

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Механика композиционных материалов

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Направленность образовательной программы
Информационное и программное обеспечение. Инженерия

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.06 Механика композиционных материалов относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
УК-3: Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	УК-3.1: Знать основные принципы управления командой проекта УК-3.2: Уметь вырабатывать командную стратегию при выполнении проекта УК-3.3: Владеть методами мотивации команды на достижение поставленной цели	УК-3.1: Знать основные принципы управления группой при подготовке задания. УК-3.2: Уметь вырабатывать командную стратегию при подготовке задания в группе УК-3.3: Использовать методы мотивации членов группы при подготовке задания.	Задания Сообщение	Экзамен: Контрольные вопросы
ОПК-1: Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы механики и математики	ОПК-1.1: Знает основы фундаментальных физико-математических дисциплин и других естественных наук ОПК-1.2: Умеет формулировать, анализировать и решать профессиональные задачи с применением фундаментальных знаний математики, физики и других естественных наук ОПК-1.3: Имеет практический опыт постановки и решения актуальных задач математики и механики	ОПК-1.1: Знает специализированные разделы механики деформируемого твердого тела для неоднородных и анизотропных сред, необходимые при создании моделей механики композитов. ОПК-1.2: Умеет применять и модифицировать известные модели механики композитов при решении научных и технических задач. ОПК-1.3: Имеет опыт разработки и	Задания Сообщение	Экзамен: Контрольные вопросы

		применения математических моделей механики композитов.		
ОПК-4: Способен использовать и создавать эффективные программные средства для решения задач механики	<p>ОПК-4.1: Знает базовые понятия информатики, информации, ее измерения, кодирования и представления в вычислительных системах, принципы сбора, хранения и обработки информации, а также современные алгоритмы, средства разработки и программные средства</p> <p>ОПК-4.2: Умеет использовать знания, полученные в области компьютерных наук</p> <p>ОПК-4.3: Имеет практический опыт использования информационных технологий, а также создания программных средств для решения задач профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-4.1: Знает методы осреднения и определения эффективных свойств композитов, методы решения специализированные разделы теории упругости неоднородных анизотропных сред, анизотропных пластин и оболочек, критерии предельного состояния, необходимые при решении типовых задач механики композитов.</p> <p>ОПК-4.2: Умеет использовать полученные знания в области компьютерных наук для решения типовых прикладных задач механики композитов.</p> <p>ОПК-4.3: Имеет опыт использования информационных технологий для численного решения учебных задач механики, в частности, средствами программного комплекса ANSYS.</p>	Задания Сообщение	Экзамен: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	5
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	2
самостоятельная работа	110
Промежуточная аттестация	36

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Введение. Классификация КМ. Основные типы армирующих и матричных материалов и их свойства.	24	2	2	4	20
Микромеханика. Эффективные свойства композиционных материалов	33	4	4	8	25
Методы определения эффективных свойств композитов.	33	4	4	8	25
Макромеханика. Особенности краевых задач для композиционных материалов.	33	4	4	8	25
Критерии прочности композиционных материалов.	19	2	2	4	15
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	180	16	16	34	110

Содержание разделов и тем дисциплины

Введение. Классификация КМ. Основные типы армирующих и матричных материалов и их свойства.

Микромеханика. Эффективные свойства композиционных материалов.

Методы определения эффективных свойств композитов, армированных непрерывными волокнами.

Макромеханика. Особенности краевых задач для композиционных материалов.

Критерии прочности композиционных материалов.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

- повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (опрос на занятиях семинарского типа),

- подготовка к занятиям семинарского типа, выполнение заданий по списку, представленному преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к промежуточному контролю успеваемости (экзамен).

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели	Имеется минимальный набор навыков для решения	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартны	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартны	Продemonстрированы навыки при решении нестандарт	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартны

	вследствие отказа обучающегося от ответа	место грубые ошибки	стандартны х задач с некоторым и недочетами	х задач с некоторым и недочетами	х задач без ошибок и недочетов	ных задач без ошибок и недочетов	х задач
--	--	---------------------	---	----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	---------

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции УК-3

1. Вывод вариационных оценок Хашина-Штрикмана с использованием специального вариационного принципа Вариационные оценки для однонаправленных волокнистых композитов
2. Модель периодических сред для вычисления эффективных свойств композитов
3. Асимптотический метод осреднения Н.С.Бахвалова, Б.Е.Победри.
4. Конечные элементы ANSYS для анализа сплошных композитных сред
5. Конечные элементы ANSYS для анализа тонкостенных композитных пластин и оболочек
6. Конечные элементы ANSYS для анализа композитных балок
7. Сравнение конечных элементов, предназначенных для анализа тонкостенных композитных конструкций

8. Специализированный пре и пост процессор ANSYS для анализа конструкций из композитов

9. Применение МКЭ для решения задачи осреднения по модели периодических сред.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Перечислить основные типы армирующих волокон и дать характеристику их свойствам
2. Перечислить основные типы матричных материалов и дать характеристику их свойствам
3. Сформулировать основные достоинства и недостатки композиционных материалов, армированных волокнами
4. Сформулировать основные условия введения эффективных свойств
5. Назвать три типа решений задачи определения эффективных свойств
6. Сформулируйте алгоритм вычисления эффективных жесткостей прямым методом
7. Сформулируйте алгоритм вычисления эффективных жесткостей энергетическим методом
8. Сравните результаты вычисления объемного модуля по полидисперсной модели, модели Хилла и трехфазной модели Кристенсена
9. Характеризуйте «ширину» вилки Фойгта-Рейса и Вилки Хашина-Штрикмана.
10. Дайте оценку самосогласованной модели Будянски
11. Сформулируйте основные особенности решения задач для анизотропной среды
12. Сформулируйте функционал Лагранжа для балки Тимошенко
13. Сравните модели изгиба слоистых структур
14. Сформулируйте набор базовых экспериментов для полиномиального критерия предельного состояния ортотропной среды в осях ортотропии в случае плоского напряженного состояния
15. Сформулируйте набор базовых экспериментов для полиномиального критерия предельного состояния ортотропной среды в произвольных осях в случае плоского напряженного состояния.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-4

1. Сформулируйте граничные условия для задач на ячейке периодичности в случае задания средней деформации растяжения-сжатия.
2. Сформулируйте граничные условия для задач на ячейке периодичности в случае задания средней деформации чистого сдвига.
3. Сформулируйте основные особенности решения задач для анизотропной среды методом конечных элементов (на примере ANSYS).
4. Реализация моделей изгиба слоистых структур (на примере ANSYS)
5. Реализация критериев предельного состояния для композитов (на примере ANSYS)

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.

Оценка	Критерии оценивания
	Допущено несколько негрубых ошибок.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Кристенсен Ричард М. Введение в механику композитов / пер. с англ. А. И. Бейля, Н. П. Жмудя ; под ред. Ю. М. Тарнопольского. - М. : Мир, 1982. - 334 с. : ил. - 3.10., 4 экз.
2. Носов В. В. Механика композиционных материалов. Лабораторные работы и практические занятия / Носов В. В. - 2-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 240 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-1496-3., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=799933&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Фудзии Т. Механика разрушения композиционных материалов / пер. с яп. С. Л. Масленникова ; под ред. В. И. Бурлаева. - М. : Мир, 1982. - 232 с. : ил. - 1.40., 2 экз.
2. Победря Борис Ефимович. Механика композиционных материалов : [учеб. пособие для ун-тов по специальности "Механика"]. - М. : Изд-во МГУ, 1984. - 336 с. : ил. - 0.90., 3 экз.
3. Бахвалов Николай Сергеевич. Осреднение процессов в периодических средах : мат. задачи механики композиц. материалов. - М. : Наука, 1984. - 352 с. : ил. - 4.20., 2 экз.
4. Брытков Е. В. Механика композиционных материалов / Брытков Е. В. - Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2021. - 66 с. - Книга из коллекции БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова - Инженерно-технические науки., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=801628&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/solid.htm>
2. Научно-образовательный центр при МИАН - <http://www.mi.ras.ru/>
3. Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ - <http://lib.mexmat.ru/>
4. электронная библиотека - <http://www.hi-edu.ru>
5. электронная библиотека - <http://www.hi-edu.ru>
6. электронные поисковые системы Yandex, Google и т.д.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Мультимедийная техника (проектор, экран)

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.04.03 - Механика и математическое моделирование.

Автор(ы): Леонтьев Николай Васильевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник.

Заведующий кафедрой: Игумнов Леонид Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.