

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

« 06 » марта 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Деформация, разрушение и конструкционная прочность
(наименование)

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

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

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

Направление подготовки: 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов
(код и наименование направления)

Направленность: Экспериментальная механика
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является получение студентами знаний по основным закономерностям процессов накопления повреждений и разрушения материалов, а также совместным методам прочностного анализа безопасности ответственных конструкций.

Задачи дисциплины:

- изучение теоретических основ экспериментальной механики, включая элементы теории напряженно-деформированного состояния и модели механического поведения упругих, пластических и вязкоупругих материалов;
- изучение общих принципов прочностного анализа элементов конструкций;
- формирование навыков по проектированию новых композиционных материалов, обладающих повышенными деформационными резервами;
- формирование навыков по повышению прочностных свойств, деформационных ресурсов и трещиностойкости новых материалов на основе управления процессами накопления повреждений.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- модели механического поведения упругих, пластических и вязкоупругих материалов;
- методики расчета и проектирования ответственных конструкций;
- условия устойчивого протекания процессов накопления повреждений, необходимых для приспособления материалов к условиям эксплуатации;
- комплексные методы прогнозирования аварийных ситуаций и оценки безопасности конструкций и сооружений.

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-1.5	ИД-1ПК-1.5	Знать современное состояние научных и технологических исследований в области изучения механического поведения и разрушения структурно-неоднородных, в том числе наноструктурных, материалов	Знает отечественные и международные публикации и достижения в области механики деформирования и разрушения материалов и наноматериалов с учетом структурных особенностей	Собеседование

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.5	ИД-2ПК-1.5	Уметь разрабатывать и реализовывать программы научных и технологических исследований по заданному направлению на основе имеющихся знаний о механическом поведении современных материалов	Умеет проектировать управление научно-исследовательскими работами в структурном подразделении	Экзамен
ПК-1.5	ИД-3ПК-1.5	Владеть навыками планирования программ технологических и научных исследований на основе знаний о современном состоянии развития представлений о структурно-неоднородных, в том числе наноструктурных материалах	Владеет навыками определения перспектив развития научно-исследовательских работ в области механики деформирования и разрушения материалов и наноматериалов с учетом структурных особенностей	Защита лабораторной работы
ПК-2.4	ИД-1ПК-2.4	Знать методики проведения основных видов испытаний композиционных материалов с учетом их неоднородной структуры с целью обеспечения конструкционной прочности проектируемых деталей	Знает содержание, характер и продолжительность "элементарных" операций контроля, измерения и испытания	Коллоквиум
ПК-2.4	ИД-2ПК-2.4	Уметь составлять и анализировать последовательности технологических операций при проектировании конструкций из композиционных материалов различной структуры	Умеет разрабатывать предложения по совершенствованию технологического процесса и организации работ по его обеспечению	Экзамен
ПК-2.4	ИД-3ПК-2.4	Владеть навыками разработки плана развития научной и технологической лабораторий в соответствии с поставленными задачами по проектированию, анализу и оценки конструкционной прочности изделий из	Владеет навыками внесения предложений в план закупок основных и вспомогательных расходных материалов, комплектующих и оборудования, необходимых для выполнения операций контроля, измерения и испытания, а также	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
		структурно неоднородных и наноструктурированных композиционных материалов.	решения задач разработки и выбора материалов	

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	26	26	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	6	6	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	82	82	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
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	СРС
3-й семестр				
Принципы прочностного анализа	2	4	0	20
Исследования в области диагностики аварийных ситуаций, прочности и живучести машин и конструкций. Концепции инженерной безопасности. Критерии работоспособности элементов конструкций и закономерности процессов разрушения. Цели и задачи развития научных основ уточненного прочностного анализа. Вопросы методологии прочностного анализа. Характеристики «идеальной» конструкции.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Тензорные модели накопления повреждений	1	6	0	22
Параметры поврежденности Качанова-Работнова-Ильюшина. Механика поврежденной сплошной среды. Определяющие соотношения и материальные функции деформационной теории поврежденных сред. Модели изменения свойств среды в критических поврежденных состояниях. Использование совокупности критериев разрушения и схемы «редуцирования жесткостей».				
Закономерности и модели процессов структурного разрушения	2	4	0	20
Двухуровневая структурно-феноменологическая модель. Моделирование процессов закритического деформирования и разрушения. Влияние нагружающей системы на разрушение элемента конструкции. Расчет надежности с учетом процесса разрушения. Уточненный расчет деформационного ресурса и живучести системы. Анализ возможности управления процессом разрушения. Генерация и исследование стохастических структур однонаправленных волокнистых композитов. Математическое моделирование процессов накопления повреждений зернистых композитов.				
Механика закритического деформирования	1	4	0	20
Закономерности механического поведения материалов на закритической стадии деформирования. Закритическое деформирование стержневых систем. Стабилизирующая роль жестких нагружающих систем. Учет свойств нагружающих систем, граничные условия контактного типа. Постулат устойчивости с учетом свойств нагружающей системы. Единственность решения краевых задач для тел с зонами разупрочнения. Разрушение как результат потери устойчивости процесса деформирования, нелокальное условие прочности. Условия закритического деформирования элементов структуры композиционных материалов.				
ИТОГО по 3-му семестру	6	18	0	82
ИТОГО по дисциплине	6	18	0	82

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Оценка запаса прочности: оценка по критерию разрушения

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
2	Оценка катастрофичности разрушения: расчет запаса упругой энергии к моменту потери несущей способности
3	Анализ способов управления процессом разрушения: обеспечение условий устойчивого протекания диссипативных процессов, необходимых для приспособления материалов к условиям эксплуатации
4	Расчет надежности: решение стохастической краевой задачи
5	Оценка запаса прочности: расчет полей напряжений и деформаций на основе решения краевых задач
6	Анализ живучести и резервов несущей способности: решение краевой задачи механики разрушения
7	Оценка катастрофичности разрушения: решение краевой задачи механики разрушения
8	Оценка катастрофичности разрушения: расчет энергоемкости процесса разрушения

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, 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 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	Механика материалов. Методы и средства экспериментальных исследований / В. Э. Вильдеман [и др.]. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	36
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Матвиенко Ю. Г. Модели и критерии механики разрушения / Ю. Г. Матвиенко. - М.: Физматлит, 2006.	3
2	Махутов Н. А. Деформационные критерии разрушения и расчет элементов конструкций на прочность / Н. А. Махутов. - Москва: Машиностроение, 1981.	5
3	Упруго-пластические деформации / Авт. предислов. Е.И. Шемякина [и др.]. - Москва: , Логос, 2004. - (Пластичность; Ч. 1).	13
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)
Дополнительная литература	Махутов Н. А. Деформационные критерии разрушения и расчет элементов конструкций на прочность / Н. А. Махутов. - Москва: Машиностроение, 1981.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks137170	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Механика материалов. Методы и средства экспериментальных исследований / В. Э. Вильдеман [и др.]. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks158423	локальная сеть; авторизованный 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 27.03.2022)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

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/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Сервогидравлическая двухосевая испытательная система Instron 8850 (100 кН/1000 Нм)	1
Лабораторная работа	Система универсальная сервогидравлическая Instron 8801 (100 кН)	1
Лекция	Ноутбук	1
Лекция	Проектор	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

(фонд оценочных средств)

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

«Деформация, разрушение и конструкционная прочность»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	22.04.01 Материаловедение и технологии материалов
Направленность (профиль) образовательной программы:	Экспериментальная механика
Квалификация выпускника:	«Магистр»
Выпускающая кафедра:	Экспериментальная механика и конструкционное материаловедение
Форма обучения:	Очная
Форма промежуточной аттестации:	Экзамен

Пермь 2023

Оценочные материалы (фонд оценочных средств) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины, для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (3-го семестра учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, лабораторные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Промежуточный / рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР	ПЗ		Экзамен
Усвоенные знания						
3.1 Знать современное состояние научных и технологических исследований в области изучения механического поведения и разрушения структурно-неоднородных, в том числе наноструктурных, материалов		ТО1				ТВ
3.2 Знать методики проведения основных видов испытаний композиционных материалов с учетом их неоднородной структуры с целью обеспечения конструкционной прочности проектируемых деталей	С1	ТО2				ТВ
Освоенные умения						
У.1 Уметь разрабатывать и реализовывать программы научных и технологических исследований по заданному направлению на основе имеющихся знаний о механическом поведении современных материалов			ОЛР1		<i>КИЗ</i>	ПЗ
У.2 Уметь составлять и анализировать последовательности технологических операций при проектировании конструкций из композиционных материалов различной структуры	С2			<i>ПЗ</i>		ПЗ
Приобретенные владения						
В.1 Владеть навыками планирования программ технологических и научных исследований на основе знаний о современном состоянии развития представлений о структурно-неоднородных, в том числе наноструктурных материалах	С3			<i>ПЗ</i>	<i>КИЗ</i>	КЗ
В.2 Владеть навыками разработки плана развития научной и технологической лабораторий в соответствии с поставленными задачами по			ОЛР2			КЗ

проектированию, анализу и оценки конструкционной прочности изделий из структурно неоднородных и наноструктурированных композиционных материалов						
---	--	--	--	--	--	--

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КИЗ – комплексное индивидуальное задание на самостоятельную работу; КЗ – комплексное задание экзамена.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и промежуточного и рубежного контроля.

1. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем контрольных опросов, защиты отчетов по лабораторным работам, практическим заданиям и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 5-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Промежуточный и рубежный контроль

Промежуточный и рубежный контроль для комплексного оценивания

усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных (практических) работ.

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 2 лабораторных работы. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего, промежуточного и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего, промежуточного и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Деформирование и разрушение композитов. Особенности накопления повреждений и разрушения композитов. Классификация видов разрушения.
2. Поврежденность и стадии процессов накопления повреждений. Многоуровневый характер накопления повреждений и разрушения композитов. Классификация видов разрушения.
3. Деформационное разупрочнение материалов. Элементы теории устойчивой закритической деформации.
4. Разрушение как потеря устойчивости процесса накопления повреждений. Учет свойств нагружающей системы.
5. Общие сведения о механике трещин.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Провести сравнение энергетического и силового подходов механики разрушения.

2. Провести оценку причин и способов предотвращения крупных технических аварий, связанных с механическим разрушением материалов.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Провести критериальную оценку прочности при сложном напряженном состоянии с использованием эквивалентных напряжений.

2. Провести анализ влияния основных механических характеристик конструкционных материалов на прочность элементов конструкций.

3. Составить план экспериментального определения основных механических характеристик композиционных материалов.

Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.

2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 5-ти балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего, промежуточного и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 5-ти балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.