

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**федеральное государственное автономное**  
**образовательное учреждение высшего образования**  
**«Национальный исследовательский**  
**Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**

**УТВЕРЖДЕНО**

решением ученого совета ННГУ  
протокол от «02» декабря 2024 г. № 10

**Рабочая программа дисциплины**  
**Модели и методы решения задач деформирования и**  
**разрушения композиционных материалов**

Уровень высшего образования  
**Подготовка кадров высшей квалификации**

Научная специальность  
**1.1.7 Механика деформируемого твердого тела**

Программа подготовки  
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре  
**Механика деформируемого твердого тела**

Форма обучения  
**Очная**

Нижний Новгород  
2025 год

## 1. Место и цель дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Модели и методы решения задач деформирования и разрушения композиционных материалов» относится к числу обязательных дисциплин образовательного компонента программы аспирантуры и изучается на 2 году обучения в 3 семестре.

**Цель дисциплины** – ознакомить аспирантов с современными математическими моделями и методами численного моделирования нелинейных процессов упруговязкопластического деформирования и разрушения конструкций при многофакторных нагружениях..

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Выпускник, освоивший программу, должен

### Знать:

- основные закономерности необратимого деформирования и разрушения конструкционных материалов при различных режимах физико-механических воздействий;
- модели пластичности, ползучести и накопления повреждений.

### Уметь:

- выбирать нужную модель деформирования материала для решения задачи оценки прочности конструкции;
- получать материальные функции моделей пластичности, ползучести и накопления повреждений.

### Владеть:

- применением существующих и построением новых математических моделей, для описания закономерностей деформирования материалов в заданных условиях внешних воздействий.

## 3. Структура и содержание дисциплины.

Объем дисциплины (модуля) составляет 1 з.е., , из которых 12 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (6 часов занятия лекционного типа, 6 часов занятия семинарского типа, 1 час мероприятия промежуточной аттестации), 24 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

**Таблица 2**

**Структура дисциплины**

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Контактная работа, часов					
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
1. Описание процессов нелинейного деформирования и деградации свойств конструкционных материалов в	12	2	2	0	0	4	8

рамках соотношений механики поврежденной среды							
2. Модели, описывающие процессы ползучести и релаксации напряжений в конструкционных материалах при квазистатических термосиловых нагружениях	12	2	2	0	0	4	8
3. Особенности моделирования процессов деформирования и разрушения материалов при малоцикловых термосиловых нагружениях	12	2	2	0	0	4	8
Промежуточная аттестация - зачет							
<b>Итого</b>	<b>36</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>24</b>

**Таблица 3**

**Содержание дисциплины**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля*
1	Описание процессов нелинейного деформирования и деградации свойств конструкционных материалов в рамках соотношений механики поврежденной среды	Описание процессов нелинейного деформирования и деградации свойств конструкционных материалов в рамках соотношений механики поврежденной среды	Лекции, семинары	Собеседование
2	Модели, описывающие процессы ползучести и релаксации напряжений в конструкционных материалах при квазистатических термосиловых нагружениях	Модели, описывающие процессы ползучести и релаксации напряжений в конструкционных материалах при квазистатических термосиловых нагружениях	Лекции, семинары	Собеседование
3	Особенности моделирования процессов деформирования и разрушения материалов при	Особенности моделирования процессов деформирования и разрушения материалов при малоцикловых термосиловых	Лекции, семинары	Собеседование

	малоцикловых термосиловых нагрузениях	нагрузениях		
--	---	-------------	--	--

#### 4. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа должна состоять в практическом применении полученных знаний путем:

- получения материальных функций моделей деформирования и разрушения материалов;
- реализации моделей деформирования и разрушения материалов;
- проведения численных исследований.

#### 5. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

##### 5.1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.

При выполнении всех работ учитываются следующие **основные критерии**:

- уровень теоретических знаний (подразумевается не только формальное воспроизведение информации, но и понимание предмета, которое подтверждается правильными ответами на дополнительные, уточняющие вопросы, заданные членами комиссии);
- умение использовать теоретические знания при анализе конкретных проблем, ситуаций;
- качество изложения материала, то есть обоснованность, четкость, логичность ответа, а также его полнота (то есть содержательность, не исключающая сжатости);
- способность устанавливать внутри- и межпредметные связи,
- оригинальность мышления, знакомство с дополнительной литературой и другие факторы.

##### *Описание шкалы оценивания на промежуточной аттестации в форме зачета*

Оценка	Уровень подготовленности, характеризующий оценкой
<i>Зачтено</i>	владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить проблемные ситуации в организации научных исследований, способность критически анализировать и сравнивать существующие подходы и методы к оценке результативности научной деятельности, свободное владение источниками, умение четко и ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях.
<i>Не зачтено</i>	непонимание смысла ключевых проблем, недостаточное владение науковедческой терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации, неспособность анализировать и сравнивать существующие концепции, подходы и методы, неумение ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях.

##### 5.2. Примеры контрольных вопросов и заданий для текущего контроля успеваемости

Теория пластического течения
Деформационная теория пластичности

Ползучесть материалов
Кривая ползучести
Кривая релаксации напряжений
Предел ползучести
Одномерные определяющие уравнения ползучести
Теория старения
Теория течения
Теория упрочнения
Теория структурных параметров
Линейная теория наследственности
Нелинейные теории наследственности
Экспериментальная проверка теорий ползучести
Накопления повреждений в материалах
Основные виды феноменологических моделей накопления повреждений
Модель поврежденного материала
Параметры, характеризующие поврежденность материала
Кинетические уравнения накопления повреждений
Вариант модели пластического деформирования конструкционных материалов
Альтернативный вариант модели пластического деформирования
Модель накопления пластических повреждений
Определение параметров упругости и материальных функций модели пластичности
Вычисление материальных функций модели накопления пластических повреждений
Модель ползучести
Модель накопления повреждений при ползучести
Получение материальных функций модели ползучести
Вычисление материальных функций модели накопления повреждений при ползучести
Закономерности пластического деформирования материалов при малоцикловом нагружении
Кривая малоциклового усталости
Многоцикловая усталость материалов
Параметры, характеризующие цикл нагружения
Предел выносливости
Кривая многоциклового усталости
Уравнения кривых многоциклового усталости
Основные типы моделей многоциклового усталости
Модель малоциклового усталости

Текущий контроль успеваемости осуществляется преподавателем в ходе проведения занятий.

### **Вопросы к зачету.**

Совпадают с вопросами текущего контроля успеваемости

### **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**

#### **а) Основная литература**

1. Казаков Д.А., Капустин С.А., Коротких Ю.Г. Моделирование процессов деформирования и разрушения материалов и конструкций // Монография. Изд-во Нижегородского ун-та. Н.Новгород, 1999. 226 с.

2. Капустин С.А. Метод конечных элементов в задачах механики деформируемых тел // Учебное пособие. Н.Новгород, 2002 г., 180 с.

#### **б) Дополнительная литература**

1. Волков И.А., Коротких Ю.Г. Уравнения состояния вязкоупругопластических сред с повреждениями // М.: Физматлит, 2008. 424 с.
2. Капустин С.А., Чурилов Ю.А., Горохов В.А. Методические основы и алгоритмы компьютерного моделирования процессов деформирования и разрушения материалов и конструкций при квазистатических термостатических нагружения // Учебно-методическое пособие. Н. Новгород., 2014. 111 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

[http://www.mmf.unn.ru/files/2014/01/Kapustin\\_DeformationAndDestructionProcesses.pdf](http://www.mmf.unn.ru/files/2014/01/Kapustin_DeformationAndDestructionProcesses.pdf)

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ;
  - материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации дисциплины, включая лабораторное оборудование;
  - лицензионное программное обеспечение: *Windows, Microsoft Office*;
  - обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются электронными и (или) печатными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.
- ресурсам.

Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 № 2122), Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (Приказ Минобрнауки РФ от 20.10.2021 № 951).

Авторы:

Автор: Горохов Василий Андреевич, профессор кафедры теоретической, компьютерной и экспериментальной механики

Рецензент(ы) \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Программа одобрена на заседании методической комиссии Института информационных технологий, математики и механики от 01.12.2021 №2.