

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

Численные методы

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

01.03.03 - Механика и математическое моделирование

Направленность образовательной программы

Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.21 Численные методы 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
ОПК-1: Способен использовать фундаментальные знания, полученные в области математических и естественных наук, в профессиональной деятельности	ОПК-1.1: Знает основы фундаментальных физико-математических дисциплин и других естественных наук. ОПК-1.2: Умеет анализировать и решать стандартные профессиональные задачи с применением фундаментальных знаний математики, физики и других естественных наук. ОПК-1.3: Владеет навыками применения фундаментальных разделов механики, базовых знаний естественнонаучного и математического.	ОПК-1.1: Знает основные положения и концепции в области математических и естественных наук, основную терминологию. ОПК-1.2: Умеет грамотно применяет вычислительные методы для нахождения численного решения задачи, в том числе при помощи ПК. Умеет находить погрешность вычисления и оценивать ее. ОПК-1.3: Владеет практическим опытом работы с решением стандартных математических задач. Умеет находить погрешность вычисления и оценивать ее циклов при решении стандартных профессиональных задач.	Задания	Зачёт: Контрольные вопросы Экзамен: Контрольные вопросы
ОПК-2: Способен применять методы математического и алгоритмического моделирования, современный математический аппарат в научно-исследовательской	ОПК-2.1: Знает основные положения, терминологию и методологию в области математического и алгоритмического моделирования. ОПК-2.2: Умеет осуществлять анализ и	ОПК-2.1: Знает погрешности основных вычислительных методов. ОПК-2.2: Умеет применять основные вычислительные методы для нахождения численного	Задания	Зачёт: Контрольные вопросы Экзамен: Контрольные вопросы

и опытно-конструкторской деятельности	выбор методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области математических и компьютерных наук. ОПК-2.3: Владеет навыками применения базовых знаний в области математического и алгоритмического моделирования, а также современный математический аппарат при решении задач профессиональной деятельности.	решения данного класса задач. ОПК-2.3: Владеет навыками применения базовых знаний в области математического и алгоритмического моделирования. Умеет применять основные вычислительные методы для нахождения численного решения данного класса задач.		
---------------------------------------	---	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	7
Часов по учебному плану	252
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	64
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	96
- КСР	3
самостоятельная работа	53
Промежуточная аттестация	36 Экзамен, Зачёт

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
Ведение в дисциплину	26	8	10	18	8
Основы теории погрешностей	26	8	10	18	8

Основы теории приближений	32	8	16	24	8
Решение нелинейных уравнений с одной переменной	35	10	16	26	9
Численные методы линейной алгебры	51	16	24	40	11
Численное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений	43	14	20	34	9
Аттестация	36				
КСР	3			3	
Итого	252	64	96	163	53

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение в дисциплину.
2. Основы теории погрешностей.
3. Основы теории приближений.
4. Решение нелинейных уравнений с одной переменной.
5. Численные методы линейной алгебры.
6. Численное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.

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.

Образовательные материалы для самостоятельной работы студентов:

- Калашников А.Л., Федоткин А.М., Фокина В.Н. Методические указания к решению задач по численному дифференцированию. Учебно-методическое пособие. Фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ, 2016. -27 с., 1127.16.06 (Электронный ресурс, <http://www.unn.ru/books/resources.html>)
- Калашников А.Л., Федоткин А.М., Фокина В.Н. Методические указания к решению задач по численному интегрированию. Учебно-методическое пособие. Фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ, 2016. -31 с., 1129.16.06 (Электронный ресурс, <http://www.unn.ru/books/resources.html>)
- Калашников А.Л., Фокина В.Н., Федоткин А.М. Методические указания к решению задач по интерполяции функций. Учебно-методическое пособие. Фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ, 2016. -35 с., 1133.16.06 (Электронный ресурс, <http://www.unn.ru/books/resources.html>)

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 ОПК-1:

ОПК-1:

Задача 1. Решить методом прогонки

$$\begin{cases} 5x_1 + x_2 = 6 \\ 2x_1 + 6x_2 - x_3 = 7 \\ x_2 + 3x_3 - x_4 = 3 \\ x_3 + 4x_4 = 5 \end{cases}$$

Задача 2. Решить методом прогонки

$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 = 4 \\ 2x_1 + 6x_2 - 3x_3 = 11 \\ x_2 + 3x_3 - x_4 = 5 \\ x_3 + 2x_4 = 1 \end{cases}$$

Задача 3. Найти интеграл с помощью формулы Симпсона с погрешностью 0,01.

$$\int_0^{\pi} \sin x dx$$

Задача 4. Найти интеграл с помощью формулы Симпсона с погрешностью 0,01.

$$\int_0^{\pi} (\sqrt{3} \sin x + \cos x) dx$$

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенций ОПК-2:

5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции

ОПК-2:

Задача 1. Решить задачу Коши для дифференциального уравнения:
 $u'' + 5u' + 4u = 0$, $u(0) = 1$, $u'(0) = -1$.

Задача 2. Решить задачу Коши для дифференциального уравнения:
 $u'' + 5u' + 6u = 0$, $u(0) = 1$, $u'(0) = -2$.

Задача 3. На отрезке $[-3;3]$ аппроксимировать кубическим сплайном функцию: $y(x) = \frac{1}{4 + 4x^2}$

Задача 4. На отрезке $[-3;3]$ аппроксимировать кубическим сплайном функцию: $y(x) = \frac{1}{1 + x^2}$

Задача 5. Написать разностную производную третьего порядка. Оценить погрешность.

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 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)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

ения компет							
<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 и 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 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 некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован 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 ОПК-1

1. Общая постановка задач вычислительной математики. Погрешность вычислений, ее составные части. Абсолютная и относительная погрешности приближенного числа.
2. Общая постановка задачи приближенного вычисления функции.
3. Интерполяционный полином Лагранжа.
4. Разделенные разности. Определение, свойства, примеры.
5. Интерполяционный полином Ньютона. Случай неравноотстоящих узлов.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

1. Конечные разности. Интерполяционные полиномы Ньютона, Гаусса, Стирлинга, Бесселя.
2. Погрешность интерполяции. Способы ее уменьшения.
3. Сходимость интерполяционного процесса. Достаточные условия сходимости.
4. Интерполяция сплайнами. Построение сплайнов 1-го, 2-го и 3-го порядков.
5. Задача численного дифференцирования. Построение формул численного дифференцирования, погрешность.
6. Задача численного интегрирования. Простейшие квадратурные формулы.
7. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса.
8. Уточнение квадратурных формул. Правило Рунге.
9. Квадратурные формулы Гаусса. Составные квадратурные формулы. Оценка погрешности.
10. Интегрирование функций многих переменных. Кубатурные формулы.
11. Метод простой итерации, обратной интерполяции, хорд, касательных решения уравнения с одной неизвестной.
12. Метод Гаусса, прогонки и квадратного корня для систем линейных алгебраических уравнений.
13. Метод простой итерации решения систем линейных алгебраических уравнений.
14. Частичная проблема собственных значений. Степенной метод.
15. Полная проблема собственных значений. QR, QL - алгоритмы.
16. Задача Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Эйлера.
17. Методы типа Рунге-Кутты. Примеры.
18. Многошаговые методы решения задачи Коши. Формулы Адамса.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

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.

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

1. Общая постановка задач вычислительной математики. Погрешность вычислений, ее составные части. Абсолютная и относительная погрешности приближенного числа.
2. Общая постановка задачи приближенного вычисления функции.
3. Интерполяционный полином Лагранжа.
4. Разделенные разности. Определение, свойства, примеры.
5. Интерполяционный полином Ньютона. Случай неравноотстоящих узлов.

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

1. Конечные разности. Интерполяционные полиномы Ньютона, Гаусса, Стирлинга, Бесселя.
2. Погрешность интерполяции. Способы ее уменьшения.
3. Сходимость интерполяционного процесса. Достаточные условия сходимости.
4. Интерполяция сплайнами. Построение сплайнов 1-го, 2-го и 3-го порядков.
5. Задача численного дифференцирования. Построение формул численного дифференцирования, погрешность.
6. Задача численного интегрирования. Простейшие квадратурные формулы.
7. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса.
8. Уточнение квадратурных формул. Правило Рунге.
9. Квадратурные формулы Гаусса. Составные квадратурные формулы. Оценка погрешности.
10. Интегрирование функций многих переменных. Кубатурные формулы.
11. Метод простой итерации, обратной интерполяции, хорд, касательных решения уравнения с одной неизвестной.
12. Метод Гаусса, прогонки и квадратного корня для систем линейных алгебраических уравнений.
13. Метод простой итерации решения систем линейных алгебраических уравнений.
14. Частичная проблема собственных значений. Степенной метод.
15. Полная проблема собственных значений. QR, QL - алгоритмы.
16. Задача Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Эйлера.
17. Методы типа Рунге-Кутты. Примеры.
18. Многошаговые методы решения задачи Коши. Формулы Адамса.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

Оценка	Критерии оценивания
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. Бахвалов Н. С. Численные методы : учеб. пособие для студентов физ.-мат. спец. вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2003. - 632 с. : ил. - (Технический университет). - ISBN 5-94774-060-5 : 165.00., 45 экз.
2. Демидович Борис Павлович. Основы вычислительной математики : [для втузов]. - Изд. 4-е, испр. - М. : Наука, 1970. - 664 с. : черт. - 0.77., 24 экз.
3. Березин Иван Семенович. Методы вычислений : [учеб. пособие для вузов]. Т. 2. - М. : Физматгиз, 1959. - 620 с. : черт. - 1.41., 40 экз.

Дополнительная литература:

1. Крылов Владимир Иванович. Вычислительные методы : [учеб. пособие для вузов]. Т. 1. - М. : Наука, 1976. - 303 с. : ил. - 0.71., 15 экз.

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

Не требуется

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими

средствами обучения, компьютерами.

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 01.03.03 - Механика и математическое моделирование.

Автор(ы): Ляхов Александр Федорович, кандидат физико-математических наук, доцент.

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

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.