

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

09.03.03 - Прикладная информатика

Направленность образовательной программы

Прикладная информатика в области обработки данных

Форма обучения

очно-заочная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.06 Численные методы 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
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1: Демонстрирует знание принципов сбора, отбора и обобщения информации, базирующихся на системном подходе. УК-1.2: Демонстрирует умение соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности. УК-1.3: Демонстрирует наличие практического опыта работы с информационными источниками, опыта научного поиска и представления научных результатов.	УК-1.1: Знать принципы сбора, отбора и обобщения информации, базирующиеся на системном подходе, основные фундаментальные понятия, модели, алгоритмы и теоретические положения курса «Численные методы анализа». Основные методы и принципы математического моделирования, численного анализа. определение погрешности вычислений и ее составные компоненты; основные понятия и факты из теории приближения функций, методы численного дифференцирования и интегрирования; способы отделения корней и методы приближенного решения нелинейных уравнений с одной переменной; методы решения задач линейной алгебры, условия сходимости итерационных процессов, основные численные методы решения практических задач. УК-1.2: Уметь соотносить разнородные явления, генерировать новые идеи при решении исследовательских и	Задачи Контрольная работа	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи Зачёт: Контрольные вопросы

		<p>практических задач, в том числе и в междисциплинарных областях. Решать конкретные профессиональные задачи. разрабатывать методы решения поставленных задач, строить алгоритмы по используемым методам; анализировать погрешности вычисления; исследовать сходимость получаемых приближений к точному решению поставленных задач; применять вычислительные методы к решению задач и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности</p> <p>УК-1.3: Иметь практический опыт работы с информационными источниками в системе Интернета, опыт научного поиска для реализации алгоритмов численных методов и основными методами научных исследований представления научных результатов.. Навыками проведения научного эксперимента, методам, алгоритмизации и реализации численных методов.</p>		
<p>ПК-9: Способен моделировать прикладные (бизнес) процессы и объекты предметной области</p>	<p>ПК-9.1: Демонстрирует знание методических основ моделирования процессов и объектов предметной области.</p> <p>ПК-9.2: Демонстрирует умение применения знаний к моделированию прикладных процессов и объектов предметной области при разработке программного обеспечения ИС.</p> <p>ПК-9.3: Имеет практический опыт моделирования процессов и</p>	<p>ПК-9.1: Знать способы методологические основы модульного и интеграционного тестирования ИС описания прикладных процессов и информационного обеспечения решения прикладных задач численных методов.</p> <p>ПК-9.2: Уметь проводить модульное и интеграционное тестирование ИС и устранять (по мере</p>	Задачи	<p>Экзамен: Контрольные вопросы</p> <p>Зачёт: Контрольные вопросы</p>

	объектов на примере конкретной предметной области.	возможности) обнаруженные несоответствия. описание прикладных процессов и информационного обеспечения решения прикладных задач численных методов. ПК-9.3: Иметь практические навыки описания прикладных процессов, тестирования ИС и информационного обеспечения решения прикладных задач численных методов.		
--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очно-заочная
Общая трудоемкость, з.е.	7
Часов по учебному плану	252
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	3
самостоятельная работа	149
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/ лабора торные работы), часы	Всего	
	0 3 Ф 0	0 3 Ф 0	0 3 Ф 0	0 3 Ф 0	0 3 Ф 0

1. Введение	19	2		2	17
2. Основы теории погрешности	23	2	4	6	17
3. Основы теории приближений	31	8	6	14	17
4. Сплайн-функция.	21	2	2	4	17
5. Методы дифференцирования и интегрирования функций.	23	2	4	6	17
6. Решение нелинейных уравнений с одной переменной.	21	2	2	4	17
7. Численные методы линейной алгебры	29	6	6	12	17
8. Численное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.	23	4	4	8	15
9. Численное решение краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.	23	4	4	8	15
Аттестация	36				
КСР	3			3	
Итого	252	32	32	67	149

Содержание разделов и тем дисциплины

5 семестр

1. Введение

Предмет дисциплины. Классификация задач вычислительной математики. Обзор основных разделов курса. Некоторые вопросы истории предмета и примеры.

2. Основы теории погрешности

Понятие абсолютной и относительной погрешностей действительного числа, правила округления приближённого числа.. Погрешность вычислений. Основные ее компоненты.

3. Основы теории приближений

Общая постановка задачи приближения

Задача интерполяции и экстраполяции Наилучшее среднее квадратичное приближение..

Интерполяция с неравноотстоящими узлами, Интерполяционный полином Лагранжа, погрешность интерполяции. Разделенные разности, определение,

свойства, интерполяционный полином Ньютона (вперед, назад). Интерполяция с равноотстоящими узлами. Конечные разности. Определение. Основные свойства. Интерполяционные полиномы Лагранжа, Ньютона, Гаусса, Стирлинга, Бесселя. Уменьшение погрешности интерполирования. Достаточные условия сходимости интерполяционного процесса.

4. Сплайн-функция.

Определение. Свойства. Построение интерполяционного сплайна 3-го порядка. Погрешность приближения. Наилучшие среднеквадратичные приближения. Полиномы Чебышева.

5. Методы дифференцирования и интегрирования функций.

Численное дифференцирование и её некорректность задачи численного дифференцирования. Численное интегрирование. Формулы Ньютона-Котеса. Квадратурные формулы Гаусса. Погрешность формул. интегрирование функций многих переменных

6 семестр

6. Решение нелинейных уравнений с одной переменной.

Постановка задачи отыскания решения нелинейного уравнения с одной переменной. Отделение корней. Итерационные методы деления отрезка пополам, хорд и касательных, простой итерации.

7. Численные методы линейной алгебры.

Решение линейных систем уравнений. Точные

методы. Методы Гаусса, квадратного корня Итерационные методы. Методы простой итерации, Зейделя.

Сходимость. .Полная и частичная проблемы собственных значений и векторов. Степенной метод. QR-,

QL-алгоритмы, метод вращений.

8. Численное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.

Методы Эйлера, Рунге-Кутты, Погрешность одношаговых методов. Многошаговые методы. Формулы Адамса.

9. Численное решение краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.

Разностные методы. Аппроксимация операторов. Сходимость. Вариационно-проекционные методы (Галеркина, Ритца, наименьших квадратов).

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.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "Численные методы (ПрИнф)" (<https://e-learning.unn.ru/enrol/index.php?id=6873>).

Иные учебно-методические материалы: 1. Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М -

Численные методы: учеб. пособие для студентов физ.-мат. спец. вузов. - М.: Бином.

Лаборатория знаний, 2003.- 632 с. (37 экз. в библ.ННГУ)

2. Демидович Б. П., Марон И. А. - Основы вычислительной математики: [для вузов]. - М.: Наука, 1970. - 664 с. (23 экз в библ.ННГУ)

3. Березин И. С., Жидков Н. П. - Методы вычислений: [учеб. пособие для вузов]. Т. 2. - М.: Физматгиз, 1959. - 620 с. (26 экз в библ.ННГУ)

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 УК-1:

Задача 1. Дана таблица значений функции:

x	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22
y	6,27	6,405	6,487	6,505	6,436	6,259

Найти приближенно $f(x)$ при $x = 0,168$, используя интерполяцию

Задача 2. По таблице функции найти значение \bar{X} для которого $\bar{Y} = 0$.

x	1	2	2,5	3
y	-6	-1	5,625	16

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-9:

Задача 1. Зная $\sin x$ при $x = 0, \frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{3}, \frac{\pi}{2}$, найти $\sin x$ при $x = \frac{\pi}{12}$.

Задача 2. Даны значения $Lg x$: $Lg 340 = 2,531$; $Lg 350 = 2,544$; $Lg 360 = 2,556$; $Lg 370 = 2,568$. Найти $Lg 345$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Результаты работы представлены преподавателю в срок.
не зачтено	Выполнены не все практические задания или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, получен неверный ответ, результаты работы не представлены преподавателю).

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции УК-1:

Задание 1. Для $f(x) = \cos \frac{\pi}{12} x$ построить интерполяционный полином, выбрав узлы

$x_0 = 0, x_1 = 1, x_2 = 2, x_3 = 3$. Вычислить $\cos \frac{\pi}{10}$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Студент получил верный ответ во всех заданиях. При этом студент продемонстрировал знание дополнительного материала.
отлично	Студент получил верный ответ во всех заданиях.
очень хорошо	Студент получил верный ответ в большинстве заданий.
хорошо	Студент решил большую часть задач с незначительными недочетами.
удовлетворительно	Студент решил большую часть задач с существенными недочетами.
неудовлетворительно	Студент допускает грубые ошибки в решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач.

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 отдельным 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 некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и 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 УК-1

Интегрирование функций многих переменных. Кубатурные формулы.

Метод простой итерации, обратной интерполяции, хорд, касательных решения уравнения с одной неизвестной.

Метод Гаусса, прогонки и квадратного корня для систем линейных алгебраических уравнений.

Метод простой итерации решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод Зейделя.

Частичная проблема собственных значений. Степенной метод..

Полная проблема собственных значений. Методы QR, QL и вращений.

Задача Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Эйлера.

Методы типа Рунге-Кутты. Примеры.

Многошаговые методы решения задачи Коши. Формулы Адамса

Вариационно-проекционные методы Галёркина, Ритца и наименьших квадратов.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-9

Общая постановка задач вычислительной математики. Погрешность вычислений, ее составные части. Абсолютная и относительная погрешности приближенного числа.

Общая постановка задачи приближенного вычисления функции. Интерполяционный полином Лагранжа.
Разделенные разности. Определение, свойства, примеры. Интерполяционный полином Ньютона. Случай неравноотстоящих узлов.
Конечные разности. Интерполяционные полиномы Ньютона, Гаусса, Стирлинга, Бесселя.
Погрешность интерполяции. Способы ее уменьшения. Сходимость интерполяционного процесса. Достаточные условия сходимости.
Интерполяция сплайнами. Построение сплайнов 1-го, 2-го и 3-го порядков..
Задача численного дифференцирования. Построение формул численного дифференцирования, погрешность.
Задача численного интегрирования. Простейшие квадратурные формулы. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. .
Уточнение квадратурных формул. Правило Рунге.
Квадратурные формулы Гаусса. Составные квадратурные формулы. Оценка погрешности.

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Студент дал развернутый ответ на все вопросы и при этом продемонстрировал знание дополнительного материала.
отлично	Студент дал развернутый ответ на все вопросы.
очень хорошо	Студент дал ответ на все вопросы, возможно с незначительными недочетами.
хорошо	Студент ответил на большую часть вопросов с незначительными недочетами.
удовлетворительно	Студент ответил на большую часть вопросов с существенными недочетами.
неудовлетворительно	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач.

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

Погрешность интерполяции. Способы ее уменьшения.

Сходимость интерполяционного процесса. Достаточные условия сходимости.

Интерполяция сплайнами. Построение сплайнов 1-го, 2-го и 3-го порядков..

Задача численного дифференцирования. Построение формул численного дифференцирования, погрешность. Некорректность численного дифференцирования.

Задача численного интегрирования. Простейшие квадратурные формулы.

Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. .

Уточнение квадратурных формул. Правило Рунге.

Квадратурные формулы Гаусса. Составные квадратурные формулы. Оценка погрешности.

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

Основная литература:

1. Бахвалов Николай Сергеевич. Численные методы : учеб. пособие для студентов физ.-мат. специальностей вузов / МГУ им. М. В. Ломоносова. - 5-е изд. - М. : Бинوم. Лаборатория знаний, 2007. - 636 с. : ил. - (Классический университетский учебник : осн. в 2002 г. / ред. совет: В. А. Садовничий (пред.) [и др.]). - На тит. л.: Посвящается 250-летию МГУ им. М. В. Ломоносова. - ISBN 5-94774-620-4 : 240.00., 20 экз.
2. Демидович Б. П. Основы вычислительной математики / Демидович Б. П., Марон И. А. - 8-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 672 с. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-0695-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=799742&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Численные методы : Учебное пособие. Направление подготовки 02.03.01 Математика и компьютерные науки: Профиль подготовки " Вычислительные, программные информационные системы и компьютерные технологии". Бакалавриат. Ч. 2. Численные методы: Ч. 2 / Корнеев П. К., Тарасенко Е. О., Гладков А. В., Дерябин М. А. - Ставрополь : СКФУ, 2018. - 107 с. - Книга из коллекции СКФУ - Математика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?>

Action=FindDocs&ids=860709&idb=0.

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

EqWorld. Мир математических уравнений / Разработчик – А. Д. Полянин. – М.: ИПМ РАН, 2004-2014. Электронный ресурс, содержащий электронные версии книг в свободном доступе
<http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

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

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 09.03.03 - Прикладная информатика.

Автор(ы): Эгамов Альберт Исмаилович, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Калинин Алексей Вячеславович, доктор физико-математических наук.

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