



# 1. Общие положения

## 1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является приобретение знаний об основных закономерностях и особенностях развития поврежденности конструкционных материалов и наноматериалов и информации об особенностях численного моделирования структуры материалов и процессов неупругого деформирования, накопления повреждений и макроразрушения; получение умений разработки алгоритмов синтеза структур, моделирования механического поведения конструкционных материалов и наноматериалов, в том числе, с учетом структурного разрушения; овладение навыками математического моделирования процессов накопления повреждений, их анализа и диагностики, необходимых при проектировании и создании современных материалов, а также эксплуатации изделий из них.

Задачи дисциплины:

- изучение основных методов и подходов исследования механического поведения современных материалов с учетом процессов накопления повреждений, алгоритмов численного моделирования структуры материалов и процессов неупругого деформирования;
- формирование умений использования языков программирования или пакетов прикладных программ для анализа закономерностей механического поведения конструкционных материалов, 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;
- 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, установления закономерностей процессов деформирования и разрушения, связанных со структурой конструкционных материалов и наноматериалов.

## 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- теоретические подходы к описанию и учету процессов накопления повреждений материалов в рамках механики сплошных сред;
- алгоритмы численного моделирования структуры материалов;
- алгоритмы компьютерного моделирования механического поведения конструкционных материалов и наноматериалов;
- закономерности процессов неупругого деформирования и накопления повреждений;
- 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
-------------	-------------------	---	--	-----------------

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
ПК-1.3	ИД-2ПК-1.3	Уметь 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.	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 анализа научных данных, результатов экспериментов и наблюдений; методами анализа напряженно-деформированных состояний; техникой контроля основных свойств наноматериалов и определения параметров дефектов.	Владеет навыками анализа научных данных, результатов экспериментов и наблюдений, методами анализа напряженно-деформированных состояний, техникой контроля основных свойств наноматериалов и определения параметров дефектов	Экзамен
ПК-1.4	ИД-1ПК-1.4	Знать основные методы исследования свойств материалов и процессов их обработки и переработки, методы анализа, систематизации, представления и обобщения данных путем применения комплекса методов при решении конкретных задач, возможности	Знает основные методы исследования свойств материалов и процессов их обработки и переработки, методы анализа, систематизации, представления и обобщения данных путем применения комплекса методов при решении конкретных задач, возможности инженерных	Дифференцированный зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		инженерных программных комплексов в области оценки состояния технических объектов.	программных комплексов в области оценки состояния технических объектов;	
ПК-1.4	ИД-2ПК-1.4	Уметь использовать методы моделирования и разработки технологических процессов формирования неоднородных наноструктурированных материалов, реализовывать алгоритмы расчета в пакетах прикладных вычислительных программ.	Умеет использовать методы моделирования и разработки технологических процессов формирования неоднородных наноструктурированных материалов, реализовывать алгоритмы пакетов прикладных вычислительных программах;	Отчёт по практическому занятию
ПК-1.4	ИД-3ПК-1.4	Владеть навыками использования методов синтеза структуры, численного моделирования, механического поведения и прогнозирования эффективных свойств конструкционных материалов.	Владеет навыками использования методов синтеза структуры, численного моделирования, механического поведения и прогнозирования эффективных свойств конструкционных материалов;	Индивидуальное задание
ПК-1.5	ИД-1ПК-1.5	Знать 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.	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 выбирать и применять средства измерения для определения свойств наноструктурированных композиционных материалов; оценивать и прогнозировать	Умеет выбирать и применять средства измерения для определения свойств наноструктурированных композиционных материалов ,	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
		поврежденность современных материалов и наноматериалов в элементах конструкции в процессе эксплуатации.		
ПК-1.5	ИД-3ПК-1.5	Владеть навыками экспериментального исследования процессов разрушения структурно неоднородных материалов и наноматериалов.	Владеет навыками экспериментального исследования процессов разрушения структурно неоднородных и наноматериалов	Экзамен

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	8
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	98	46	52
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	38	18	20
- лабораторные работы (ЛР)	24	24	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	30		30
- контроль самостоятельной работы (КСР)	6	4	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	154	98	56
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет	9		9
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	288	180	108

### 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 рас-чета 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	14	0	58
Стохастические модели разрушения. Представление о статистическом характере прочностных характеристик материалов. Стохастические модели разрушения и масштабный эффект прочности.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>Стохастические модели разрушения однонаправленных волокнистых композитов. Прогнозирование эффективных 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.</p>				
ИТОГО по 7-му семестру	18	24	0	98
8-й семестр				
Компьютерное моделирование материалов.	10	0	15	28
Компьютерное моделирование структуры конструкционных наноматериалов. Анализ научных электронных изданий и определение актуальных направлений исследования. Алгоритмы моделирования периодических и случайных структур конструкционных материалов. Датчики случайных чисел, встроенные в пакеты прикладных программ и языки программирования. Использование встроенных в пакеты прикладных программ датчиков случайных чисел для реализации разных законов распределения				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
случайных величин. Критерии для проверки гипотезы о принадлежности наблюдаемой выборки некоторому теоретическому закону распределения. Алгоритмы моделирования структур наноразмерных материалов.				
Компьютерное моделирование процессов.	10	0	15	28
Особенности механического поведения конструкционных и наноматериалов. Влияние структуры на закономерности процессов неупругого деформирования и накопления повреждений. Существующие подходы и алгоритмы численного моделирования процессов деформирования и разрушения. Компьютерное моделирование механического поведения материалов в пакетах прикладных вычислительных программ или при использовании программных комплексов собственной разработки. Анализ результатов компьютерного моделирования с целью исследования процессов накопления повреждений и выявления закономерностей механического поведения конструкционных материалов и наноматериалов.				
ИТОГО по 8-му семестру	20	0	30	56
ИТОГО по дисциплине	38	24	30	154

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Алгоритмы моделирования периодических и случайных структур конструкционных материалов.
2	Датчики случайных чисел, встроенные в пакеты прикладных программ и языки программирования. Использование датчиков случайных чисел для реализации разных законов распределения случайных величин.
3	Критерии для проверки гипотезы о принадлежности наблюдаемой выборки некоторому теоретическому закону распределения.
4	Алгоритмы моделирования структур наноразмерных материалов.
5	Алгоритмы численного моделирования процессов деформирования и разрушения.
6	Компьютерное моделирование механического поведения материалов в пакетах прикладных вычислительных программ или при использовании программных комплексов собственной разработки.
7	Анализ результатов компьютерного моделирования процессов накопления повреждений и выявления закономерностей механического поведения конструкционных материалов и наноматериалов.

## 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.
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.

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.

## 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
<b>1. Основная литература</b>		
1	Введение в математическое моделирование : учебное пособие для вузов / Ашихмин В. Н., Гитман М. Б., Келлер И. Э., Наймарк О. Б., Столбов В. Ю., Трусов П. В., Фрик П. Г. Москва : Логос, 2004. 439 с.	71
2	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., Словииков С. В., Лобанов Д. С. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2011. 164 с. 10,5 усл. печ. л.	36
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Белоцерковский О. М. Численное моделирование в механике сплошных сред. Москва : Наука : Физматлит, 1984. 519 с.	13
2	Болотин В. В. Ресурс машин и конструкций. Москва : Машиностроение, 1990. 447 с. 28,0 усл. печ. л.	14
3	Вильдеман В. Э., Соколкин Ю. В., Ташкинов А. А. Механика неупругого деформирования и разрушения композиционных материалов. М. : Наука : Физматлит, 1997. 288 с.	3
4	Гучкин И. С. Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций : учебное пособие для вузов. Москва : Изд-во АСВ, 2001. 172 с.	5
5	Гучкин И. С. Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций : учебное пособие для вузов. Москва : Изд-во АСВ, 2001. 172 с.	5
6	Коллинз Дж. А. Повреждение материалов в конструкциях : анализ , предсказание, предотвращение пер. с англ. М. : Мир, 1984. 624 с.	4
7	Матвиенко Ю. Г. Модели и критерии механики разрушения. М. : Физматлит, 2006. 328 с.	3

8	Развитие дефектов при конечных деформациях. Компьютерное и физическое моделирование / Левин В. А., Калинин В. В., Зингерман К. М., Вершин А. В. М. : Физматлит, 2007. 391 с.	2
9	Хокни Р., Иствуд Дж. Численное моделирование методом частиц : пер. с англ. М. : Мир, 1987. 638 с.	4
10	Экспериментальные исследования свойств материалов при сложных термомеханических воздействиях : коллективная монография / Вильдеман В. Э., Третьяков М. П., Третьякова Т. В., Бульбович Р. В. Москва : Физматлит, 2012. 203 с. 12,75 усл. печ. л.	2
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	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	Вильдеман В. Э., Соколкин Ю. В., Ташкинов А. А. Механика неупругого деформирования и разрушения композиционных материалов. М. : Наука : Физматлит, 1997. 288 с.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks29092">https://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks29092</a>	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., Словигов С. В., Лобанов Д. С. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2011. 164 с. 10,5 усл. печ. л.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks158423">https://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks158423</a>	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 )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

Вид ПО	Наименование ПО
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

#### **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	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

#### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Компьютеры	15
Лекция	Доска маркерная	1
Лекция	Мультимедиа комплекс (Ноутбук, проектор, экран)	1
Практическое занятие	Компьютеры	15

#### **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

«Моделирование процессов деформирования и разрушения»

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	28.03.03 Наноматериалы
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	Информационные технологии механики и наноматериаловедения
<b>Квалификация выпускника:</b>	«Бакалавр»
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Экспериментальная механика и конструкционное материаловедение
<b>Форма обучения:</b>	Очная
<b>Формы промежуточной аттестации:</b>	Зачет – 4 сем. Экзамен, курсовая работа – 5 сем.

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 устанавливаются 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 двух семестров (7-го и 8-го семестров 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, усвоенных 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	Зачет	Экзамен	
<b>Усвоенные знания</b>							
<b>3.1.</b> особенности проведения расчётов конструкций и расчетно-экспериментального изучения закономерностей накопления повреждений современных материалов и наноматериалов.	С			КР1	ТВ	ТВ	
<b>3.2.</b> основные методы исследования свойств материалов и процессов их обработки и переработки, методы анализа, систематизации, представления и обобщения данных путем применения комплекса методов при решении конкретных задач, возможности инженерных программных комплексов в области оценки состояния технических объектов	С			КР2	ТВ	ТВ	
<b>3.3.</b> физико-химические характеристики наноструктурированных композиционных материалов <sup>1</sup> ; основные теории прочности, закономерности процессов разрушения наноматериалов, причины и условия разрушения материала, основные подходы к описанию процессов накопления повреждений современных материалов и наноматериалов.	С			КР3	ТВ	ТВ	
<b>Освоенные умения</b>							
<b>У.1.</b> 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			ОЛР 1-10	КР 1-4		ПЗ	

• <sup>1</sup> Необходимые знания, входящие в трудовую функцию В/05.6 ПС 26.006

процессов и материалов.							
<b>У.2.</b> использовать методы моделирования и разработки технологических процессов формирования неоднородных наноструктурированных материалов, реализовывать алгоритмы расчета в пакетах прикладных вычислительных программ				КИЗ		ПЗ	
<b>У.3.</b> выбирать и применять средства измерения для определения свойств наноструктурированных композиционных материалов; оценивать и прогнозировать поврежденность современных материалов и наноматериалов в элементах конструкции в процессе эксплуатации			ОЛР 1-10	КР 1-4		ПЗ	
<b>Приобретенные владения</b>							
<b>В.1</b> навыками анализа научных данных, результатов экспериментов и наблюдений; методами анализа напряженно-деформированных состояний; техникой контроля основных свойств наноматериалов и определения параметров дефектов.			ОЛР 1-10			ПЗ	
<b>В.2.</b> навыками использования методов синтеза структуры, численного моделирования, механического поведения и прогнозирования эффективных свойств конструкционных материалов				КИЗ		ПЗ	
<b>В.3.</b> навыками экспериментального исследования процессов разрушения структурно неоднородных материалов и наноматериалов			ОЛР 1-10			ПЗ	

*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 и дифференцированного зачета, проводимые с учетом результатов текущего и рубежного видов 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 бланочного 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 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, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных (практических) работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

#### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 10 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 4 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по теме «Теоретические представления о поврежденности сплошных сред», вторая КР – по теме «Методы численного и экспериментального изучения процессов накопления повреждений»; третья КР – по теме «Алгоритмы моделирования периодических и случайных структур конструкционных материалов»; четвертая КР – по теме «Существующие подходы и алгоритмы численного моделирования процессов деформирования и разрушения».

#### **Типовые задания первой КР:**

1. Виды дефектов в структурно-неоднородных средах.
2. Стадии процессов накопления повреждений. Многоуровневый характер накопления повреждений.

#### **Типовые задания второй КР:**

1. Стохастические модели разрушения и масштабный эффект прочности.
2. Структурные модели накопления повреждений.

**Типовые задания третьей КР:**

1. Алгоритмы моделирования периодических структур конструкционных материалов и наноматериалов.
2. Алгоритмы моделирования случайных структур конструкционных материалов и наноматериалов.

**Типовые задания четвертой КР:**

1. Существующие подходы и алгоритмы численного моделирования процессов деформирования и разрушения.
2. Существующие возможности пакетов прикладных программ для численного моделирования процессов деформирования и разрушения.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

**2.2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу**

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, используется комплексное индивидуальное задание студенту, направленное на приобретение навыков моделирования случайных и периодических структур и процессов деформирования и накопления повреждений конструкционных материалов и наноматериалов.

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.

Промежуточные аттестации, согласно РПД, проводится в виде экзамена и дифференцированного зачета по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний (зачет и экзамен) и практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений, навыков и приобретенных владений всех заявленных компетенций (только для экзамена).

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности заявленных компетенций. Перед проведением экзамена студентам выдается полный перечень теоретических вопросов и практических задач по дисциплине, подготовка к экзамену и дифференцированному зачету позволит обучающимся получить полное представление обо всех заявленных компетенциях. 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. Применение датчиков случайных чисел для реализации ряда случайных чисел, соответствующих разным законам статистического распределения.
2. Использование критериев проверки гипотез о принадлежности наблюдаемой выборки некоторому теоретическому закону распределения.

3. Методы экспериментального исследования дефектов в конструкционных материалах и наноматериалах.

4. Структурные модели накопления повреждений.

**Практические задания для контроля освоенных умений и приобретенных владений:**

В практических заданиях предусмотрены различные задачи по всем темам дисциплины, в которых обучающиеся должны продемонстрировать навыки моделирования периодических и случайных структур, обработки экспериментальных данных и результатов численного моделирования, численного моделирования процессов неупругого деформирования, накопления повреждений и разрушения и т.п..

### **2.3.2. Зачет по курсовой работе**

Выполнение курсовой работы не предусмотрено в учебном плане.

### **2.3.3. 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 и дифференцированного зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

