



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЕиС
И.Ю. Мезин

17.02.2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ОБРАТНЫЕ ЗАДАЧИ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Направление подготовки (специальность)
01.06.01 МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

Направленность (профиль/специализация) программы
Вычислительная математика

Уровень высшего образования - подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт естествознания и стандартизации
Кафедра	Прикладной математики и информатики
Курс	2
Семестр	3

Магнитогорск
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 01.06.01 МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА (уровень подготовки кадров высшей квалификации). (приказ Минобрнауки России от 30.07.2014 г. № 866)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Прикладной математики и информатики
11.02.2020, протокол № 6

Зав. кафедрой *С.И. Кадченко* С.И. Кадченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС
17.02.2020 г. протокол № 6

Председатель *И.Ю. Мезин* И.Ю. Мезин

Рабочая программа составлена:

зав. кафедрой ПМИИ, д-р физ.-мат. наук *С.И. Кадченко* С.И. Кадченко

Рецензент:

Зав. кафедрой математического и компьютерного моделирования ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», д-р физ.-мат. наук *С.А. Загребина* С.А. Загребина



Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Прикладной математики и информатики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Ю.А. Извеков

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Прикладной математики и информатики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Ю.А. Извеков

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Прикладной математики и информатики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Ю.А. Извеков

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Подготовка студентов по курсу «Обратные задачи спектрального анализа» в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика» программы аспирантуры. Данный курс направлен на формирование математических методов, алгоритмов решения обратных задач спектрального анализа

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Обратные задачи спектрального анализа входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Математическое моделирование

Дополнительные главы функционального анализа

Методология и информационные технологии в научных исследованиях

Научно-исследовательская деятельность и подготовка НКР

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Спектральные задачи на графах

Представление научного доклада об основных результатах подготовленной НКР

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Обратные задачи спектрального анализа» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-3 Иметь способность к преподаванию дисциплин и учебно-методической работе в области профессиональной деятельности, в том числе на основе результатов проведенных теоретических и экспериментальных исследований	
Знать	Знать приемы преподавания дисциплин и учебно-методической работе в области профессиональной деятельности, в том числе на основе результатов проведенных теоретических и экспериментальных исследований
Уметь	Обладать способностью к преподаванию дисциплин и учебно-методической работе в области профессиональной деятельности, в том числе на основе результатов проведенных теоретических и экспериментальных исследований
Владеть	Владеть способностью к преподаванию дисциплин и учебно-методической работе в области профессиональной деятельности, в том числе на основе результатов проведенных теоретических и экспериментальных исследований
ПК-2 Умение реализации численных методов в решении прикладных задач, возникающих при математическом моделировании естественнонаучных и научно-технических проблем, соответствие выбранных алгоритмов специфике рассматриваемых задач	

Знать	Знать особенности реализации численных методов в решении прикладных задач, возникающих при математическом моделировании естественнонаучных и научно-технических проблем, соответствие выбранных алгоритмов специфике рассматриваемых задач
Уметь	Обладать способностью реализации численных методов в решении прикладных задач, возникающих при математическом моделировании естественнонаучных и научно-технических проблем, соответствие выбранных алгоритмов специфике рассматриваемых задач
Владеть	Владеть умение реализации численных методов в решении прикладных задач, возникающих при математическом моделировании естественнонаучных и научно-технических проблем, соответствие выбранных алгоритмов специфике рассматриваемых задач

2.1	Свойства спектральных характеристик	3	3	3/2И	6	Работа над учебным материалом с основной и дополнительной литературой. Конспектирование текста учебника для изучения новых знаний.	Устный опрос	ПК-3, ПК-2
2.2	Восстановление дифференциальных операторов на полуоси		3	3/1И	6	Работа над учебным материалом с основной и дополнительной литературой. Конспектирование текста учебника для изучения новых знаний.	Устный опрос, Проверка домашнего задания	ПК-3, ПК-2
2.3	Восстановление дифференциальных операторов на конечном интервале		3	3/2И	6	Работа над учебным материалом с основной и дополнительной литературой. Конспектирование текста учебника для изучения новых знаний.	Устный опрос, Проверка домашнего задания	ПК-3, ПК-2
Итого по разделу		9		9/5И	18			
Итого за семестр		18		18/10И	36		зао	
Итого по дисциплине		18		18/10И	36		зачет с оценкой	ПК-3,ПК-2

5 Образовательные технологии

В ходе изучения дисциплины рекомендуется использовать образовательные и информационные технологии:

1. Традиционные технологии обучения, предполагающие передачу информации в готовом виде, формирование учебных умений по образцу лабораторных занятий.

Использование традиционных технологий обеспечивает ориентирование студента в потоке информации, связанной с различными подходами к определению сущности, содержания, методов, форм развития и саморазвития личности; самоопределение в выборе оптимального пути и способов личностно-профессионального развития; систематизацию знаний, полученных студентами в процессе аудиторной и самостоятельной работы. Лабораторные занятия обеспечивают развитие и закрепление умений и навыков определения целей и задач саморазвития, а также принятия наиболее эффективных решений по их реализации. Лабораторные занятия проводятся в компьютерных классах вычислительного центра ФГБОУ ВО «МГТУ».

В ходе проведения лекционных занятий предусматривается: использование электронного демонстрационного материала по темам, требующим иллюстрации работы программных продуктов: MS Word, MS Excel.

В ходе проведения практических занятий предусматривается использование средств вычислительной техники при выполнении индивидуальных заданий и тестирования.

2. Интерактивные формы обучения, предполагающие организацию обучения как продуктивной творческой деятельности в режиме взаимодействия студентов друг с другом и с преподавателем

Использование интерактивных образовательных технологий способствует повышению интереса и мотивации учащихся, активизации мыслительной деятельности и творческого потенциала студентов, делает более эффективным усвоение материала, позволяет индивидуализировать обучение и ввести экстренную коррекцию знаний.

При проведении лабораторных занятий используются групповая работа, технология коллективной творческой деятельности, технология сотрудничества, ролевая игра, обсуждение проблемы в форме дискуссии, дебаты, круглый стол. Данные технологии обеспечивают высокий уровень усвоения студентами знаний, эффективное и успешное овладение умениями и навыками в предметной области, формируют познавательную потребность и необходимость дальнейшего самообразования, позволяют активизировать исследовательскую деятельность, обеспечивают эффективный контроль усвоения знаний.

3. Возможности образовательного портала ФГБОУ ВО «МГТУ» для предоставления студентам графика самостоятельной работы, расписания консультаций, заданий для самостоятельного выполнения и рекомендуемых тем для самостоятельного изучения.

Используемые образовательные технологии позволяют активно применять в учебном процессе интерактивные формы проведения занятий (компьютерная симуляция, разбор конкретных ситуаций), что способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся. Применяемые в процессе изучения дисциплины поисковый и исследовательский методы в полной мере соответствуют

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Крук, Б. И. Основы спектрального анализа : учебное пособие / Б. И. Крук, О. Б. Журавлева. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2016. — 148 с. — ISBN 978-5-9912-0327-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/111069> (дата обращения: 29.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Спектральные методы анализа : учебное пособие / Е. В. Пашкова, Е. В. Волосова, А. Н. Шипуля [и др.]. — Ставрополь : СтГАУ, 2017. — 56 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107215> (дата обращения: 29.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Юрко, В. А. Введение в теорию обратных спектральных задач : учебное пособие / В. А. Юрко. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 384 с. — ISBN 5-9221-0734-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/59443> (дата обращения: 21.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

1. Учебно-методическое пособие по спектральным методам анализа для студентов магистратуры : учебно-методическое пособие / Г. Г. Горболетова, Н. В. Чернявская, М. И. Базанов, А. И. Лыткин. — Иваново : ИГХТУ, 2016. — 149 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107404> (дата обращения: 29.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Радыно Я. В. Лекции о спектральной теореме : Курс лекций - Минск : Изд-во БГУ, 2002. - 138 с.

3. Юрко В.А. Введение в теорию обратных спектральных задач. - М.: Физматлит, 2007.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Maple 14 Classroom License	К-113-11 от 11.04.2011	бессрочно
NotePad++	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Adobe Reader	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Yandex	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Mozilla Firefox	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MS Visual Studio Code	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Российская Государственная библиотека. Кataloги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	http://webofscience.com
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	http://scopus.com
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	http://link.springer.com/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Лекционная аудитория. Оснащение аудитории: доска, мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации

Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: компьютерный класс. Оснащение аудитории: персональные компьютеры с пакетом MS Office, Maple 14 Classroom License 10-29 Users (per User) Academic, MathLab, Mathcad Education - University Edition (200 pack) и выходом в Интернет.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся. Оснащение аудитории: персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного

Приложение 1

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа аспирантов связана с написанием программ, в среде пакета Maple, позволяющие решать следующие задачи:

1. Восстановить значения функции $p(x)$ в узлах дискретизации для следующей обратной спектральной задачи

$$\begin{cases} -y''(x) + p(x)y(x) = \mu y(x), \\ y(0) = y(l) = 0. \end{cases} \quad x \in [0, l] \quad (1)$$

по собственным значениям $\{\mu_n\}_{n=1}^{\infty}$ краевой задачи (1), собственным значениям

$\{\lambda_n\}_{n=1}^{\infty}$ и собственным функциям $\{\varphi_n\}_{n=1}^{\infty}$ самосопряженной задачи

$$\begin{cases} -\varphi''(x) = \lambda\varphi(x), \\ \varphi(0) = \varphi(l) = 0. \end{cases} \quad x \in [0, l].$$

2. Рассмотрим обратную спектральную задачу, заданную на двухреберном связанном ориентированном графе G_2

$$\begin{aligned} -y_j''(x_j) + p_j(x_j)y_j &= \mu y_j(x_j), \quad x_j \in (0, l_j), \quad j = 1, 2, \\ d_1 y_1'(x_1)|_{x_1=l_1} - d_2 y_2'(x_2)|_{x_2=0} &= 0, \quad d_1 y_1'(x_1)|_{x_1=0} = d_2 y_2'(x_2)|_{x_2=l_2} = 0, \\ y_1(l_1) &= y_2(0). \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь $l_j > 0$ - длина, а $d_j > 0$ - площадь поперечного сечения j - того ребра графа G_2 .

Восстановить значения функций $p_j(x_{j_n})$ по собственным значениям $\{\mu_n\}_{n=1}^{\infty}$ краевой

задачи (2), собственным значениям $\{\lambda_n\}_{n=1}^{\infty}$ и собственным функциям $\{\varphi_{j_n}\}_{n=1}^{\infty}$ самосопряженной задачи

$$\begin{aligned} -\varphi_j''(x_j) + p_j(x_j)\varphi_j &= \lambda \varphi_j(x_j), \quad x_j \in (0, l_j), \quad j = 1, 2, \\ d_1 \varphi_1'(x_1)|_{x_1=l_1} - d_2 \varphi_2'(x_2)|_{x_2=0} &= 0, \quad d_1 \varphi_1'(x_1)|_{x_1=0} = d_2 \varphi_2'(x_2)|_{x_2=l_2} = 0, \\ \varphi_1(l_1) &= \varphi_2(0). \end{aligned}$$

Перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Собственные значения и собственные функции.
2. Постановка обратных спектральных задач. Теоремы единственности.
3. Метод оператора преобразования.
4. Метод спектральных отображений.
5. Метод эталонных моделей.
6. Устойчивость решения обратных спектральных задач.
7. Обратные спектральные задачи на геометрических графах.
8. Свойства спектральных характеристик.
9. Восстановление дифференциальных операторов на полуоси.
10. Восстановление дифференциальных операторов на конечном интервале.
11. Самосопряженный случай.

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине. Проводиться за 3 семестр в форме зачета с оценкой.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-2: Умение реализации численных методов в решении прикладных задач, возникающих при математическом моделировании естественнонаучных и научно-технических проблем, соответствие выбранных алгоритмов специфике рассматриваемых задач		
Знать	Знать особенности реализации численных методов в решении прикладных задач, возникающих при математическом моделировании естественнонаучных и научно-технических проблем, соответствие выбранных алгоритмов специфике рассматриваемых задач	Ответы на вопросы: <ol style="list-style-type: none"> 1. Собственные значения и собственные функции. 2. Постановка обратных спектральных задач. Теоремы единственности. 3. Метод оператора преобразования. 4. Метод спектральных отображений. 5. Метод эталонных моделей.
Уметь	Обладать способностью реализации численных методов в решении прикладных задач, возникающих при математическом моделировании естественнонаучных и научно-технических проблем, соответствие выбранных алгоритмов специфике рассматриваемых задач	<ol style="list-style-type: none"> 1. Восстановить значения функции $p(x)$ в узлах дискретизации для следующей обратной спектральной задачи $\begin{cases} -y''(x) + p(x)y(x) = \mu y(x), \\ y(0) = y(l) = 0. \end{cases} \quad x \in [0, l] \quad (1)$ по собственным значениям $\{\mu_n\}_{n=1}^{\infty}$ краевой задачи (1), собственным значениям $\{\lambda_n\}_{n=1}^{\infty}$ и собственным функциям $\{\varphi_n\}_{n=1}^{\infty}$ самосопряженной задачи $\begin{cases} -\varphi''(x) = \lambda\varphi(x), \\ \varphi(0) = \varphi(l) = 0. \end{cases} \quad x \in [0, l].$
Владеть	Владеть умение	Ответы на вопросы:

	<p>реализации численных методов в решении прикладных задач, возникающих при математическом моделировании естественнонаучных и научно-технических проблем, соответствие выбранных алгоритмов специфике рассматриваемых задач</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Собственные значения и собственные функции. 2. Постановка обратных спектральных задач. Теоремы единственности. 3. Метод оператора преобразования. 4. Метод спектральных отображений. 5. Метод эталонных моделей.
--	---	---

ПК-3: Иметь способность к преподаванию дисциплин и учебно-методической работе в области профессиональной деятельности, в том числе на основе результатов проведенных теоретических и экспериментальных исследований

<p>Знать</p>	<p>Знать приемы преподавания дисциплин и учебно-методической работе в области профессиональной деятельности, в том числе на основе результатов проведенных теоретических и экспериментальных исследований</p>	<p>Ответы на вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Устойчивость решения обратных спектральных задач. 2. Обратные спектральные задачи на геометрических графах. 3. Свойства спектральных характеристик. 4. Восстановление дифференциальных операторов на полуоси. 5. Восстановление дифференциальных операторов на конечном интервале. 6. Самосопряженный случай.
---------------------	---	---

<p>Уметь</p>	<p>Обладать способностью к преподаванию дисциплин и учебно-методической работе в области профессиональной деятельности, в том числе на основе результатов проведенных теоретических и экспериментальных исследований</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обратная спектральная задача, заданная на двухреберном связанном ориентированном графе G_2 $-y_j''(x_j) + p_j(x_j)y_j = \mu y_j(x_j),$ $x_j \in (0, l_j), \quad j = 1, 2,$ $d_1 y_1'(x_1) _{x_1=l_1} - d_2 y_2'(x_2) _{x_2=0} = 0,$ $d_1 y_1'(x_1) _{x_1=0} = d_2 y_2'(x_2) _{x_2=l_2} = 0,$ (2) $y_1(l_1) = y_2(0).$ <p>Здесь $l_j > 0$ - длина, а $d_j > 0$ - площадь поперечного сечения j -</p>
---------------------	--	---

		<p>того ребра графа G_2.</p> <p>Надо восстановить значения функций $p_j(x_{j_n})$ по собственным значениям $\{\mu_n\}_{n=1}^{\infty}$ краевой задачи (2), собственным значениям $\{\lambda_n\}_{n=1}^{\infty}$ и собственным функциям $\{\varphi_{j_n}\}_{n=1}^{\infty}$ самосопряженной задачи</p> $-\varphi_j''(x_j) + p_j(x_j)\varphi_j = \lambda \varphi_j(x_j),$ $x_j \in (0, l_j), \quad j = 1, 2,$ $d_1 \varphi_1'(x_1) _{x_1=l_1} - d_2 \varphi_2'(x_2) _{x_2=0} = 0,$ $d_1 \varphi_1'(x_1) _{x_1=0} = d_2 \varphi_2'(x_2) _{x_2=l_2} = 0,$ $\varphi_1(l_1) = \varphi_2(0).$
Владеть	Владеть способностью к преподаванию дисциплин и учебно-методической работе в области профессиональной деятельности, в том числе на основе результатов проведенных теоретических и экспериментальных исследований	<p>Ответы на вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Устойчивость решения обратных спектральных задач. 2. Обратные спектральные задачи на геометрических графах. 3. Свойства спектральных характеристик. 4. Восстановление дифференциальных операторов на полуоси. 5. Восстановление дифференциальных операторов на конечном интервале. 6. Самосопряженный случай.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета с оценкой (3 семестр).

Показатели и критерии оценивания зачета с оценкой:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– оценка **«зачтено»** ставится при наборе учащимся от 3 до 5 баллов;

– на оценку **«не зачтено»** (1-2 балла) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.