

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Механика композиционных материалов

Уровень высшего образования

Специалитет

Направление подготовки / специальность

01.05.01 - Фундаментальные математика и механика

Направленность образовательной программы

Фундаментальная механика и приложения

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.09.01 Механика композиционных материалов относится к части, формируемой участниками образовательных отношений 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
ПК-6: Владение навыками самостоятельного анализа поставленной задачи, выбора корректного метода ее решения, построения алгоритма и его реализации	ПК-6.1: Умеет самостоятельно анализировать задачу, выбирать методы решения, создавать алгоритм решения и реализовывать его ПК-6.2: Владеет навыками решения практических задач, анализа результатов решения	ПК-6.1: Уметь самостоятельно анализировать задачу, выбирать методы решения, создавать алгоритм решения и реализовывать его в задачах механики композиционных материалов ПК-6.2: Владеть навыками решения практических задач, анализа результатов решения в области механики композиционных материалов	Задачи Задания Доклад	Экзамен: Контрольные вопросы Задания

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	2
самостоятельная работа	38
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

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 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Введение. Классификация КМ. Основные типы армирующих и матричных материалов и их свойства.	8	2	2	4	4
Микромеханика. Эффективные свойства композиционных материалов	16	4	4	8	8
Методы определения эффективных свойств композитов, армированных непрерывными волокнами.	17	4	4	8	9
Макромеханика. Особенности краевых задач для композиционных материалов.	17	4	4	8	9
Критерии прочности композиционных материалов.	12	2	2	4	8
Аттестация	36				
КСР	2				2
Итого	108	16	16	34	38

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)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-6:

Сформулируйте граничные условия для задач на ячейке периодичности в случае задания

1. 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 в ANSYS.
4. Реализация моделей изгиба слоистых структур в ANSYS
5. Реализация критериев предельного состояния для композитов в ANSYS

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-6:

Консольная балка с поперечным сечением в виде неравнобокого уголка (размеры сечения заданы) состоит из материала с следующими упругими характеристиками материала: $E_x = 1.53 \cdot 10^4 \frac{KN}{cm^2}$, $E_y = 1.09 \cdot 10^4 \frac{KN}{cm^2}$.

$G_{xy} = 560 \frac{KN}{cm^2}$, $\nu_{xy} = 0.30$, $\nu_{yx} = 0.021$. На свободный конец балки действует сосредоточенная сила $F = 4.5 \text{ КН}$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Доклад) для оценки сформированности компетенции ПК-6:

1. Конечные элементы ANSYS для анализа сплошных композитных сред
2. Конечные элементы ANSYS для анализа тонкостенных композитных пластин и оболочек
3. Конечные элементы ANSYS для анализа композитных балок
4. Сравнение конечных элементов, предназначенных для анализа тонкостенных композитных конструкций
5. Специализированный пре и пост процессор ANSYS для анализа конструкций из композитов
6. Применение МКЭ для решения задачи осреднения по модели периодических сред

Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад)

Оценка	Критерии оценивания
	Качество доклада: производит выдающееся впечатление, сопровождается иллюстративным материалом; автор представил демонстрационный материал и прекрасно в нем ориентировался; отражены общемировые тенденции развития данной области, обсуждены дискуссионные вопросы, проведен анализ имеющихся гипотез и теорий; проведен полный сравнительный анализ и синтез материала, сделаны собственные выводы и рекомендации; отвечает на вопросы; показано владение специальным аппаратом; выводы полностью характеризуют работу
	Качество доклада: производит выдающееся впечатление, сопровождается иллюстративным материалом; автор представил демонстрационный материал и прекрасно в нем ориентировался; отвечает на вопросы; показано владение специальным аппаратом; выводы полностью характеризуют работу
	Качество доклада: производит хорошее впечатление, сопровождается иллюстративным материалом; автор представил демонстрационный материал и прекрасно в нем ориентировался; отвечает на вопросы; показано владение специальным аппаратом; выводы полностью характеризуют работу, допущено несколько неточностей
	Качество доклада: четко выстроен; демонстрационный материал использовался в докладе, хорошо оформлен, но есть неточности; отвечает на вопросы с неточностями; показано

Оценка	Критерии оценивания
	владение специальным аппаратом; выводы не полностью характеризуют работу
	Качество доклада: рассказывается, но не объясняется суть работы; демонстрационный материал был оформлен плохо, неграмотно; отвечает не на все вопросы; показано неполное владение специальным аппаратом; выводы нечетко характеризуют работу
	Качество доклада: зачитывается; представленный демонстрационный материал не использовался докладчиком; не отвечает на вопросы; владение специальным аппаратом отсутствует; выводы имеются, но не доказаны
	Качество доклада: отсутствует структура, содержание не соответствует требованиям, не проведен анализ, отсутствуют выводы, отказывается от ответа

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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными недочетами, выполнены	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

				недочетами		ы все задания в полном объеме	
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных 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 ПК-6

1. Композиционные материалы. Определение, классификация, основные механические характеристики.
2. Основные типы армирующих волокон, их механические свойства.
3. Основные типы матричных материалов, их механические свойства.

4. Эффективные свойства композиционных материалов. Прямой и энергетический методы определения эффективных свойств. Микро- и макро механика.
5. Полидисперсная модель (модель составных сфер) для определения эффективных свойств макроскопически изотропной среды.
6. Решение Хилла для определения объемного модуля макроскопически изотропного композита с произвольной геометрией включений.
7. Вариационные оценки Фойгта-Рейса для эффективных свойств макроскопически изотропного композита.
8. Вариационные оценки Хашина-Штрикмана для эффективных свойств макроскопически изотропного композита. Схема получения оценок.
9. Самосогласованная и обобщенная самосогласованная (трехфазная) модели для определения эффективных свойств макроскопически изотропного композита.
10. Упругие свойства макроскопически трансверсально изотропного композита. Матрица жесткостей, матрица податливостей, технические константы, границы изменения коэффициентов Пуассона.
11. Полидисперсная модель (модель составных цилиндров) для определения эффективных упругих свойств макроскопически трансверсально изотропного волокнистого однонаправленного композита.
12. Модель периодической среды для определения эффективных упругих свойств волокнистого однонаправленного композита. Постановка задач на ячейке периодичности.
13. Задачи макромеханики конструкций из композитов. Особенности теоретических и экспериментальных исследований деформирования и прочности конструкций из композитов.
14. Уточненные модели изгиба тонкостенных конструкций из композитов. Модель С.П. Тимошенко для изгиба балок.
15. Подходы к расчету слоистых композиционных структур.
16. Предельные состояния композиционных материалов. Критерий Мизеса-Хилла. Тензорный полиномиальный критерий, его возможные упрощения.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

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

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

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-6

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. В чем состоит преимущество энергетического метода
9. Сравните результаты вычисления объемного модуля по полидисперсной модели, модели Хилла и трехфазной модели Кристенсена
10. Характеризуйте «ширину» вилки Фойгта-Рейса и Вилки Хашина-Штрикмана.
11. Дайте оценку самосогласованной модели Будянки.
12. Сформулируйте основные особенности решения задач для анизотропной среды
13. Сформулируйте функционал Лагранжа для балки Тимошенко.
14. Сравните модели изгиба слоистых структур
15. Сформулируйте набор базовых экспериментов для полиномиального критерия предельного состояния ортотропной среды в осях ортотропии
16. Сформулируйте набор базовых экспериментов для полиномиального критерия предельного состояния ортотропной среды в осях ортотропии
17. Сформулируйте набор базовых экспериментов для полиномиального критерия предельного состояния ортотропной среды в произвольных осях

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок

Оценка	Критерии оценивания
	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок
	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки
	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 специальности 01.05.01 - Фундаментальные математика и механика.

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 13.12.2023, протокол № 3.