

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

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

2024 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 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, армированных непрерывными волокнами.	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)

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

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции УК-3:

1. Показатели качества материалов: удельная и абсолютная прочность, удельная и абсолютная жесткость.
2. Тенденции развития традиционных материалов в XX столетии.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

1. Определение КМ.
2. Примеры композитов в истории человечества.
3. Природные композиты.
4. Показатели качества материалов: удельная и абсолютная прочность, удельная и абсолютная жесткость.
5. Матрица и включения.
6. Тенденции развития традиционных материалов в XX столетии.
7. Классификация по форме и расположению включений.
8. Основные типы армирующих волокон.
9. «Однородные» граничные условия в перемещениях.
10. «Однородные» граничные условия в напряжениях.
11. Статистически однородные поля напряжений и деформаций.
12. Постулат теории неоднородных сред Хашина.
13. Определение эффективных свойств композиционного материала – прямой метод .
14. Техника определения эффективных свойств прямым методом. Шесть независимых напряженных или деформированных состояний.
15. Симметричность эффективного тензора жесткостей и податливостей.
16. Определение эффективных свойств композиционного материала – энергетический метод.
17. Техника определения эффективных свойств энергетическим методом.
18. Показать, что напряжения, полученные с помощью предлагаемого представления перемещений, являются истинными.
19. Оценить «размах» вилки Фойгта-Рейса.
20. Оценить «размах» вилки Хашина-Штрикмана.
21. Основные ограничения вилок.
22. Получить вилку Хашина-Штрикмана с помощью метода упрочнения Хилла.
23. Решение Эшелби для однородного эллипсоида в бесконечной однородной среде.
24. Геометрическая модель композита в трехфазной модели Кристенсена.
25. Почему значение эффективного объемного модуля по полидисперсной и трехфазной моделям совпадают?
26. Периодические среды. Ячейка периодичности. Виды упаковок.

27. Условия на границах ЯП для задач растяжения-сжатия.
28. Условия на границах ЯП для задач сдвига.
29. Матрица жесткостей трансверсально изотропной среды. Количество независимых параметров.
30. Определение технических констант трансверсально изотропной среды.
31. Простейшие задачи анизотропной упругости: кручение стержней.
32. Принцип Сен-Венана для композитов.
33. Модель балки Тимошенко для учета деформаций поперечного сдвига.
34. Коэффициент сдвига. Варианты определения.
35. Преобразование упругих характеристик однонаправленного материала при повороте системы координат.
36. Упругие характеристики многослойных композитов при плоском напряжённом состоянии. Квази изотропные структуры.
37. Уточненная теории слоистых пластин.
38. Кромочные эффекты.
39. Феноменологический и структурный подходы к построению критерия прочности.
40. Критерий Мизеса-Хилла. Критика.
41. Упрощения ТПК для плоского напряженного состояния и ортотропии в осях образца.
Эксперименты для определения констант.
42. Упрощения ТПК для плоского напряженного состояния и ортотропии в произвольных осях.
Эксперименты для определения констант.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ОПК-4:

1. Сравнительный анализ свойств армирующих волокон.
2. Основные типы матричных материалов.
3. Сравнительный анализ свойств матричных материалов.
4. Свойства основных типов композиционных материалов.
5. Постановка задачи теории упругости для кусочно-неоднородной среды.
6. Условия на границе раздела фаз.
7. Понятие представительного объема (ПЭО).
8. Статистически однородная среда.
9. Возможность построения двухсторонних оценок (вилкок) для эффективных свойств на основе энергетического метода.
10. Уравнений деформирования микroneоднородной среды с эффективными свойствами. Теория эффективного модуля.
11. Три группы методов определения эффективных свойств сред.
12. Геометрическая модель композита в полидисперсной модели Хашина.
13. Переход от эффективных свойств одной составной сферы к эффективным свойствам ПЭО.
14. Почему не удастся получить решение для эффективного модуля сдвига с помощью полидисперсной модели.
15. Постановка задачи для неоднородных сред с одинаковыми модулями сдвига.
16. Вспомогательная задача о гравитационном потенциале.
17. Границы изменения коэффициентов Пуассона для трансверсально изотропной среды.
18. Полидисперсная модель для трансверсально изотропной среды. Какие константы можно определить.
19. Определение продольно-поперечных модулей сдвига. Задача об антиплоской деформации (Альманси).
20. Постановка задачи анизотропной теории упругости.
21. Простейшие задачи анизотропной упругости: растяжение.
22. Простейшие задачи анизотропной упругости: чистый изгиб.

23. Классическая теория слоистых пластин.
24. Модель трехслойной панели с легким заполнителем.
25. Тензорный полиномиальный критерий (ТПК) предельного состояния КМ.
26. Поверхность прочности для графито-эпоксидного композита.

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.

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Сообщение) 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.

5.1.5 Типовые задания (оценочное средство - Сообщение) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

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.

5.1.6 Типовые задания (оценочное средство - Сообщение) для оценки сформированности компетенции ОПК-4:

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 - Сообщение)

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 незначительные 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.

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор 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 незначительных 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 недочетами	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 незначительными 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 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. 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 Будянски
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.

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 в ANSYS.
4. Реализация моделей изгиба слоистых структур в ANSYS.
5. Реализация критериев предельного состояния для композитов в 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. 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 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 13.12.2023, протокол № 3.