

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

Некорректные задачи

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
01.04.01 - Математика

Направленность образовательной программы
Фундаментальная математика и приложения

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.17 Некорректные задачи относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции (код, содержание компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции | | Наименование оценочного средства | |
|--|---|---|--|------------------------------|
| | Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора) | Результаты обучения по дисциплине | Для текущего контроля успеваемости | Для промежуточной аттестации |
| УК-1: Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий | <p>УК-1.1: Знать методы критического анализа проблемных ситуаций</p> <p>УК-1.2: Уметь выработать стратегию действий при возникновении критических ситуаций</p> <p>УК-1.3: Владеть основами системного подхода к анализу проблемных ситуаций</p> | <p>УК-1.1: Знать основные понятия и подходы теории некорректных задач, метод регуляризации Тихонова, принцип обобщенной невязки, метод квазирешений и метод регуляризации на компактах</p> <p>УК-1.2: Уметь грамотно осуществлять выбор метода решения некорректной задачи и реализовывать его в виде компьютерной программы, производить сведение коэффициентных обратных задач, связанных с обыкновенными дифференциальными уравнениями, к интегральному уравнению Фредгольма первого рода методом функций Грина, разрабатывать на основе аналитических расчетов комплекс тестов для отладки компьютерных программ, разработанных для решения указанных обратных задач</p> <p>УК-1.3: Владеть навыками решения систем линейных алгебраических уравнений с плохо обусловленной</p> | Собеседование Отчет по лабораторным работам | Зачёт: Задачи |

| | | | | |
|--|---|---|---|--------------------------|
| | | <p>матрицей, а также систем с симметричной положительно определенной матрицей, зависящей от положительного параметра, возникающих при решении уравнения обобщенной невязки; навыками сведения коэффициентных обратных задач, связанных с обыкновенными дифференциальными уравнениями, к интегральному уравнению Фредгольма первого рода; навыками разработки компьютерных программ для решения интегрального уравнения Фредгольма первого рода</p> | | |
| <p>ОПК-2: Способен строить и анализировать математические модели в современном естествознании, технике, экономике и управлении</p> | <p>ОПК-2.1: Знает математические модели в современном естествознании, технике, экономике и управлении ОПК-2.2: Умеет модифицировать, анализировать и реализовывать математические модели в современном естествознании, технике, экономике и управлении ОПК-2.3: Владеет навыками модификации, анализа и реализации новых математических моделей в современном естествознании, технике, экономике и управлении</p> | <p>ОПК-2.1: Знать простейшие математические модели в современном естествознании, обладающие признаками некорректности, в частности, допускающие представление в виде систем линейных алгебраических уравнений с плохо обусловленной матрицей или в виде интегрального уравнения Фредгольма первого рода</p> <p>ОПК-2.2: Уметь преобразовывать математические модели современного естествознания, обладающие признаками некорректности, в частности, коэффициентные обратные задачи, связанные с обыкновенными дифференциальными уравнениями, к системе линейных алгебраических уравнений с плохо обусловленной матрицей или к интегральному уравнению Фредгольма первого рода, а также находить и применять подходы к их устойчивому численному решению</p> | <p>Собеседование Отчет по лабораторным работам Задачи</p> | <p>Зачёт: Задачи</p> |

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| | | <p>ОПК-2.3: Владеть навыками преобразования математических моделей современного естествознания, обладающих признаками некорректности, в частности, коэффициентных обратных задач, связанных с обыкновенными дифференциальными уравнениями, к системе линейных алгебраических уравнений с плохо обусловленной матрицей или к интегральному уравнению Фредгольма первого рода, а также отыскания и применения подходов к их устойчивому численному решению</p> | | |
|--|--|---|--|--|

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

| | |
|--|--------------|
| | очная |
| Общая трудоемкость, з.е. | 3 |
| Часов по учебному плану | 108 |
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | |
| - занятия лекционного типа | 0 |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 32 |
| - КСР | 1 |
| самостоятельная работа | 75 |
| Промежуточная аттестация | 0 |
| | 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 | Занятия семинарского | Всего | |
| | | | | | |

| | 0 Ф 0 | 0 Ф 0 | 0 Ф 0 | 0 Ф 0 | 0 Ф 0 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | | | |
| Тема 1. Решение систем ЛАУ, заданных с погрешностями, методом регуляризации Тихонова при наличии информации о совместности точной системы. | 9 | | 3 | 3 | 6 |
| Тема 2. Решение систем ЛАУ, заданных с погрешностями, методом регуляризации Тихонова при отсутствии информации о совместности точной системы | 8 | | 2 | 2 | 6 |
| Тема 3. Решение систем ЛАУ, заданных с погрешностями, методом регуляризации Тихонова с использованием принципа обобщенной невязки. | 9 | | 3 | 3 | 6 |
| Тема 4. Метод регуляризации Тихонова для решения интегрального уравнения Фредгольма первого рода. | 8 | | 2 | 2 | 6 |
| Тема 5. Конечномерная аппроксимация сглаживающего функционала невязки при решении интегрального уравнения Фредгольма первого рода методом регуляризации Тихонова. | 8 | | 2 | 2 | 6 |
| Тема 6. Метод квадратных корней для решения систем ЛАУ с симметричной положительно определенной матрицей. Факторизация Холецкого. | 10 | | 3 | 3 | 7 |
| Тема 7. Решение систем ЛАУ с симметричной положительно определенной матрицей и с зависимостью от положительного параметра методом, сочетающим факторизацию Холецкого и сингулярное разложение. | 11 | | 3 | 3 | 8 |
| Тема 8. Число обусловленности матрицы и оценка погрешности решения систем ЛАУ. | 8 | | 2 | 2 | 6 |
| Тема 9. Коэффициентные обратные задачи для уравнения установившихся колебаний упругого стержня. | 9 | | 3 | 3 | 6 |
| Тема 10. Сведение простейших обратных задач гравиметрии, геологоразведки, ЯМР-томографии к интегральному уравнению Фредгольма первого рода. Сведение задачи о восстановлении размытой фотографии к двумерному интегральному уравнению Фредгольма первого рода. | 9 | | 3 | 3 | 6 |
| Тема 11. Метод функций Грина для сведения коэффициентных обратных задач, связанных с ОДУ, к интегральному уравнению Фредгольма первого рода. | 9 | | 3 | 3 | 6 |
| Тема 12. Применение метода функций Грина к конкретным обратным задачам. | 9 | | 3 | 3 | 6 |
| Тема 13. Простейшие методы нелинейной условной оптимизации (метод проекции градиента, метод условного градиента, метод квадратичного штрафа). . | 0 | | 3 | 0 | 6 |
| Аттестация | 0 | | | | |
| КСР | 1 | | | 1 | |
| Итого | 108 | 0 | 32 | 33 | 75 |

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Решение систем ЛАУ, заданных с погрешностями, методом регуляризации Тихонова при наличии информации о совместности точной системы.

Тема 2. Решение систем ЛАУ, заданных с погрешностями, методом регуляризации Тихонова при отсутствии информации о совместности точной системы.

Тема 3. Решение систем ЛАУ, заданных с погрешностями, методом регуляризации Тихонова с использованием принципа обобщенной невязки.

Тема 4. Метод регуляризации Тихонова для решения интегрального уравнения Фредгольма первого рода.

Тема 5. Конечномерная аппроксимация сглаживающего функционала невязки при решении интегрального уравнения Фредгольма первого рода методом регуляризации Тихонова.

Тема 6. Метод квадратных корней для решения систем ЛАУ с симметричной положительно определенной матрицей. Факторизация Холецкого.

Тема 7. Решение систем ЛАУ с симметричной положительно определенной матрицей и с зависимостью от положительного параметра методом, сочетающим факторизацию Холецкого и сингулярное разложение.

Тема 8. Число обусловленности матрицы и оценка погрешности решения систем ЛАУ.

Тема 9. Коэффициентные обратные задачи для уравнения установившихся колебаний упругого стержня.

Тема 10. Сведение простейших обратных задач гравиметрии, геологоразведки, ЯМР-томографии к интегральному уравнению Фредгольма первого рода. Сведение задачи о восстановлении размытой фотографии к двумерному интегральному уравнению Фредгольма первого рода.

Тема 11. Метод функций Грина для сведения коэффициентных обратных задач, связанных с ОДУ, к интегральному уравнению Фредгольма первого рода.

Тема 12. Применение метода функций Грина к конкретным обратным задачам.

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:

Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

1. Некорректные задачи (Чернов А.В.), <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=5823>.

Иные учебно-методические материалы:

1. Сумин М.И. Некорректные задачи и методы их решения. Материалы к лекциям для студентов старших курсов. Н.Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2009. –289 с. (имеется в достаточном количестве (10 экз.) в фундаментальной библиотеке ННГУ)

2. Кутерин Ф.А., Сумин М.И. Применение двойственной регуляризации в оптимизации и некорректных задачах (с программным комплексом и описанием лабораторных работ). Электронное учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 90 с. (<http://www.unn.ru/books/resources.html> , Регистрационный номер 486.12.06)

3. Сумин М.И. Метод регуляризации на компактных множествах для решения операторных уравнений первого рода. Электронное учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2016. 37 с. (<http://www.unn.ru/books/resources.html> , Регистрационный номер 1175.16.06)

4. Сумин М.И. Метод регуляризации А.Н. Тихонова для решения оптимизационных задач. Электронное учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2016. 35 с. (<http://www.unn.ru/books/resources.html> , Регистрационный номер 1174.16.06)

5. Сумин М.И. Метод регуляризации А.Н. Тихонова для решения операторных уравнений первого рода. Электронное учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский гос-

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 УК-1:

1. Привести примеры коэффициентных обратных задач, допускающих сведение к интегральному уравнению Фредгольма первого рода
2. Дать определение корректности по Адамару и по Тихонову
3. Дать определение регуляризирующего оператора
4. Сформулировать основную теорему о сходимости метода регуляризации Тихонова.
5. Понятия нормального решения системы ЛАУ. Понятие нормальной системы и ее свойства
6. Построение сглаживающего функционала невязки при наличии и при отсутствии априорной информации о совместности точной системы ЛАУ
7. Принцип обобщенной невязки для решения систем ЛАУ
8. Применение метода регуляризации Тихонова для решения интегрального уравнения Фредгольма первого рода
9. Конечномерная аппроксимация сглаживающего функционала при использовании метода регуляризации Тихонова для решения интегрального уравнения Фредгольма первого рода
10. Метод квадратных корней для решения систем ЛАУ с симметричной, положительно определенной матрицей
11. Метод, сочетающий факторизацию Холецкого и сингулярное разложение, для решения системы ЛАУ с симметричной, положительно определенной матрицей и с зависимостью от положительного параметра

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

1. Число обусловленности матрицы и оценка погрешности решения систем ЛАУ
2. Использование факторизации Холецкого для вычисления определителя, обратной матрицы и числа обусловленности симметричной положительно определенной матрицы
3. Сведение обратной задачи об определении модуля упругости стержня к интегральному уравнению Фредгольма первого рода
4. Метод решения прямой задачи установившихся поперечных колебаний упругого стержня
5. Разработка тестов для отладки программы решения прямой задачи установившихся поперечных колебаний упругого стержня
6. Сведение обратной задачи гравиметрии к интегральному уравнению Фредгольма первого рода
7. Сведение обратной задачи геологоразведки к интегральному уравнению Фредгольма первого рода
8. Сведение обратной задачи ЯМР-томографии к интегральному уравнению Фредгольма первого рода
9. Сведение обратной задачи о восстановлении размытой фотографии к двумерному интегральному уравнению Фредгольма первого рода.
10. Метод функций Грина

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|---|
| зачтено | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно». |
| не зачтено | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно». |

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции УК-1:

Возможные темы лабораторных работ:

1. Решение систем ЛАУ с симметричной положительно определенной матрицей методом квадратных корней.
2. Решение систем ЛАУ с симметричной положительно определенной матрицей и с зависимостью от положительного параметра методом, сочетающим факторизацию Холецкого и сингулярное разложение.

Примечание. Каждый студент получает индивидуальные задания по каждой из приведенных выше тем, самостоятельно пишет программу, реализующую соответствующий метод в системе MATLAB, и решает с ее помощью поставленную задачу, после чего пишет письменный отчет и защищает его на семинарском занятии.

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

Возможные темы лабораторных работ:

1. Решение интегрального уравнения Фредгольма первого рода.
2. Решение обратной задачи об определении модуля упругости стержня.
3. Решение обратной задачи об определении распределения плотности стержня.
4. Решение обратной задачи об определении поперечного профиля стержня.

Примечание. Каждый студент получает индивидуальные задания по каждой из приведенных выше тем, самостоятельно пишет программу, реализующую соответствующий метод в системе MATLAB, и решает с ее помощью поставленную задачу, после чего пишет письменный отчет и защищает его на семинарском занятии.

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------|--|
| зачтено | Программная реализация метода корректна, результаты работы программы адекватные, отчет написан грамотно. |

| | |
|------------|---|
| Оценка | Критерии оценивания |
| не зачтено | Программная реализация метода некорректна и/или результаты работы программы неадекватные и/или отчет написан с ошибками или плохо оформлен. |

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 | 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 некоторыми | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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 |

| | | | | | | | |
|--|--|--|------------|--|--|--|--|
| | | | недочетами | | | | |
|--|--|--|------------|--|--|--|--|

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 - Задачи) для оценки сформированности компетенции УК-1

1. Найти нормальное решение системы $Az = u$ путем минимизации невязки исходной системы $A = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$, $u = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix}$.
2. Найти нормальное решение системы $Az = u$ как минимальное по модулю классическое решение нормальной системы $A = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 4 \end{pmatrix}$, $u = \begin{pmatrix} 4 \\ 1 \end{pmatrix}$.

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

Задача 1. Найти с помощью метода регуляризации Тихонова нормальное решение двумерной точной системы $A_0 z = u_0$, если дана возмущенная система $A_\varepsilon z = u_\varepsilon$, при условии, что известна априорная информация о совместности точной системы: $A_\varepsilon = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & \varepsilon \end{pmatrix}$, $u_\varepsilon = \begin{pmatrix} 2 \\ \varepsilon^2 \end{pmatrix}$.

Задача 2. Найти с помощью метода регуляризации Тихонова нормальное решение двумерной точной системы $A_0 z = u_0$, если дана возмущенная система $A_\varepsilon z = u_\varepsilon$, при условии, что априорная информация о совместности точной системы отсутствует: $A_\varepsilon = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & \varepsilon \end{pmatrix}$, $u_\varepsilon = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 + \varepsilon^2 \end{pmatrix}$.

Задача 3. Методом квадратных корней решить систему $Ax = b$ с симметричной положительно определенной матрицей. С помощью полученного разложения Холецкого $A = T^* T$ вычислить определитель $\det A$ и обратную матрицу A^{-1} . Найти число обусловленности и выяснить, какую относительную погрешность может иметь решение возмущенной системы при возмущении одной из компонент правой части на величину 0.01: $A = \begin{pmatrix} 4 & 4 & -2 & 4 \\ 4 & 8 & 0 & 2 \\ -2 & 0 & 3 & -5 \\ 4 & 2 & -5 & 13 \end{pmatrix}$, $b = \begin{pmatrix} 10 \\ 20 \\ 1 \\ 3 \end{pmatrix}$.

Задача 4. Решить систему $(M^* M + \alpha C)z = f$ с симметричной, положительно определенной матрицей, зависящей от положительного параметра $\alpha > 0$, с помощью разложения Холецкого матрицы C и сингулярного разложения вспомогательной матрицы, при $\alpha = 1$:

$$M = \begin{pmatrix} \sqrt{2} & 2\sqrt{2} & 2\sqrt{2} \\ -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \sqrt{2} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, C = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 2 \\ 0 & 2 & 5 \end{pmatrix}, f = \begin{pmatrix} -4 \\ 0 \\ 2 \end{pmatrix}.$$

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|--|
| зачтено | Задача решена правильно. |
| не зачтено | Задача не решена или решена неправильно. |

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

Основная литература:

- Чернов А. В. Практикум по некорректным задачам : учебно-методическое пособие / Чернов А. В. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2024. - 92 с. - Рекомендовано методической комиссией Института информационных технологий, математики и механики для студентов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 01.04.01 «Математика». - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Физика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=927218&idb=0>.
- Тихонов Андрей Николаевич. Методы решения некорректных задач : [учеб. пособие для вузов

по специальности "Приклад. математика"]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1979. - 285 с. : граф. - 0.80., 2 экз.

3. Тихонов Андрей Николаевич. Методы решения некорректных задач. - М. : Наука, 1974. - 223 с. - 0.64., 7 экз.

Дополнительная литература:

1. Регуляризирующие алгоритмы и априорная информация. - М. : Наука, 1983. - 198 с. : граф. - 1.80., 2 экз.

2. Бакушинский Анатолий Борисович. Некорректные задачи. Численные методы и приложения : [учеб. пособие для вузов по специальности "Приклад. математика"]. - М. : Изд-во МГУ, 1989. - 197, [1] с. : ил. - ISBN 5-211-00332-2 (в пер.) : 0.75., 2 экз.

3. Гончарский Александр Владимирович. Некорректные задачи астрофизики. - М. : Наука, 1985. - 350 с. : ил. - 3.70., 1 экз.

4. Гончарский Александр Владимирович. Численные задачи решения обратных задач астрофизики. - М. : Наука, 1978. - 335 с. : ил. - 2.10., 2 экз.

5. Тихонов Андрей Николаевич. Математические задачи компьютерной томографии. - М. : Наука, 1987. - 159 с. : ил. - (Проблемы науки и технического прогресса : ПНТП). - 0.55., 2 экз.

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

1. <http://www.unn.ru/books/resources.html>, Регистрационный номер 486.12.06

2. <http://www.unn.ru/books/resources.html>, Регистрационный номер 486.12.06

3. <http://www.unn.ru/books/resources.html>, Регистрационный номер 1174.16.06

4. <http://www.unn.ru/books/resources.html>, Регистрационный номер 1173.16.06

5. <http://www.lib.unn.ru/ebs.html>

система MATLAB

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 01.04.01 - Математика.

Автор(ы): Чернов Андрей Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент.

Рецензент(ы): Баландин Дмитрий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Иванченко Михаил Васильевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.