

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 Ученого совета ННГУ
протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Вычислительные методы

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы
Инженерия программного обеспечения

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.11 Вычислительные 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 применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности | ОПК-1.1: Знает основные положения и концепции в области математических и естественных наук, базовые теории и истории основного, теории коммуникации; знает основную терминологию ОПК-1.2: Умеет осуществлять первичный сбор и анализ материала, интерпретировать различные математические объекты ОПК-1.3: Имеет практический опыт работы с решением стандартных математических задач и применяет его в профессиональной деятельности | ОПК-1.1: Знать 1. Определение метрического, нормированного, банахова, гильбертова пространства. Примеры. 2. Норма матриц. Понятие предкомпактного и компактного множества 3. Принцип сжимающих отображений. 4. Определение погрешности вычислений и ее составные компоненты. 5. Основные понятия и факты из теории приближения функций (интерполяция, элемент наилучшего приближения. 6. Способы отделения корней и методы приближенного решения нелинейных уравнений с одной переменной. 7. Методы решения задач линейной алгебры, условия сходимости итерационных процессов 8. Основные методы интегрирования дифференциальных задач 9. Различные методы численного интегрирования и оценки погрешности для этих методов. 10. Различные методы | Собеседование | Зачёт: Контрольные вопросы Экзамен: Контрольные вопросы |

| | | | | |
|--|--|--|-------------------------|---|
| | | <p>численного дифференцирования и оценки погрешности для этих методов.</p> <p>11. Различные методы численного решения дифференциальных уравнений с частными производными.</p> <p>ОПК-1.2: Уметь Использовать базовые знания в формулировании задач вычислительной математики.</p> <p>ОПК-1.3: Владеть Базовыми знаниями естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с фундаментальной информатикой и информационными технологиями</p> | | |
| <p>ОПК-2: Способен применять компьютерные/суперкомпьютерные методы, современное программное обеспечение, в том числе отечественного происхождения, для решения задач профессиональной деятельности</p> | <p>ОПК-2.1: Знает основные положения и концепции в области программирования, архитектуру языков программирования, теории коммуникации, знает основную терминологию, знаком с содержанием Единого Реестра Российских программ</p> <p>ОПК-2.2: Умеет анализировать типовые языки программирования, составлять программы</p> <p>ОПК-2.3: Имеет практический опыт решения задач анализа, интеграции различных типов программного обеспечения, анализа типов коммуникаций</p> | <p>ОПК-2.1: Знать Новые математические пакеты для решения вычислительных задач</p> <p>ОПК-2.2: Уметь Пользоваться соответствующими математическими пакетами; Применять вычислительные методы к решению задач Решать задачи профессиональной деятельности в составе научно-исследовательского и производственного коллектива</p> <p>ОПК-2.3: Владеть Представлением о применении универсальных математических пакетов для</p> | <p>Проектная работа</p> | <p>Экзамен: Задачи Отчет по лабораторным работам</p> <p>Зачёт: Задачи</p> |

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| | | выполнения простых вычислительных операций | | |
|--|--|---|--|--|

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) | 64 |
| - КСР | 3 |
| самостоятельная работа | 85 |
| 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 | | | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|--|-----------------|--|--|-------------|--|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них | | | |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора торные работы), часы | Всего | |
| 0 Ф 0 | 0 Ф 0 | 0 Ф 0 | 0 Ф 0 | 0 Ф 0 | |
| Тема 1. Введение Погрешность вычислений, ее составные части | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Тема 2. Нахождение корней нелинейных уравнений | 16 | 2 | 2 | 4 | 12 |
| Тема 3. Нахождение экстремума для функции одной переменной | 16 | 2 | 2 | 4 | 12 |
| Тема 4. Интерполяция. Интерполяционный полином Лагранжа | 5 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| Тема 5. Разделенные разности. Интерполяционный полином Ньютона | 10 | 4 | 2 | 6 | 4 |
| Тема 6. Метод наименьших квадратов | 7 | 2 | 1 | 3 | 4 |
| Тема 7. Сплайн-интерполяция. Построение кубического сплайна | 9 | 3 | 2 | 5 | 4 |
| Тема 8. Погрешность вычислений, ее составные части Представление чисел в ЭВМ | 6 | 2 | 0 | 2 | 4 |
| Тема 9. Метрическое пространство (МП), Нормированное пространство (НП), Гильбертово пространство, Принцип сжатых отображений. Разложение функции в ряд Фурье. Проблема ортогонализации | 13 | 6 | 2 | 8 | 5 |
| Тема 10. Прямые и итерационные методы нахождения решений СЛУ. Оценка числа действий. Норма матриц | 12 | 4 | 3 | 7 | 5 |

| | | | | | |
|--|-----|----|----|-----|----|
| Тема 11. Метод прогонки для трех диагональных систем | 5 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| Тема 12. Полиномы Чебышева | 3 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| Тема 13. Задача о минимальном максимуме отклонения от нуля | 3 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| Тема 14. Решение систем нелинейных уравнений | 3 | 2 | 1 | 3 | 0 |
| Тема 15. Нахождение экстремума функции многих переменных | 10 | 3 | 4 | 7 | 3 |
| Тема 16. Задача о назначениях | 13 | 2 | 10 | 12 | 1 |
| Тема 17. Численное интегрирование. Методы Ньютона Котеса. Оценка погрешности | 12 | 4 | 6 | 10 | 2 |
| Тема 18. Численное интегрирование. Формулы Гаусса | 6 | 2 | 2 | 4 | 2 |
| Тема 19. Нахождение собственных чисел матриц | 8 | 3 | 2 | 5 | 3 |
| Тема 20. Разностные уравнения | 4 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Тема 21. Разностные производные | 7 | 2 | 3 | 5 | 2 |
| Тема 22. Численные методы для решения диф. уравнений. Метод Пикара | 4 | 2 | 2 | 4 | 0 |
| Тема 23. Численное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений | 12 | 5 | 4 | 9 | 3 |
| Тема 24. Численное решение начально-краевых задач для дифференциальных уравнений в частных производных | 18 | 4 | 9 | 13 | 5 |
| Тема 25. Критерий Неймана | 9 | 2 | 4 | 6 | 3 |
| Аттестация | 36 | | | | |
| КСР | 3 | | | 3 | |
| Итого | 252 | 64 | 64 | 131 | 85 |

Содержание разделов и тем дисциплины

5 семестр:

1. Введение Погрешность вычислений, ее составные части
2. Нахождение корней нелинейных уравнений
3. Нахождение экстремума для функции одной переменной.
4. Интерполяция. Интерполяционный полином Лагранжа
5. Разделенные разности. Интерполяционный полином Ньютона.
6. Метод наименьших квадратов
7. Сплайн-интерполяция. Построение кубического сплайна
8. Погрешность вычислений, ее составные части Представление чисел в ЭВМ..
9. Метрическое пространство (МП), Нормированное пространство (НП), Гильбертово пространство, Принцип сжатых отображений. Разложение функции в ряд Фурье. Проблема ортогонализации
10. Прямые и итерационные методы нахождения решений СЛУ. Оценка числа действий. Норма матриц.
11. Метод прогонки для трех диагональных систем
12. Полиномы Чебышева
- 13 Задача о минимальном максимуме отклонения от нуля.

6 семестр:

1. Решение систем нелинейных уравнений
2. Нахождение экстремума функции многих переменных.
3. Задача о назначениях
4. Численное интегрирование. Методы Ньютона Котеса. Оценка погрешности.
5. Численное интегрирование. Формулы Гаусса
6. Нахождение собственных чисел матриц.
7. Разностные уравнения

8. Разностные производные.
9. Численные методы для решения диф. уравнений. Метод Пикара
10. Численное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений
11. Численное решение начально-краевых задач для дифференциальных уравнений в частных производных
12. Критерий Неймана

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.

Самостоятельная работа заключается в ознакомлении с теоретическим материалом по учебникам, указанным в списке литературы, решении практических задач, подготовке ответов на вопросы самоконтроля.

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 - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

Прямые методы решения СЛУ. Подсчет числа операций для каждого случая.

Итерационные методы решения СЛУ. Остановка итераций.

Метод простейших итераций. Принцип сжимающих отображений для СЛУ.

Метод Зейделя. Условия применения.

Метод релаксации. Условия применения.

Метод прогонки для трех диагональных систем.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------|---|
| зачтено | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. 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, без ошибок. Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |
| не | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний |

| | |
|---------|--|
| Оценка | Критерии оценивания |
| зачтено | вследствие отказа обучающегося от ответа. Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. |

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Проектная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-2:

Лабораторная работа № 1. Найти кубический сплайн с естественными краевыми условиями по 4 заданным точкам с помощью компьютерной программы. Результат представить в том числе графически.

Лабораторная работа № 2. Найти численно решение СЛУ большой размерности ().

Запрограммировать не менее 5 способов решения, сравнить их. Матрицу коэффициентов формировать допустимой для всех способов.

Критерии оценивания (оценочное средство - Проектная работа)

| | |
|------------|--|
| Оценка | Критерии оценивания |
| зачтено | Имеется минимальный или базовый набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами или без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач |
| не зачтено | Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. |

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 | 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 | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несуществе | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет. | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |

| | | | | | | | |
|---------------|--|--|--|---|--|---|--|
| | ответа | | | ошибок | нных ошибок | | |
| <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 несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме | Продемонстрированы 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 | 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 ОПК-1

| |
|---|
| Нулевая мера. Условие «почти всюду». Измеримые множества и функции. |
| Определение интеграла Лебега, его свойства. Пространство |
| Определение МП и метрической группы, свойства расстояния. |
| Норма оператора, формулы для нормы. Примеры оценки нормы. |
| Принцип сжимающих отображений в полном МП. |
| Линейный ограниченный оператор. |
| Плотные множества. Примеры всюду плотных множеств функций. |
| Гильбертово пространство (H-пространство). |

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|---|
| зачтено | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. |
| не зачтено | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. |

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

| |
|---|
| 1. Метод прогонки для трех диагональных систем. |
| 2. Нахождение экстремума для функции одной переменной. |
| 3. Нахождение корней нелинейных уравнений. |
| 4. Частичная проблема собственных значений. Метод итераций. |
| 5. Метод Якоби. |

| |
|---|
| |
| 6. Метод квадратного корня. |
| 7. Приведение матриц к квазитреугольному виду. |
| 8. Численные решения систем нелинейных уравнений. |

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 ошибки. |
| неудовлетворительно | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. |
| плохо | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа |

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

Задание 4. Вычислить интеграл численно по формуле Симпсона

1. $\int_0^{\pi} \sin x dx$;

2. $\int_0^{\pi} \sin^2 x dx$

3. $\int_0^{\pi} \sin^3 x dx$;

4. $\int_0^{\pi} \sin^4 2x dx$

Задание 5. Вычислить интеграл численно с погрешностью 10^{-4} .

1. $\int_0^{\pi} \frac{\sin x}{x} dx$;

2. $\int_0^{\pi} \frac{\sin 2x}{x} dx$

3. $\int_0^{\pi} \frac{\sin^3 x}{x} dx$;

4. $\int_0^{\pi} \frac{1 - \cos 2x}{x} dx$

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------------------|---|
| превосходно | Продемонстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| отлично | Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме |
| очень хорошо | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами |
| хорошо | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. |
| удовлетворительно | Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. |
| неудовлетворительно | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. |
| плохо | Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа |

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

Задание 7. Решить задачу Коши численно.

1. $y'' + 5y' + 4y = 0$, $y(0) = 1$, $y'(0) = -1$
2. $y'' + 6y' + 5y = 0$, $y(0) = 1$, $y'(0) = -1$
3. $y'' + 5y' + 6y = 0$, $y(0) = 1$, $y'(0) = -2$
4. $y'' + 6y' + 8y = 0$, $y(0) = 1$, $y'(0) = -4$

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|--|
| зачтено | Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. объеме без недочетов |
| не зачтено | Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. |

5.3.5 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

Представить программу и краткое описание по лабораторным работам.

Лабораторная работа № 3. Учебный проект. Найти оптимальный план переработки сахарной свеклы. Эта задача – аналог задачи о назначениях (дискретная оптимизация см.умп)

Лабораторная работа № 4. Учебный проект. "Численное решение начально-краевой задачи для интегро-дифференциального уравнения в частных производных" (см.умп)

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

| Оценка | Критерии оценивания |
|-------------------|---|
| превосходно | Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач |
| отлично | Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов |
| очень хорошо | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. |
| хорошо | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами |
| удовлетворительно | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами |

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------------------|--|
| неудовлетворительно | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. |
| плохо | Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа |

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

Основная литература:

1. Филимоненкова Н. В. Конспект лекций по функциональному анализу / Филимоненкова Н. В. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 176 с. - Допущено НМС по математике в качестве учебного пособия для студентов технических направлений бакалавриата и направлений «Прикладная математика», «Прикладная математика и информатика» технических вузов. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-1821-3., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=800136&idb=0>.
2. Шевцов Г. С. Численные методы линейной алгебры / Шевцов Г. С.,Крюкова О. Г.,Мызникова Б. И. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 496 с. - Рекомендовано Научно-методическим советом по математике и механике Учебно-методического объединения по классическому университетскому образованию в качестве учебного пособия для математических направлений и специальностей. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-1246-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=799734&idb=0>.
3. Волков Е. А. Численные методы / Волков Е. А. - 7-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 252 с. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-507-44711-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=806872&idb=0>.
4. Лабораторная работа «Решение прикладных задач дискретной оптимизации» : учебно-методическое пособие / Баландин Д. В.,Кузенков О. А.,Мальшев Д. С.,Приставченко О. В.,Эгамов А. И. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2023. - 23 с. - Рекомендовано методической комиссией ИИТММ для студентов ННГУ, обучающихся по направлению 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии». - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Математика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=867953&idb=0>.
5. Эгамов А. И. Лабораторная работа «Численное решение начально-краевой задачи для интегро-дифференциального уравнения в частных производных : учебно-методическое пособие / Эгамов А. И. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2019. - 15 с. - Рекомендовано методической комиссией института информационных технологий, математики и механики для студентов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Математика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=709372&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Лебедев В. И. Функциональный анализ и вычислительная математика / Лебедев В. И. - 4-е, изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 296 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ФИЗМАТЛИТ - Математика. - ISBN 5-9221-0092-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=700461&idb=0>.
2. Треногин В. А. Функциональный анализ / Треногин В. А. - 4-е, изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 488 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ФИЗМАТЛИТ - Математика. - ISBN 978-5-9221-0804-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=700531&idb=0>.

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

Общероссийский математический портал, <http://www.lib.unn.ru/er/mathnet.html>

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/специальности 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

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 02.12.2024, протокол № 5.