

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

« 03 » марта 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Механика разрушения и конструкционная прочность
(наименование)

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

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

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

Направление подготовки: 28.03.03 Наноматериалы
(код и наименование направления)

Направленность: Наноматериалы (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель – получение студентами знаний об основных закономерностях процессов разрушения материалов, в том числе конструкционных наноматериалов, основных теориях прочности и моделях механики разрушения, а также методах экспериментального исследования процессов разрушения.

Задачи:

- изучение теоретических основ теорий прочности, используемых в механике разрушения, физических основ зарождения и развития трещин и факторов, влияющих на их распространение;
- формирование умений и навыков анализа параметров трещиностойкости материалов, практического использования современных электродинамических и сервогидравлических испытательных систем, оборудования для структурного анализа, средств контроля нагрузок и перемещений, программных средств управления, сбора и обработки данных.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- теории прочности и основы механики разрушения;
- типы трещин в материалах и параметры трещиностойкости материалов;
- экспериментальные методы исследования закономерностей процессов разрушения материалов и элементов конструкций, приемы проведения испытаний в области механики разрушения на современных сервогидравлических системах;
- статистическая обработка результатов испытаний.

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 основные теории прочности, закономерности процессов разрушения материалов, в том числе наноматериалов, причины и условия при которых наступает разрушение материала или конструкции, виды разрушения.	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

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 применять методы механики разрушения при определении характеристик трещиностойкости при статическом и циклическом нагружении.	Умеет выбирать и применять средства измерения для определения свойств наноструктурированных композиционных материалов ,	Отчёт по практическом у занятию
ПК-1.5	ИД-3ПК-1.5	Владеть навыками экспериментального исследования процессов разрушения при испытании на усталость и трещиностойкость на современных сервогидравлических системах.	Владеет навыками экспериментального исследования процессов разрушения структурно неоднородных и наноматериалов	Отчёт по практическом у занятию

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	62	62	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	24	24	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	82	82	
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	СРС
6-й семестр				
Теории прочности и основные понятия механики разрушения.	6	2	4	21
Понятие прочность материалов. Меры напряженного и деформированного состояний. Критериальный подход к оценке разрушения. Экспериментальные исследования меры напряженного и деформированного состояния. Простейшие гипотезы прочности. Использование гипотез прочности при экспериментальных исследованиях. Особенности развития трещины в материале.				
Критерии прочности материалов. Модели накопления повреждений. Типы трещин.	8	4	4	22
Критерии прочности изотропных материалов. Критерии прочности анизотропных материалов. Экспериментальное исследование анизотропных материалов. Кинетическая теория прочности С.Н. Журкова. Критерии длительной и усталостной прочности. Проведение экспериментальное исследование усталостных характеристик материала. Экспериментальные методы определения длины трещины.				
Модели накопления повреждений. Критерии разрушения и типы трещин.	4	4	6	21
Оценка разрушения с использованием моделей накопления повреждений. Подход Л.М. Качанова и Ю.Н. Работнова. Статистический аспект проблемы разрушения. Энергетический критерий разрушения А. Гриффитса. Напряженное состояние тела с трещиной. Три основных типа деформаций у вершины трещины.				
Характеристики роста трещин. Особенности развития трещины в материале.	6	8	4	18
Коэффициент интенсивности напряжений и методы его расчета. Силовой критерий раз-рушения Дж. Р. Ирвина. Особенности развития трещин в упругопластических телах. Инвариантный интеграл. Проведение испытаний на трещиностойкость. Равновесный рост трещин при докритических нагрузках. Распространение усталостных трещин. Формула Париса. Вычислительная механика разрушения. Проведение испытаний на трещиностойкость. Экспериментальные методы определения длины трещины.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
ИТОГО по 6-му семестру	24	18	18	82
ИТОГО по дисциплине	24	18	18	82

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Изучение понятия прочности материалов. Экспериментальные исследования прочности.
2	Исследование мер напряженного и деформированного состояний. Применение критериального подхода к оценке разрушения.
3	Применение простейших гипотез прочности.
4	Анализ критериев прочности анизотропных материалов.
5	Применение кинетической теории прочности С.Н. Журкова при решении задач механики разрушения.
6	Применение критерия длительной и усталостной прочности при анализе долговечности материала в процессе экспериментального исследования.
7	Оценка разрушения с использованием моделей накопления повреждений. Подход Л.М. Качанова и Ю.Н. Работнова.
8	Изучение особенностей силового критерия разрушения Дж. Р. Ирвина.
9	Применение инвариантного интеграла при решении задач механики разрушения.

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Экспериментальное исследование меры напряженного и деформированного состояний на современных сервогидравлических системах.
2	Применение простейших гипотезы прочности при экспериментальных исследованиях.
3	Особенности экспериментального применения критерии прочности анизотропных материалов для наноматериалов.

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; 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.
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 / Вильдеман В. Э., Бабушкин А. В., Третьяков М. П., Ильиных А. В., Третьякова Т.В., Ипатова А. В., Словиков С. В., Лобанов Д. С. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2011. 164 с. 10,5 усл. печ. л.	36
2	Пестриков В. М., Морозов Е. М. Механика разрушения твердых тел : курс лекций. Санкт-Петербург : Профессия, 2002. 300 с.	50
2. Дополнительная литература		

2.1. Учебные и научные издания		
1	Астафьев В.И., Радаев Ю.Н., Степанова Л.В. Нелинейная механика разрушения. Самара : Изд-во СамГУ, 2001. 531 с.	1
2	Матвиенко Ю. Г. Модели и критерии механики разрушения. М. : Физматлит, 2006. 328 с.	3
3	Пестриков В. М., Морозов Е. М. Механика разрушения твердых тел : курс лекций. Санкт-Петербург : Профессия, 2002. 300 с.	50
4	Симонов Ю. Н., Георгиев М. Н., Симонов М. Ю. Основы физики и механики разрушения : учебное пособие для вузов. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2012. 202 с. 16,45 усл. печ. л.	5
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	Симонов Ю. Н., Георгиев М. Н., Симонов М. Ю. Основы физики и механики разрушения : учебное пособие для вузов. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2012. 202 с. 16,45 усл. печ. л.	https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3498	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Механика материалов. Методы и средства экспериментальных исследований / Вильдеман В. Э., Бабушкин А. В., Третьяков М. П., Ильиных А. В., Третьякова Т.В., Ипатова А. В., Словиков С. В., Лобанов Д. С. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2011. 164 с. 10,5 усл. печ. л.	https://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 27.03.2022)

Вид ПО	Наименование ПО
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
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 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	Измерительный инструмент	1
Лабораторная работа	Испытательная машина Bis Nano	1
Лабораторная работа	Испытательная машина Instron 8801	1
Лекция	Доска маркерная	1
Лекция	Мультимедиа комплекс (Ноутбук, проектор, экран)	1
Практическое занятие	Доска маркерная	1
Практическое занятие	Измерительный инструмент	1
Практическое занятие	Мультимедиа комплекс (Ноутбук, проектор, экран)	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

«Механика разрушения и конструкционная прочность»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	28.03.03 Наноматериалы
Направленность (профиль) образовательной программы:	Информационные технологии механики и наноматериаловедения
Квалификация выпускника:	«Бакалавр»
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 (6-го семестра учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные 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	Т/КР/ КИЗ		Экзамен
Усвоенные знания						
З.1 Знать основные теории прочности, закономерности процессов разрушения материалов, в том числе наноматериалов, причины и условия при которых наступает разрушение материала или конструкции, виды разрушения.		ТО		КР1 КР2		ТВ
Освоенные умения						
У.1 Уметь применять методы механики разрушения при определении характеристик трещиностойкости при статическом и циклическом нагружении.			ОЛР1 ОЛР2			ПЗ
Приобретенные владения						
В.1 Владеть навыками экспериментального исследования процессов разрушения при испытании на усталость и трещиностойкость на современных сервогидравлических системах			ОЛР3 ОЛР4			КЗ

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 компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе 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 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, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ.

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 4 лабораторных работ. 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. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы (КР) после

освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Теории прочности и основные понятия механики разрушения», вторая КР – по модулю 2 «Критерии прочности материалов. Модели накопления повреждений. Типы трещин».

Типовые задания первой КР:

1. Предмет и задачи дисциплины. Меры напряженного и деформированного состояний.

2. Критериальный подход к оценке разрушения. Экспериментальные исследования при различных видах напряженного и деформированного состояния.

2. Простейшие гипотезы прочности. Использование гипотез прочности при экспериментальных исследованиях.

Типовые задания второй КР:

1. Критерии прочности изотропных материалов. Критерии прочности анизотропных материалов.

2. Кинетическая теория прочности С.Н. Журкова. Статистический аспект проблемы разрушения. Энергетический критерий разрушения А. Гриффитса. Напряженное состояние тела с трещиной. Три основных типа деформаций у вершины трещины.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы 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 усвоенных 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, контролируемые уровнем 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. Простейшие гипотезы прочности. Использование и проверка гипотез прочности при экспериментальных исследованиях.

2. Оценка разрушения с использованием моделей накопления повреждений.

3. Коэффициент интенсивности напряжений и методы его расчета.

Типовые вопросы для контроля усвоенных умений:

1. Провести оценку разрушения с использованием моделей накопления повреждений.

2. Описать применение методов механики разрушения при определении характеристик трещиностойкости при статическом и циклическом нагружении.

3. Использование критерия длительной и усталостной прочности. Проведение экспериментальных исследований усталостных характеристик материала.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Провести качественный и количественный анализ диаграммы растяжения гладкого образца и образца с трещиной.

2. Провести расчет величины коэффициента интенсивности напряжений для образца стандартной геометрии.

3. Провести статистическую обработку результатов циклических испытаний.

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.