

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Шишленина Максима Александровича «Прямые и итерационные методы регуляризации многомерных обратных задач акустики и электродинамики», представленную на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.01.07 – вычислительная математика

Актуальность темы исследований

Диссертационная работа Шишленина Максима Александровича «Прямые и итерационные методы регуляризации многомерных обратных задач акустики и электродинамики» посвящена изучению задач одной из бурно развивающихся за последние семьдесят лет области математики – теории обратных и некорректно поставленных задач, в частности, для уравнений с частными производными. Первые постановки такого рода задач сформулированы и изучены в известных работах А.Н. Тихонова в конце тридцатых годов прошлого века, которые были инициированы потребностями геологоразведки. Возникающие при таком подходе задачи нового типа для уравнений с частными производными являются, как правило, неустойчивыми к малым изменениям входных данных, то есть малые изменения входных данных задачи приводят, вообще говоря, к большому изменению решения этой задачи. Принципиально важным при исследовании таких задач является вопрос о единственности решения, а также построение устойчивых численных методов их решения.

Автором изучен широкий класс многомерных обратных задач акустики и электродинамики, исследована единственность, предложены методы решения, основанные на минимизации функционала невязки или тихоновского функционала итерационными методами. Несомненна актуальность и практическая значимость, что подтверждается эффективными практическими приложениями, описанными в приложениях к диссертации.

Научная новизна исследований и полученных результатов

Основная новизна полученных в работе результатов состоит в следующем:

1. Построены новые алгоритмы регуляризации, получены оценки скорости сходимости по функционалу и оценки скорости сильной сходимости градиентных методов решения задач продолжения с части границы акустических и электромагнитных полей. Получено новое правило остановки итерационных процессов, основанное на оценках условной устойчивости.
2. Впервые изучен характер неустойчивости двумерной задачи продолжения с части границы решения уравнения Гельмгольца в случае комплексного волнового числа.
3. Разработан итерационно-проекционный алгоритм решения коэффициентной двумерной обратной задачи для уравнения акустики. Доказана сходимость N -приближения к точному решению обратной задачи. Получена оценка скорости сходимости метода, использующая априорную информацию об искомом решении.
4. Построены, исследованы и реализованы алгоритмы регуляризации многомерных аналогов уравнений И.М. Гельфанда, Б.М. Левитана, М. Г. Крейна.
5. Разработанные алгоритмы решения задач продолжения апробированы на задачах продолжения с части границы электромагнитных полей.

Это в конечном итоге и позволило получить не только теоретические результаты, но и создать программные комплексы и применить их на практике.

Таким образом, в диссертационной работе М.А. Шишленина подробно и всесторонне исследованы указанные обратные задачи, что представляется важным как в теоретическом, так и в практическом плане. Поставленные и исследованные обратные задачи, безусловно, являются актуальными. Все основные результаты,

выносимые на защиту, получены впервые и представляют несомненный интерес для специалистов, работающих в области уравнений с частными производными и в области моделирования физических процессов, в том числе, в исследованиях связанных с необходимостью идентификации коэффициентов уравнений в частных производных и граничных условий.

Диссертация изложена на 226 страницах, состоит из оглавления, введения, трёх глав основного текста, заключения, списка литературы, содержащего 299 наименований, и приложений.

В главе 1 разработаны и исследованы методы регуляризации линейных обратных и некорректно поставленных задач акустики и электродинамики.

В главе 2 на основе проекционного метода исследована задача восстановления двумерного коэффициента в уравнении акустики. Обратная задача сведена к нелинейной системе интегро-дифференциальных уравнений Вольтерра. Доказана сходимость проекционного метода.

В главе 3 рассматриваются многомерные аналоги уравнений И.М. Гельфанда, Б.М. Левитана, М.Г. Крейна и строятся численные методы их решения.

В заключении формулируются основные результаты, полученные в работе.

В приложениях приведены метод обратной задачи рассеяния для интегрирования нелинейных волновых уравнений и получение интегрального уравнения В.А. Марченко, краткие технические характеристики георадара “Лоза”, проведено сравнение численных экспериментов с данными георадара. Исследована чувствительность данных обратной задачи к изменениям искомых параметров среды для задач околосокажинного зондирования.

Обоснованность и достоверность полученных результатов

Диссертация М.А. Шишленина обладает смысловым единством, основанием которого является общность применяемых методов исследования, а также то, что для всех исследованных задач обоснованы итерационные процедуры для нахождения решения обратных задач. В проведенных исследованиях рассмотрены

все сопутствующие моменты, изучен вопрос о существенности условий доказанных теорем, таким образом, работа носит законченный характер.

Научная и практическая ценность основных положений диссертации

Сформулированные в диссертации научные положения и основные **результаты** представляются **обоснованными**, так как в диссертации для всех утверждений приведены их точные формулировки, а также математически строгие и подробные доказательства.

Результаты диссертации **важны** как для **практических приложений**, связанных с идентификацией физических характеристик различных объектов, так и для дальнейшего развития **теории** обратных задач для уравнений акустики электродинамики и развития численных методов решения таких задач.

Публикации и соответствие паспорту специальности

Основные результаты по теме диссертации изложены в 34 печатных изданиях, из них 7 в журналах, рекомендованных ВАК, 7 в журналах, зарегистрированных в системе Web of Science, 15 в журналах, зарегистрированных в системе Scopus, и трех монографиях. Результаты диссертации докладывались и обсуждались на 4 всероссийских конференциях, 36 международных конференциях, а также на ведущих научных семинарах. Содержание диссертации соответствует специальности 01.01.07– вычислительная математика.

Замечания по диссертационной работе

Вместе с тем, представленная работа не свободна от недостатков в оформлении. В частности:

- 1) Стр. 44. Нет исследования вопроса об экстремумах функционала (1.28), существования глобального минимума, сходимости итерационной последовательности.
- 2) Стр. 45. Не описаны требования к коэффициентам уравнения (1.30).
- 3) Стр. 57-60. Найдены сингулярные числа оператора A . О влиянии их поведения на некорректность задачи Коши упомянуто, но в чем оно состоит, никак не объясняется. Между тем, именно это стоило бы прокомментировать подробно.
- 4) Стр. 105. В тексте указано, что можно перейти от обратной задачи (2.53)-(2.57) к решению задачи (2.58)-(2.62)'. Между тем не ясно, в чем эта задача заключается, что в ней задано, а что ищется.
- 5) Стр. 121. В граничном условии (2.106) есть γ . Не указано, константа это или функция, а если функция, то с какими свойствами. Ниже после формулы (2.108) написано, что при достаточной гладкости функции q , решение прямой задачи (2.105) – (2.107) существует. Между тем, q отсутствует в постановке этой задачи.

Отмеченные недостатки не снижают высокой оценки, которую заслуживает данная работа. Разработка прямых и итерационных методов решения многомерных обратных задач акустики и электродинамики, несомненно, является крупным научным достижением в области теории обратных задач для таких уравнений.

В автореферате обоснована актуальность исследования, его цели и задачи, научная новизна, практическая ценность и значимость научных результатов выносимых на защиту. В целом автореферат полно и правильно отражает содержание диссертации.

Заключение о работе

Считаю, что диссертация Шишленина Максима Александровича «Прямые и итерационные методы регуляризации многомерных обратных задач акустики и электродинамики» соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора физико-математических наук, согласно п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого правительством РФ

(№842 от 24.09.2013 г.), с изменениями постановления Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. № 335 «О внесении изменений в Положение о присуждении ученых степеней», а её автор, Шишленин Максим Александрович, безусловно, заслуживает присуждения ему учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.01.07 – вычислительная математика.

Официальный оппонент,
профессор кафедры математики физического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова,
д.ф.-м.н.



Анатолий Григорьевич Ягола

«16» августа 2016 г.

e-mail: yagola@physics.msu.ru

тел. (495)9391033

Подпись д.ф.-м.н, профессора кафедры математики физического факультета
МГУ Яголы А.Г. заверяю.

н.с. Декан физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, профессор



Н.Н.Сысоев

Ягола Анатолий Григорьевич

д.ф.-м.н., специальность 01.04.02 – теоретическая и математическая
физика, профессор по кафедре математики,

профессор кафедры математики физического факультета

Федерального государственного бюджетного образовательного

учреждения высшего образования «Московский государственный
университет имени М.В. Ломоносова» www.msu.ru,

Адрес: 119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1,

МГУ им. М.В. Ломоносова

Телефон: (495)9391033

E-mail: yagola@physics.msu.ru