

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

Базовая кафедра
вычислительных и
информационных технологий
(ВиИТ_ФМиИ)

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий ОП ВО

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Базовая кафедра вычислительных
и информационных технологий
(ВиИТ_ФМиИ)

наименование кафедры

Шайдунов В.В., д.ф.-м.н.,
профессор

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий дисциплину

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА
ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ
ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.02.04 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА
Численное решение обратных задач

Направление подготовки / 01.04.02 Прикладная математика и
специальность информатика Магистерская программа
01 04 02 01 Математическое моделирование

Направленность
(профиль)

Форма обучения очная

Год набора 2020

Красноярск 2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования с учетом профессиональных стандартов по укрупненной группе

010000 «МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА»

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

Направление 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Магистерская программа 01.04.02.01 Математическое моделирование

Программу к.ф.-м.н., Доцент, Баранов С.Н.
составили

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование у студентов знаний о методологии решения обратных задач.

Дисциплина изучается в третьем семестре магистратуры и продолжает формирование профессиональных компетенций студента.

1.2 Задачи изучения дисциплины

Задачей изучения дисциплины является: получение теоретических знаний по некорректным в классическом смысле задачам; получение теоретических знаний и практических навыков по численным методам решения обратных задач.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

ПК-1:Способен разрабатывать и исследовать математические модели, методы и алгоритмы по тематике проводимых исследований	
Уровень 1	- основные понятия, принципы и методологию математического моделирования; - типовые алгоритмы решения основных задач математического моделирования; - структуру и основы проведения исследований в рамках дисциплины;
Уровень 1	- анализировать информационные источники (сайты, форумы, периодические издания); - разрабатывать алгоритмы и методы решения поставленных задач; - адаптировать задачи из различных областей науки и практики для представления их в терминах дисциплины; - строить математические модели при решении прикладных задач;
Уровень 1	- способностью к освоению новых алгоритмов и методов в математическом моделировании; - способностью интерпретации полученных результатов в проводимом исследовании в рамках математической теории;

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

При изучении дисциплины «Численное решение обратных задач» студенты, в соответствии с квалификационной характеристикой, должны использовать знания, полученные при изучении следующих дисциплин бакалаврской программы:

1. Математического и естественнонаучного цикла
 - Численные методы;
 - Языки и методы программирования;
2. Профессионального цикла
 - Дискретная математика;
 - Программирование;
 - Базы данных;
 - Архитектура ЭВМ;
 - Операционные системы;
 - Дифференциальные уравнения;
 - Уравнения математической физики;
 - Математическое моделирование;
 - Параллельное программирование.

1.5 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		3
Общая трудоемкость дисциплины	4 (144)	4 (144)
Контактная работа с преподавателем:	1,06 (38)	1,06 (38)
занятия лекционного типа	0,53 (19)	0,53 (19)
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия	0,53 (19)	0,53 (19)
практикумы		
лабораторные работы		
другие виды контактной работы		
в том числе: групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иная внеаудиторная контактная работа:		
групповые занятия		
индивидуальные занятия		
Самостоятельная работа обучающихся:	1,94 (70)	1,94 (70)
изучение теоретического курса (ТО)		
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)		
реферат, эссе (Р)		
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет
Промежуточная аттестация (Экзамен)	1 (36)	1 (36)

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Корректно и некорректно поставленные задачи. Обратные задачи математической физики.	2	2	0	0	
2	Методы решения некорректных задач. Квазирешения. Регуляризация по А.Н. Тихонову	2	6	0	0	
3	Коэффициентные обратные задачи для параболического уравнения. Идентификация правой части.	11	7	0	0	
4	Итерационные методы решения обратных задач.	2	2	0	0	
5	Коэффициентные обратные задачи для систем уравнений в частных производных.	2	2	0	70	
Всего		19	19	0	70	

3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Корректность по Адамару. Корректно и некорректно поставленные задачи. Примеры. Условно корректные задачи. Понятие обратных задач. Классификация обратных задач. ретроспективные, граничные, коэффициентные, обратные задачи. Постановки обратных задач математической физики.	2	0	0
2	2	Метод подбора решения некорректно поставленных задач. Квазирешения. Приближенное нахождение квазирешений. Корректность по А.Н. Тихонову. Метод регуляризации по А.Н. Тихонову. Метод регуляризации. Метод Лагранжа построения регуляризирующего оператора. Уравнения Эйлера для сглаживающего функционала. Метод невязки.	2	0	0

3	3	Методы решения обратных коэффициентных задач. Теоремы существования и единственности решений коэффициентных обратных задач для параболических уравнений.	2	0	0
4	3	Сведение обратных задач к прямым. Алгоритмы численного решения краевых задач в случаях, когда неизвестен один из коэффициентов в младших членах параболического уравнения, зависящий от t_0	2	0	0
5	3	Численное решение обратных краевых задач для уравнений параболического типа с неизвестным коэффициентом, зависящим от x , в младших членах. Численная идентификация правой части параболического уравнения. Прочая часть – сумма двух неизвестных функций, каждая из которых зависит только от одной независимой переменной. Сведение обратной задачи к прямой. Эквивалентность задач.	2	0	0

6	3	<p>Разностная аппроксимация. Доказательство устойчивости и сходимости. Решение сеточной задачи. Доказательство сходимости итерационного процесса. Идентификация правой части параболического уравнения. Правая часть – произведение двух функций одного аргумента. Неизвестна одна из функций.</p>	2	0	0
7	3	<p>Идентификация правой части параболического уравнения. Правая часть – произведение двух неизвестных функций, каждая из которых зависит только от одного аргумента. Примеры расчётов. Численная идентификация неизвестного коэффициента при старшей производной. Коэффициент зависит только от t. Примеры расчетов. Численное определение неизвестного коэффициента при старшей производной. Коэффициент зависит только от x. Краевая задача. Задача Коши.</p>	3	0	0

8	4	Методы последовательных приближений решения обратных задач. теоремы сходимости. Организация расчётов. Приближённое решение задачи с обратным временем. Итерационное уточнение начального условия. Пример итерационного уточнения граничных условий.	2	0	0
9	5	Численное решение коэффициентных обратных начально-краевых задач для систем уравнений гиперболического и параболического типа. Идентификация параметров математических моделей экосистем водоёмов с помощью решения обратных задач.	2	0	0
Всего			10	0	0

3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Исследование корректности постановок начально-краевых задач для дифференциальных и интегральных уравнений. Операторные уравнения. Хорошо и плохо обусловленные задачи.	2	0	0

2	2	Корректность по А.Н. Тихонову. Регуляризация по А.Н. Тихонову. Плохо обусловленные системы линейных алгебраических уравнений.	2	0	0
3	2	Методы регуляризации. Вариационный метод. Метод невязки.	2	0	0
4	2	Регуляризация разностных схем. Регуляризованные аддитивные схемы.	2	0	0
5	3	Разностные схемы начально-краевых обратных коэффициентных задач для параболических уравнений. Неизвестен один коэффициент. Неизвестны несколько коэффициентов. Исследование разностных схем. Алгоритмы численной реализации.	2	0	0
6	3	Постановки задач по идентификации коэффициента при старшей производной в уравнении теплопроводности. Теоремы существования. Методы исследования и алгоритмы идентификации. Краевая задача. Задача Коши. Алгоритмы и результаты расчётов. Непрерывное и дискретное задание начально-краевых условий и условий переопределения.	2	0	0
7	3	Сведение обратных задач к прямым. Линейные разностные схемы с матрицами специального вида. Обусловленность. Методы решения. Неявные разностные схемы.	1	0	0

8	3	Итерационные методы решения коэффициентных обратных задач. Постановки задач. Задачи тепло-массо обмена. Выбор метода. Критерии сходимости. Организация расчётов.	1	0	0
9	3	Постановки задач идентификации правых частей двумерных задач. Постановки условий переопределения. Разностные схемы. Алгоритмы численного решения.	1	0	0
10	4	Итерационные методы решения коэффициентных обратных задач. Постановки задач. Задачи тепло-массо обмена. Выбор метода. Критерии сходимости. Организация расчётов.	2	0	0
11	5	Постановки обратных задач для систем уравнений в частных производных. Условия переопределения. Выбор метод решения. Организация численных расчётов.	2	0	0
Всего			10	0	0

3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
Всего					

4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
---------------------	----------	-------------------

Л1.1	Белов Ю. Я., Любанова А. Ш., Полынцева С. В., Сорокин Р. В., Фроленков И. В., Шипина Т. Н., Черепанова О. Н.	Обратные задачи математической физики: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины	Красноярск: СФУ, 2008
------	--	---	-----------------------

5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Ковеня В. М., Шокин Ю. И.	Алгоритмы расщепления при решении многомерных задач аэрогидродинамики: [монография]	Новосибирск: Издательство СО РАН, 2014
Л1.2	Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М.	Численные методы: Рекомендовано Министерством образования Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов физико-математических специальностей высших учебных заведений	Москва: БИНОМ, 2015
Л1.3	Ягола А. Г.	Обратные задачи и методы их решения. Приложения к геофизике	Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2014
Л1.4	Коршун К. В., Белов Ю. Я.	Некоторые обратные задачи для квазилинейных параболических уравнений и систем: автореферат дис. ... канд. физ.-мат. наук	Красноярск, 2016
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Романов В. Г., Яхно В. Г.	Обратные задачи математической физики: монография	Москва: Наука, 1984
Л2.2	Марчук Г. И.	Методы вычислительной математики: учебное пособие	Москва: Лань, 2009

Л2.3	Кабанихин С. И.	Обратные и некорректные задачи: учебное пособие для студентов вузов по специальностям направлений подготовки "Прикладная математика и информатика", "Прикладная математика", "Механика", "Прикладная механика" (решение Бюро Президиума Научно-методического совета по математике, протокол N22 от 15.04.2008)	Новосибирск: Сибирское научное издательство, 2009
Л2.4	Бухгейм А. Л., Лаврентьев М. М.	Введение в теорию обратных задач: монография	Новосибирск: Наука. Сибирское отделение [СО], 1988
Л2.5	Тихонов А. Н., Самарский А. А.	Прямые и обратные задачи математической физики: сборник трудов факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета	Москва: МГУ им. М. В. Ломоносова, 1991
Л2.6	Тихонов А. Н., Гончарский А. В., Степанов В. В., Ягола А. Г.	Численные методы решения некорректных задач	Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990
Л2.7	Тихонов А. Н., Арсенин В. Я.	Методы решения некорректных задач: учебное пособие для вузов, обучающихся по специальности "Прикладная математика" допущено Министерством высшего и среднего специального образования СССР?	Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986
Л2.8	Самарский А. А.	Теория разностных схем: учеб. пособие для вузов по спец. "Прикладная математика"	Москва: Наука, 1989
Л2.9	Самарский А. А., Вабищевич П. Н.	Вычислительная теплопередача: научное издание	Москва: Едиториал УРСС, 2003
Л2.1 0	Алифанов О. М., Полежаев В. М., Ненарокомов А. В.	Обратные задачи в исследовании сложного теплообмена: монография	Москва: Янус-К, 2009
Л2.1 1	Сорокин Р. В., Белов Ю. Я.	Некоторые обратные задачи с данными Коши. Разрешимость "в целом" и стабилизация: диссертация ... кандидата физико-математических наук	Красноярск: Б. и., 2005
Л2.1 2	Тихонов А. Н., Самарский А. А.	Численные методы решения обратных задач математической физики: сборник трудов факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета	Москва: МГУ им. М. В. Ломоносова, 1988

Л2.1 3	Самарский А. А., Вабищевич П. Н.	Численные методы решения обратных задач математической физики: [учебное пособие]	Москва: Эдиториал УРСС, 2004
Л2.1 4	Ватульян А. О., Сухов Д. Ю., Беляк О. А., Явруян О. В.	Обратные и некорректные задачи: учебник	Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета (ЮФУ), 2011
6.3. Методические разработки			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Белов Ю. Я., Любанова А. Ш., Полынцева С. В., Сорокин Р. В., Фроленков И. В., Шипина Т. Н., Черепанова О. Н.	Обратные задачи математической физики: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины	Красноярск: СФУ, 2008

7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Э1	Inverse Problems;	http://www.iop.org/EJ/journal/IP
Э2	Journal of Inverse and Ill-posed Problems;	http://www.vspub.com/journals/jn-JouInvIllPosPro.html
Э3	Inverse Problems in Science and Engineering;	http://www.tandf.co.uk/journals/titles/17415977.asp
Э4	Inverse Problems and Imaging.	http://aimsciences.org/journals/ipi/ipi_online.jsp

8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Процесс изучения данной дисциплины осуществляется в следующих организационных формах:

- аудиторные занятия (лекции и занятия семинарского типа);
- самостоятельное изучение материала.

В процессе освоения дисциплины, можно выделить два типа знаний:

- теоретические знания;
- практические знания и навыки, состоящие в умении решать конкретные задачи.

Теоретические знания образуют понятийный каркас дисциплины. Данный уровень знаний студенты получают на лекциях.

Практические знания студенты получают на занятиях семинарского типа. На этих занятиях студенты учатся решать задачи на основе знаний, полученных на лекциях. Решение задач осуществляется

как путем коллективного обсуждения, так и индивидуально. Во время практического занятия студент должен:

- продемонстрировать знание теоретического материала в рамках тематики решаемой задачи;
- уметь применить полученные знания для решения конкретной задачи.

Самостоятельная работа включает изучение теоретического материала дисциплины и решение задач, при котором используются знания и навыки, полученные на лекционных и практических занятиях. Самостоятельное изучение теоретического материала подразумевает более глубокую проработку лекционного материала. Задачи для самостоятельного решения студенты получают на практических занятиях у преподавателя и самостоятельно реализуют программы на любом языке программирования или с использованием системы MatLab. Правильность решения задач проверяется также на практических занятиях. Основные формы контроля самостоятельной работы – коллективное обсуждение в аудитории и индивидуальное собеседование. Для самостоятельной работы достаточно пользоваться материалами лекционных и практических занятий, а также литературой.

Организация самостоятельной работы осуществляется в соответствии с графиком учебного процесса и самостоятельной работы.

Итоговый контроль – экзамен.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации в зависимости от нозологии:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Формой промежуточного контроля по дисциплине является экзамен. Экзамен проводится в устной форме. Студенту предлагается билет, состоящий из двух теоретических вопросов. В фонде оценочных средств приведен список вопросов и примеры экзаменационных билетов. При недостаточно полном ответе студенту могут быть заданы

дополнительные вопросы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий;

- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения;

- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями отвечает на связанные вопросы.

9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

9.1 Перечень необходимого программного обеспечения

9.1.1	ОС MS Windows;
9.1.2	MS Office;
9.1.3	MS Visual Studio; MatLab.

9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

9.2.1	Не требуется.
-------	---------------

10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

- Проектор и проекционный экран / плазменная панель
- Маркерная / меловая доска
- Компьютеры

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья, в зависимости от нозологий, осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.