модели разрушения и масштабный эффект прочности. Стохастические модели разрушения однонаправленных волокнистых композитов. Прогнозирование эффективных				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
деформационных и прочностных свойств. Приближенная оценка констант материала с повреждениями. Анализ механизмов разрушения, прогнозирование эффективных деформационных и прочностных свойств структурно-неоднородных материалов. Расчеты на прочность с учетом микроструктуры. Особенности процессов разрушения неоднородных материалов. Структурные модели накопления повреждений. Распределение напряжений около краев разорванного волокна. Неэффективная длина волокна. Накопление повреждений при циклическом нагружении. Накопление повреждений при циклическом нагружении. Много- и малоцикловая усталость современных конструкционных материалов и наноматериалов. Правила суммирования повреждений в усталости материалов. Экспериментальное изучение закономерностей накопления повреждений современных материалов и наноматериалов при циклическом нагружении. Деформационное разупрочнение материалов. Деформационное разупрочнение материалов. Элементы теории устойчивой закритической деформации. Разрушение как потеря устойчивости процесса накопления повреждений. Учет свойств нагружающей системы. Модели механического поведения и устойчивость деформационного разупрочнения элементов структуры композитов. Экспериментальное изучение закономерностей накопления повреждений и разрушения современных конструкционных материалов и наноматериалов на закритической стадии деформирования.				
ИТОГО по 7-му семестру	18	25	0	97
ИТОГО по дисциплине	18	25	0	97

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Анализ примеров различных видов разрушения технических систем, обусловленного процессами накопления повреждений. Применение многоуровневых моделей накопления повреждений.
2	Расчет зависимостей энергетической катастрофичности (запаса упругой энергии к моменту разрушения) и экономичности (объемного расхода материала) от параметров стержневой конструкции с учетом накопления повреждаемости.
3	Обработка и анализ экспериментальных данных о статистическом разбросе прочностных свойств материалов.

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
4	Расчет диаграммы деформирования пучка волокон с использованием экспериментальных данных о статистическом разбросе прочностных свойств волокон.
5	Аналитическое решение задачи для пучка волокон с равномерным законом распределения прочностных свойств.
6	Проведение расчетов по прогнозированию долговечности элементов конструкций с использованием правила линейного суммирования повреждений.
7	Оценка усталостной долговечности элементов конструкций с использованием гипотез нелинейного накопления повреждений.
8	Вывод определяющих соотношений для ортотропной среды с повреждениями (тензор поврежденности — ортотропный).
9	Оценка констант материала с повреждениями. Анализ и прогнозирование свойств материалов от объемной доли повреждений.
10	Анализ и экспериментальная проверка условий реализации закритического деформирования элементов структуры композитов.

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.

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.

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 лабораторным работам.
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	Механика материалов. Методы и средства экспериментальных исследований / В. Э. Вильдеман [и др.]. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	36
2	Развитие дефектов при конечных деформациях. Компьютерное и физическое моделирование / В. А. Левин [и др.]. - М.: Физматлит, 2007.	2
3	Экспериментальные исследования свойств материалов при сложных термомеханических воздействиях : коллективная монография / В. Э. Вильдеман [и др.]. - Москва: Физматлит, 2012.	2
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Болотин В. В. Ресурс машин и конструкций / В. В. Болотин. - Москва: Машиностроение, 1990.	14
2	Вильдеман В. Э. Механика неупругого деформирования и разрушения композиционных материалов / В. Э. Вильдеман, Ю. В. Соколкин, А. А. Ташкинов. - М.: Наука, Физматлит, 1997.	3
3	Гучкин И. С. Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций : учебное пособие для вузов / И. С. Гучкин. - Москва: АСВ, 2000.	1
4	Гучкин И. С. Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций : учебное пособие для вузов / И. С. Гучкин. - Москва: Изд-во АСВ, 2001.	5
5	Коллинз Дж. А. Повреждение материалов в конструкциях : анализ , предсказание, предотвращение : пер. с англ. / Дж. А. Коллинз. - М.: Мир, 1984.	4
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
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	описание: Механика материалов. Методы и средства экспериментальных исследований / В. Э. Вильдеман [и др.]. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3324	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	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.02.2022)
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	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Microsoft Office Visio Professional 2016 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 444632 ЦВВС)

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	https://www.scopus.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	https://техэксперт.сайт/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Компьютер	12
Лабораторная работа	Сервогидравлическая двухосевая испытательная система Instron 8850 (100 кН/1000 Нм)	1
Лабораторная работа	Система универсальная сервогидравлическая Instron8801 (100 кН)	1
Лекция	Ноутбук	1
Лекция	Проектор	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
