

**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 "30"ноября 2022 г. №13

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

Уровень высшего образования  
**Подготовка научных и научно-педагогических кадров**

Научные специальности

1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика, 1.1.4. Теория вероятностей и математическая статистика, 1.1.5. Математическая логика, алгебра, теория чисел и дискретная математика, 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела, 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение, 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, 1.3.11. Физика полупроводников, 1.3.19. Лазерная физика, 1.3.4. Радиофизика, 1.3.7. Акустика, 1.3.8. Физика конденсированного состояния, 1.4.1. Неорганическая химия, 1.4.2. Аналитическая химия, 1.4.3. Органическая химия, 1.4.4. Физическая химия, 1.4.7. Высокомолекулярные соединения, 1.4.8. Химия элементоорганических соединений, 1.5.11. Микробиология, 1.5.15. Экология, 1.5.2. Биофизика, 1.5.21. Физиология и биохимия растений, 1.5.5. Физиология человека и животных, 2.2.2. Электронная компонентная база микро и наноэлектроники, квантовых устройств, 3.2.7. Аллергология и иммунология, 5.1.1. Теоретико-исторические правовые науки, 5.1.2. Публично-правовые (государственно-правовые) науки, 5.1.3. Частно-правовые (цивилистические) науки, 5.1.4. Уголовно-правовые науки, 5.1.5. Международно-правовые науки, 5.12.1. Междисциплинарные исследования когнитивных процессов, 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика, 5.2.4. Финансы, 5.2.6. Менеджмент, 5.3.7. Возрастная психология, 5.4.2. Экономическая социология, 5.4.4. Социальная структура, социальные институты и процессы, 5.4.6. Социология культуры, 5.4.7. Социология управления, 5.5.2. Политические институты, процессы, технологии, 5.5.4. Международные отношения, глобальные и региональные исследования, 5.6.1. Отечественная история, 5.6.2. Всеобщая история, 5.6.7. История международных отношений и внешней политики, 5.7.1. Онтология и теория познания, 5.8.2. Теория и методика обучения и воспитания, 5.8.7. Методология и технология профессионального образования, 5.9.2. Литературы народов мира, 5.9.5. Русский язык. Языки народов России, 5.9.6. Языки народов зарубежных стран (с указанием конкретного языка или группы языков), 5.9.9. Медиакоммуникации и журналистика

Нижний Новгород  
2023 год

### Место и цель дисциплины в структуре ОПОП

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

**Цель дисциплины** – ознакомить аспирантов с современными математическими моделями и численными методами решения задач деформирования и разрушения композиционных материалов.

#### 1. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Выпускник, освоивший программу, должен

##### Знать:

- модели и методы решения задач механики деформируемого твердого тела, в том числе в междисциплинарных областях, реализованные в профессиональных пакетах прикладных программ ;

-основные тенденции развития современных численных методов и программного обеспечения для решения задач динамики конструкций, в том числе в междисциплинарных областях

##### Уметь:

- осознанно выбрать оптимальные модели и методы решения исследовательских и практических задач механики деформируемого твердого тела;

- разрабатывать новое и модифицировать существующее программное обеспечение на основе созданных и адаптированных численных методов решения исследовательских и практических задач динамики и прочности;

##### Владеть:

-навыками решения нестандартных задач механики деформируемого твердого тела;

- навыками разработки и адаптации численных методов при решении нестандартных задач динамики и прочности конструкций

#### 3. Структура и содержание дисциплины.

Объем дисциплины составляет 1 зачетную единицу, всего 36 часов, из которых 12 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (6 часов занятия лекционного типа, 6 часа занятия семинарского типа), 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. Введение. Классификация композиционных материалов (КМ). Основные типы армирующих и матричных материалов и их свойства.	12	2	2	0	2	6	6
2. Микромеханика. Эффективные свойства композиционных материалов и методы их определения.	12	2	2	0	2	6	6
2. Макромеханика. Особенности краевых и начально-краевых задач для конструкций из композиционных материалов. Критерии предельного состояния и разрушения композиционных материалов.	12	2	2	0	2	6	6
<b>Промежуточная аттестация - зачет</b>							
<b>Итого</b>	<b>36</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>18</b>

**Таблица 3**

**Содержание дисциплины**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля*
1	Введение. Классификация композиционных материалов (КМ). Основные типы армирующих и матричных материалов и их свойства.	Определение КМ. Возможные классификации. Основные типы и свойства армирующих материалов. Основные типы и свойства матричных материалов. Свойства основных типов композиционных материалов.	Лекции, семинары, групповые и индивидуальные консультации	Проверка выполнения домашнего задания в форме реферата и/или научно-исследовательской работы на заданную тему.
2	Микромеханика. Эффективные свойства композиционных материалов и методы их определения.	Постановка задачи теории упругости для неоднородной среды. Понятие эффективных свойств композиционного материала. Микро- и макромеханика. Принцип эквивалентной однородности. Методы определения эффективных свойств композитов, армированных частицами. Вариационные оценки (вилки) для эффективных свойств композиционных материалов. Аппроксимации (самоспряженная модель, трехфазная модель). Эффективные свойств композитов,	Лекции, семинары, групповые и индивидуальные консультации	Проверка выполнения домашнего задания в форме реферата и/или научно-исследовательской работы на заданную

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля*
		армированных непрерывными волокнами. Упругие константы transversально изотропного материала. Методы определения эффективных свойств композитов, армированных в нескольких направлениях. Модели периодических сред.		тему.
3	Макромеханика. Особенности краевых и начально-краевых задач для конструкций из композиционных материалов. Критерии предельного состояния и разрушения композиционных материалов.	Макромеханика. Особенности краевых задач для композиционных материалов. Простейшие задачи анизотропной упругости: растяжение, чистый изгиб, кручение стержней. Влияние анизотропии на характер деформирования. Принцип Сен-Венана для композитов. Модели балок и пластин типа Тимошенко-Рейснера для учета деформаций поперечного сдвига. Расчет слоистых структур. Классическая и уточненная теории слоистых пластин. Кромочные эффекты. Критерии предельного состояния композиционных материалов. Феноменологический и структурный подходы к построению критерия прочности. Тензорный полиномиальный критерий предельного состояния. Критерий Цая-Ву. Критерий Хоффмана.	Лекции, семинары, групповые и индивидуальные консультации	Проверка выполнения домашнего задания в форме реферата и/или научно-исследовательской работы на заданную тему.

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

При подготовке к занятиям обучающиеся изучают и повторяют разделы теоретического материала по конспектам и по учебникам и монографиям из списка литературы. Пишут рефераты по предлагаемой теме.

#### 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, характеризуемый 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

Темы рефератов и научно-исследовательских работ:

1. Основные понятия механики композиционных материалов.
2. Методы идентификации эффективных характеристик композиционных материалов.
3. Постановка краевых задач статики композитных элементов конструкций.
4. Постановка начально-краевых задач динамики композитных элементов конструкций.
5. Методы решения краевых и начально-краевых задач композиционных элементов конструкций.

**Примеры** контрольных вопросов и заданий для текущего контроля успеваемости:

1. Какие принципы положены в основу классификации КМ?
2. По каким признакам осуществляется классификация армирующих и матричных материалов?
3. Как определяются эффективные свойства КМ?
4. Каковы особенности постановки краевых задач для элементов конструкций из КМ?
5. Какие принципы положены в основу классификации критериев прочности КМ?

Текущий контроль успеваемости осуществляется преподавателем в ходе проведения занятий.

**Вопросы к зачету.**

1. Какие принципы положены в основу классификации композиционных материалов?
2. По каким признакам осуществляется классификация армирующих и матричных материалов?
3. Как определяются эффективные свойства композиционных материалов?
4. Каковы особенности постановки краевых задач для элементов конструкций из композиционных материалов?
5. Какие принципы положены в основу классификации критериев прочности композиционных материалов?

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

### **а) Основная литература**

Абросимов Н.А., Баженов В.Г. Нелинейные задачи динамики композитных конструкций. Н.Новгород: Изд-во ННГУ, 2002  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=57764&DB=1>

### **б) Дополнительная литература**

1. Абросимов Н.А., Новосельцева Н.А. Метод идентификации вязкоупругих характеристик композитных материалов. Н.Новгород, Изд-во Нижегородского государственного университета, 2014.

### **в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы**

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics.htm>

## **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: Абросимов Николай Анатольевич, профессор кафедры теоретической, компьютерной и экспериментальной механики

Рецензент(ы) \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**Программа одобрена** на заседании Методической комиссии Института /факультета от \_\_\_\_\_ 2022 года, протокол №\_\_\_\_\_.