

Отзыв

**официального оппонента на диссертацию Шергина Сергея Николаевича
«Аналитическое и численное исследование одного класса математических
моделей фильтрации и гидродинамики на основе теории обратных задач»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы
программ**

Диссертационная работа С.Н. Шергина посвящена исследованию обратных задач для математических моделей физических процессов фильтрации, гидро- и электродинамики. В работе, на основе теоретических результатов исследования, строятся численные алгоритмы решения, которые реализуются в виде комплекса компьютерных программ.

1. Актуальность темы исследования

Разработка эффективных численных методов решения обратных задач обусловлена необходимостью решения сложных задач практики (механики, геофизики и т.п.), требованиями достоверной обработки результатов научных исследований и корректной интерпретации реальных данных.

Целью диссертационной работы является исследование математических моделей фильтрации и гидродинамики на основе теории обратных задач с точечными условиями переопределения; математических моделей квазистационарных электромагнитных полей в анизотропных средах и нестационарных внутренних волн несжимаемой стратифицированной вращающейся жидкости с условиями переопределения общего вида.

Рассмотренные в работе обратные задачи представляют научный и прикладной интерес. Тема исследования несомненно является **актуальной**.

2. Научная новизна исследований и основных результатов

К новым научным результатам, являющимся заслугой автора диссертации, можно отнести:

– впервые исследованные вопросы корректности достаточно широкого класса многомерных обратных задач для математических моделей процессов фильтрации и гидродинамики, описываемых уравнениями Соболевского типа; доказана глобаль-

ная по времени корректность обратных задач с условиями переопределения общего вида для квазистационарных электромагнитных волн в анизотропных средах и нестационарных волн в несжимаемой стратифицированной жидкости.

– итерационные алгоритмы построения неизвестных, в общем случае нелинейных, коэффициентных функций уравнения, характеризующих физических параметры среды и функций плотности источника, в виде конечных сумм разложения по заданному базису;

– оригинальный комплекс программ автора для вычислений коэффициента средних гидравлических характеристик, функции плотности источника в обратных задачах фильтрации и численного определения параметров среды в математических моделях квазистационарных электромагнитных волн.

3. Степень обоснованности и достоверности основных положений и выводов

Степень обоснованности изложенных в работе результатов обеспечивается строгими математическими доказательствами всех утверждений, приведенных в диссертации. Доказательства утверждений изложены четко и ясно.

Достоверность научных положений подтверждается строгой постановкой начально-граничных задач, строгими математическими доказательствами формулируемых утверждений, результатами проведенных вычислительных экспериментов.

4. Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертанта

Научная значимость рассматриваемой диссертации заключается в доказательстве автором теорем существования и единственности, обосновании сходимости и устойчивости решений обратных задач фильтрации и гидродинамики, представленных моделями Соболевского типа – Баренблата-Желтова-Кочиной и Бусинеска-Лява. Исследованы модели квазистационарных электромагнитных полей в анизотропных средах и нестационарных внутренних волн в несжимаемой стратифицированной вращающейся жидкости.

Разработанные автором итерационные численные алгоритмы решения обратных задач и, на их основе, программный комплекс, сориентированы на решение

трехмерных практических задач.

Результаты работы могут найти применение в практических и лабораторных изысканиях университетов, научно-исследовательских и научно-технических организациях, таких как: Московский ГУ им. М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургский ГУ, Белгородский ГУ, Башкирский ГУ, Новосибирский ГУ, Тюменский индустриальный университет, Уральский федеральный университет имени Б.Н.Ельцина, Южно-Уральский ГУ, Югорский ГУ, Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, Институт геофизики УрО РАН, Институт механики УНЦ УрО РАН, НТЦ «Газпромнефть» и многих других.

5. Достоинства и недостатки по содержанию и оформлению диссертации

Представленная к защите диссертационная работа С.Н. Шергина по теоретическому уровню, глубине научной разработки, а также по практическим результатам может оцениваться как новый вклад в развитии методов решения обратных задач для уравнений Соболевского типа с точечными условиями переопределения.

Диссертация является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на актуальную тему и имеющей важное значение.

Автореферат полностью отражает содержание работы, оформление которой соответствует требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Основные результаты выполненной работы нашли отражение в 17 публикациях автора в открытой печати, из которых: 6 – статьи в журналах, рекомендованных ВАК, в том числе 3 – статьи в изданиях, входящих в системы цитирования Web Of Science и Scopus, 2 – свидетельства государственной регистрации программ и баз данных.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка рисунков, списка таблиц, списка литературы и приложения. Объем диссертационной работы составляет 168 страниц. Библиография содержит 185 наименований.

Во введении обосновывается актуальность, научная новизна и практическая значимость работы, проведен анализ близких по тематике работ других авторов. Формулируется цель, ставятся задачи исследования.

В первой главе приводятся вспомогательные утверждения, на которые автор

опирается в дальнейших доказательствах.

В второй главе рассматриваются обратные задачи с точечным переопределением для уравнений Соболевского типа: $Lu_t + Mu = f$ и $L_0u_{tt} + L_1u_t + L_2u = f$. В них вместе с решением определению подлежат неизвестные функции, входящие в правую часть и коэффициентные функции, входящие в сами уравнения. Такие задачи описывают процессы фильтрации в трещиноватых средах и процессы продольных колебаний упругих стержней под внешней нагрузкой.

Доказывается корректность обратных задач, описывается алгоритм численного решения и реализующий алгоритмы комплекс программ. Вычислительными экспериментами показывается устойчивость алгоритмов поиска решений по отношению к случайным возмущениям данных переопределения.

В третьей главе для обратных задач рассеяния электромагнитных волн в анизотропных средах и распространения внутренних волн в несжимаемой жидкости рассматриваются обратные задачи с переопределением общего вида для уравнений вида $L_0u_0 + \sum_{i=1}^m k_i \cdot L_i(x, t)u = f$. Показывается, что задача определения вектор-функции $\vec{k}$ коэффициентов уравнения имеет единственное решение, непрерывно зависящее от данных задачи. Для частного случая описаны алгоритм и программа ее численного решения, проведены вычислительные эксперименты.

В заключении приводятся выводы, обсуждаются направления дальнейшего развития исследований, приложений программного комплекса для решения возникающих при эксплуатации нефтяных месторождений практических задач фильтрации.

Автореферат полно и правильно отражает содержание диссертации.

Замечания.

1. В формулировке Леммы 1.1 (стр. 38) не уточняется, как величина γ соотносится с T (множество Q^γ — с множеством Q).
2. При доказательстве корректности задачи используется условие (2.11) обратимости матрицы $|B| \geq \delta_0 > 0$ для почти всех $t \in [0, T]$. Это означает, что могут существовать такие времена $\tilde{t} \in [0, T]$, при которых матрица не обратима. Как проверяется это условие при реализации алгоритма, не ясно.

3. При построении блок-схем алгоритмов (см. рис.2.1, 2.2) следовало соблюсти принцип структурности.
4. Графическое представление решений (рис. 2.4-2.5, 3.3-3.4) выходит за пределы рассматриваемой области G – единичного круга с центром в т. (0,0). Графики не имеют подписи осей.
5. В описании входных данных вычислительного примера (стр.101-102) указаны условия переопределения, не зависящие от времени, что не согласуется с динамичностью фильтрационного процесса.
6. Утверждение (стр.108) «... время вычисления увеличивается на величину, равную отношению количества узлов сеток» – не верно.
7. Вычислительный эксперимент по исследованию устойчивости результатов определения функции источника в задачах фильтрации следовало бы расширить, задавая, кроме 1% (стр.111), уровень случайных возмущений в диапазоне 5%...20%, например, с шагом в 5%.
8. В работе содержится ряд неточностей и опечаток.

Вместе с тем, указанные замечания не снижают научной и практической значимости исследований.

6. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения научных степеней

Диссертация Шергина С.Н. является законченной научно-квалификационной работой, соответствует следующим пунктам паспорта специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ: (п.2) развитие качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей; (п.3) разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением компьютерных технологий; (п.4) реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента.

Учитывая вышеизложенное, считаю, что рецензируемая работа «Аналитическое и численное исследование одного класса математических моделей фильтрации и гидродинамики на основе теории обратных задач» удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кан-

дидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а ее автор – Шергин Сергей Николаевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

**Доктор физико-математических наук, профессор
кафедры «Математическое моделирование»,
заместитель директора по научной работе
Стерлитамакского филиала Башкирского
государственного университета Министерства
науки и высшего образования России**



В.Н. Кризский

Кризский Владимир Николаевич
453103, г. Стерлитамак, пр. Ленина, д. 49,
тел.: (3473) 43-22-50,
e-mail: Krizsky@rambler.ru

Подпись заверяю:
Начальник отдела
правового и кадрового обеспечения

И.Ф. Валеев