

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
№13 от 30.11.2022 г.

**Рабочая программа дисциплины
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

09.03.03 Прикладная информатика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Прикладная информатика в области обработки данных

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очно-заочная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород
2023

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

| № варианта | Место дисциплины в учебном плане образовательной программы | Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД |
|------------|---|--|
| 2 | Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений | Дисциплина Б1.В.06 «Численные методы» относится к части ООП направления подготовки 09.03.03 Прикладная информатика, формируемой участниками образовательных отношений. |

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** | |
| 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. | 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. | Собеседование |
| | УК-1.2. Демонстрирует умение соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности. | Уметь соотносить разнородные явления, генерировать новые идеи при решении исследовательских и 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 | Задача |

| | | | |
|--|--|---|---------------|
| | | деятельности | |
| | УК-1.3. Демонстрирует наличие практического опыта работы с информационными источниками, опыта научного поиска и представления научных результатов. | 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. | Задача |
| ПК-9. Способен моделировать прикладные (бизнес) процессы и объекты предметной области | ПК-9.1. Демонстрирует знание методических основ моделирования процессов и объектов предметной области. | Знать способы методологические основы модульного и интеграционного тестирования ИС описания прикладных процессов и информационного обеспечения решения прикладных задач численных методов. | Собеседование |
| | ПК-9.2. Демонстрирует умение применения знаний к моделированию прикладных процессов и объектов предметной области при разработке программного обеспечения ИС. | Уметь проводить модульное и интеграционное тестирование ИС и устранять (по мере возможности) обнаруженные несоответствия. описание прикладных процессов и информационного обеспечения решения прикладных задач численных методов. | Задача |
| | ПК-9.3. Имеет практический опыт моделирования процессов и объектов на примере конкретной предметной области. | Иметь практические навыки описания прикладных процессов, тестирования ИС и информационного обеспечения решения прикладных задач численных методов. | Задача |

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

| | |
|---|------------------------------------|
| | Очно-заочная форма обучения |
| Общая трудоемкость | 7 ЗЕТ |
| Часов по учебному плану | 252 часа |
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | 67 часов |
| - занятия лекционного типа | 32 часов |
| - занятия семинарского типа | 32 часов |
| - занятия лабораторного типа | - |
| - текущий контроль (КСР) | 3 часа |
| самостоятельная работа | 149 часов |
| Промежуточная аттестация – экзамен/зачет | 36 часов |

3.2. Содержание дисциплин

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины | Всего (часы) | В том числе | |
|---|--------------|---|--------|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы | из них |

| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Всего | Самостоя тельная работа обучающ егося, часы |
|---|-----|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------|--|
| 1. Введение Предмет дисциплины. Классификация задач вычислительной математики. Обзор основных разделов курса. Некоторые вопросы истории предмета и примеры. | 19 | 2 | | | 2 | 17 |
| 2. Основы теории погрешности Понятие абсолютной и относительной погрешностей действительного числа, правила округления приближённого числа.. Погрешность вычислений. Основные ее компоненты. | 23 | 2 | 4 | | 6 | 17 |
| 3. Основы теории приближений Общая постановка задачи приближения Задача интерполяции и экстраполяции Наилучшее среднеквадратичное 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. | 31 | 8 | 6 | | 14 | 17 |
| 4. Сплайн-функция. Определение. Свойства. Построение интерполяционного сплайна 3-го порядка. Погрешность приближения. Наилучшие среднеквадратичные приближения. Полиномы Чебышева. | 11 | 2 | 2 | | 4 | 7 |
| 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 | 23 | 2 | 4 | | 6 | 17 |
| Текущий контроль КСР | 1 | | | | 1 | |
| Промежуточная аттестация – зачет | | | | | | |
| Итого в 5 семестре | 108 | 16 | 16 | | 33 | 75 |
| 6. Решение нелинейных уравнений с одной переменной. Постановка задачи отыскания решения нелинейного уравнения с одной переменной. Отделение корней. Итерационные методы деление отрезка пополам, хорд и касательных, простой итерации. | 18 | 2 | 2 | | 4 | 14 |
| 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. | 32 | 6 | 6 | | 12 | 20 |

| | | | | | | |
|--|------------|-----------|-----------|--|-----------|------------|
| 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. | 28 | 4 | 4 | | 8 | 20 |
| 9. Численное решение краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Разностные методы. Аппроксимация операторов. Сходимость. Вариационно-проекционные методы (Галеркина, Ритца, наименьших квадратов). | 28 | 4 | 4 | | 8 | 20 |
| Текущий контроль КСР | 2 | | | | 2 | |
| Промежуточная аттестация – экзамен | 36 | | | | | |
| Итого в 6 семестре | 180 | 16 | 16 | | 34 | 74 |
| Итого | 252 | 32 | 32 | | 67 | 149 |

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционных форме зачёта и экзамена, включающий выполнение практических заданий (возможно наряду с традиционными ответами на вопросы по программе дисциплины)

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

4.1 Виды самостоятельной работы студентов, порядок их выполнения и контроля, приводится учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы по ее отдельным видам и разделам дисциплины:

- проработка теоретического материала лекционных занятий;
- подготовка к выполнению практических работ;
- подготовка к промежуточной аттестации

4.1.1. Проработка теоретического материала лекционных занятий

Выполняется самостоятельно с использованием лекционных материалов, методических образовательных материалов. Контроль выполняется в форме проведения устного опроса по понятиям, фактам, формулировкам, выполняемого на практических занятиях.

4.1.2. Выполнение домашних практических заданий.

1. Домашние задания выдаются на основе методических образовательных материалов Демидович Б. П., Марон И. А. - Основы вычислительной математики: - М.: Наука, 1970. - 664 с. (23 экз в библ.ННГУ) Проверка выполнения домашних заданий проводится в начале каждого практического занятия. Используется выборочная проверка выполнения заданий у двух-трех человек из группы и проверка в форме коллективного обсуждения у доски результатов выполнения отдельных заданий одним или двумя студентами.

4.1.3. Подготовка к промежуточной аттестации в форме зачёта и экзамена

В качестве методических материалов при подготовке к зачёту и экзамену рекомендуется использовать собственные конспекты лекций, методические материалы в электронной форме, размещенные в Фонде образовательных электронных ресурсов ННГУ, а также источники, рекомендованные в списке литературы раздела 6.

4.2 Учебно-методические материалы для самостоятельной работы студентов,

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 библиот. ННГУ)
2. Демидович Б. П., Марон И. А. - Основы вычислительной математики: [для вузов]. - М.: Наука, 1970. - 664 с. (23 экз в библиот. ННГУ)
3. Березин И. С., Жидков Н. П. - Методы вычислений: [учеб. пособие для вузов]. Т. 2. - М.: Физматгиз, 1959. - 620 с. (26 экз в библиот. ННГУ)

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине,

включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

(при использовании традиционных форм аттестации (зачет, экзамен) шкалы оценивания могут быть «зачет-незачет», «зачет с оценкой», «оценка» по семибалльной и пятибалльной шкалам).

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | Шкала оценивания сформированности компетенций | | | | | | |
|--|--|--|--|---|---|--|---|
| | плохо | неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | очень хорошо | отлично | превосходно |
| | Не зачтено | | зачтено | | | | |
| <u>Знания</u> УК 1.1. ПК 2.1 | 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, без ошибок. | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |
| <u>Умения</u> УК 1.2.: ПК 1.2 | 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 незначительными 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> УК 1.3.: | Отсутствие | При решении стандартных | Имеется минимальны | Продemonстрированы | Продemonстрированы | Продemonстрированы | Продemonстрирован |

| | | | | | | | |
|--------|---|---|--|--|--|--|---|
| ПК 1.3 | владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. | Шкала оценки при промежуточной аттестации навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами | базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами | базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. | навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. | творческий подход к решению нестандартных задач |
|--------|---|---|--|--|--|--|---|

Шкала оценки при промежуточной аттестации

| Оценка | | Уровень подготовки |
|------------|---------------------|--|
| зачтено | Превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно» |
| | Отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» |
| | Очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо» |
| | Хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» |
| | Плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1 Контрольные вопросы

| вопросы | Код формируемой компетенции) |
|--|------------------------------|
| 1. Общая постановка задач вычислительной математики. Погрешность вычислений, ее составные части. Абсолютная и относительная погрешности приближенного числа. | УК-1, ПК-9 |
| 2. Общая постановка задачи приближенного вычисления функции. Интерполяционный полином Лагранжа. | УК-1, ПК-9 |
| 3. Разделенные разности. Определение, свойства, примеры. | УК-1, ПК-9 |

| | |
|---|-------------|
| Интерполяционный полином Ньютона. Случай неравноотстоящих узлов. | |
| 4. Конечные разности. Интерполяционные полиномы Ньютона, Гаусса, Стирлинга, Бесселя. | УК-1, ПК-9 |
| 5. Погрешность интерполяции. Способы ее уменьшения. Сходимость интерполяционного процесса. Достаточные условия сходимости. | УК-1, ПК-9 |
| 6. Интерполяция сплайнами. Построение сплайнов 1-го, 2-го и 3-го порядков.. | УК-1, ПК-9 |
| 7. Задача численного дифференцирования. Построение формул численного дифференцирования, погрешность. Некорректность численного дифференцирования. | УК-1, ПК-9 |
| 8. Задача численного интегрирования. Простейшие квадратурные формулы. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. . | УК-1, ПК-9 |
| 9. Уточнение квадратурных формул. Правило Рунге. | УК-1, ПК-9 |
| 10. Квадратурные формулы Гаусса. Составные квадратурные формулы. Оценка погрешности. | УК-1, ПК-9 |
| 11. Интегрирование функций многих переменных. Кубатурные формулы. | УК-1, ПК-9 |
| 12. Метод простой итерации, обратной интерполяции, хорд, касательных решения уравнения с одной неизвестной | УК-1, ПК-9 |
| 13. Метод Гаусса, прогонки и квадратного корня для систем линейных алгебраических уравнений. | УК-1, ПК-9 |
| 14. Метод простой итерации решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод Зейделя. | УК-1, ПК-9 |
| 15. Частичная проблема собственных значений. Степенной метод.. | УК-1, ПК-9 |
| 16. Полная проблема собственных значений. Методы QR, QL и вращений | УК-1, ПК-9 |
| 17. Задача Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Эйлера | УК-1, ПК-91 |

5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенций УК-1, 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 $Lg 345$.

Задача 3. Для функции $f(x) = \cos \frac{\pi}{12} x$ построить интерполяционный полином,

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

Задача 4. 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 5. По таблице функции найти значение \bar{X} для которого $\bar{Y} = 0$.

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

Задача 6. Решить $x \ln x - 1 = 0$, применяя обратное интерполирование, используя таблицу значений $\ln x$ на $[1,6; 1,9]$ и перемены знака функции $f(x) = x \ln x - 1$ на таблице

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| x | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.9 |
|-----|-----|-----|-----|-----|

| | | | | |
|-----|----------|----------|---------|---------|
| y | -0,24799 | -0.09793 | 0.05801 | 0,21952 |
|-----|----------|----------|---------|---------|

.Задача 7 Для таблицы значений chx найти приближенно $ch0.32$.

| | | | | | |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|
| x | 0.30 | 0.35 | 0.45 | 0.50 | 0.55 |
| chx | 1.04534 | 1.06188 | 1.10297 | 1.12763 | 1.15510 |

Задача 8. Построить методом наименьших квадратов полином 1-ой степени по данным:

| | | | | | |
|-----|----|------|---|-----|------|
| x | -1 | -0.4 | 0 | 0.5 | 1 |
| y | -2 | -1 | 0 | 1.2 | 2.05 |

Задача 9..Для сетки узлов $x_0 = 0$, $x_1 = 0.2$, $x_2 = 0.4$, $x_3 = 0.6$, $x_4 = 0.8$, $x_5 = 1$ и функции $f(x) = (1+x)^{-1}$ построить многочлены 1-ой степени методом

наименьших квадратов и сравнить его значение со значениями в узлах.

Задача 10 Построить наименьшими квадратами многочлены 1-ой степени при

| | | | | | |
|-----|---|---|----|----|-----|
| x | 0 | 1 | 3 | 4 | 4.5 |
| y | 1 | 2 | 10 | 17 | 21 |

Задача 11. Построить сплайн 1-ого, порядков. Найти $S(x)$ при $x = 0.5$; $x = 3.5$.

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| x | 0 | 2 | 4 |
| y | 1.5 | 2.3 | 3.4 |

Задача 12.Для $n = 4$ вычислить по формуле трапеций $J = \int_{-1}^3 (2+x)^{-1} dx$.

Задача 13.Для $n = 4$ вычислить по формуле Симпсона $J = \int_{-1}^3 (2+x)^{-1} dx$,

Задача 14. Найти приближённо y' при $x = 2$ для $y = \sqrt{x}$ по таблице разностей:

| | | | |
|------|-----|------|-------|
| x | y | 1-ая | 2-ая |
| 1,69 | 1,3 | 0,37 | -0,05 |
| 1,96 | 1,4 | 0,34 | |
| 2,25 | 1,5 | | |

используя многочлен Ньютона интерполирования вперёд:

$$N_2(x) = 1,3 + 0,37 \cdot (x - 1,69) - 0,05 \cdot (x - 1,69)(x - 1,96)$$

Задача 15.Дана таблица функции $y = f(x)$:

| | | | |
|-----|---|---|---|
| x | 0 | 2 | 4 |
|-----|---|---|---|

| | | | |
|---|-----|-----|-----|
| y | 1,5 | 2,3 | 3,4 |
|---|-----|-----|-----|

Требуется построить сплайн 1-го порядка и приближённо найти $f'(x)$ при $x = 0,5$.

Задача 16. Решить систему методом Гаусса

$$\begin{cases} 0,21x_1 - 0,45x_2 - 0,20x_3 = 1,97 \\ 0,30x_1 + 0,25x_2 + 0,43x_3 = 0,32 \\ 0,60x_1 - 0,35x_2 - 0,25x_3 = 1,83 \end{cases}$$

Образец экзаменационного билета

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского
Институт Информационных технологий математики и механики
Кафедра Дифференциальных уравнений, математического и численного анализа
Дисциплина Численные методы

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

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

Зав. Кафедрой _____
Экзаменатор _____

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М - Численные методы: учеб. пособие для студентов физ.-мат. спец. вузов. - М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2003.- 632 с. (37 экз. в библиот. ННГУ)
2. Демидович Б. П., Марон И. А. - Основы вычислительной математики: - М.: Наука, 1970. - 664 с. (23 экз в библиот. ННГУ)

б) дополнительная литература:

1. Березин И. С., Жидков Н. П. - Методы вычислений: [учеб. пособие для вузов]. Т. 2. - М.: Физматгиз, 1959. - 620 с. (26 экз в библиот. ННГУ)
2. Крылов В. И., Бобков В. В., Монастырский П. И. - Вычислительные методы: [учеб. пособие для вузов]. Т. 1. - М.: Наука, 1976. - 303 с. (14 экз в библиот. ННГУ)
3. Бахвалов Н. С., Лапин А. В. - Численные методы в задачах и упражнениях: учеб. пособие. - М.: Высшая школа, 2000. - 190 с. (10 экз в библиот. ННГУ)
4. Вержбицкий В. М. - Численные методы. Математический анализ и обыкновенные дифференциальные уравнения: учеб. пособие для вузов. - М.: Высшая школа, 2001.- 382 с. (11 экз в библиот. ННГУ)

в) Интернет-ресурсы

1. 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>
2. Фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ, URL:

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и 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 09.03.03 Прикладная информатика

Автор

к.ф.-м.н, доцент каф Дифференциальных уравнений, математического и численного анализа. Калашников А.Л.

Рецензент _____ профессор Федосенко Ю.С.

Заведующий кафедрой Дифференциальных уравнений, математического и численного анализа

_____ А.В.Калинин

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

30.11.2022 года, протокол № 3