

**УТВЕРЖДАЮ**  
**Проректор по научной деятельности**  
**федерального государственного**  
**автономного образовательного учреждения**  
**высшего образования**  
**«Казанский (Приволжский)**  
**федеральный университет»,**



Д. Г.-М. н., профессор  
Нургалиев Д.К.

» август 2018 г.

### **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

на диссертацию Алии Фиргатовны Скурыдиной

«Регуляризирующие алгоритмы на основе методов ньютоновского типа и нелинейных аналогов альфа-процессов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.07 —  
Вычислительная математика

В диссертационной работе А. Ф. Скурыдиной предлагаются и исследуются на сходимость устойчивые и экономичные алгоритмы на основе методов ньютоновского типа и альфа-процессов для решения нелинейных операторных уравнений, разрабатываются параллельные алгоритмы в виде комплекса программ решения обратных задач гравиметрии и магнитометрии на многоядерных и графических процессорах (видеокартах) для вычислений на сетках большого размера.

**Актуальность работы** обусловлена потребностями различных областей математической физики, теории цифровой обработки сигналов, акустики, медицины, химии, биологии, где поставленные обратные задачи относятся к классу некорректных задач. Например, структурные обратные задачи гравиметрии и магнитометрии описываются нелинейными интегральными уравнениями первого рода и являются некорректными. Важной проблемой является разработка программ для быстрой обработки данных на сетках большой размерности. Одним из направлений уменьшения времени расчетов является разработка, исследование и реализация экономичных и устойчивых численных методов и параллельных алгоритмов.

Кратко охарактеризуем **содержание диссертации**. Работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы.

Во введении дается общая характеристика работы, обосновывается актуальность темы исследований и приводится обзор работ, близких к теме диссертации.

В первой главе рассматриваются методы решения некорректных задач с монотонным оператором в гильбертовом пространстве. Используется двухэтапный подход, где на первом этапе производится регуляризация по Лаврентьеву, на втором этапе применяются итерационные алгоритмы решения регулярной задачи. Формулируются определения и приводится постановка задачи. Доказывается сходимость итераций метода Ньютона к регуляризованному решению. Изложена схема построения итерационных процессов — нелинейных аналогов альфа-процессов (метода минимальной ошибки, метода наискорейшего спуска и метода минимальных невязок) и доказывается их сходимость к регуляризованному

решению. Приводится оценка погрешности двухэтапного метода. Рассмотренные в данной главе итерационные методы применяются к решению модельного нелинейного интегрального уравнения.

Во второй главе рассматривается конечномерный случай, когда оператор исходного уравнения является немонотонным, но матрица его производной имеет неотрицательный спектр, состоящий из различных собственных значений. Для немонотонного оператора доказываются теоремы сходимости метода Ньютона с регуляризацией, нелинейных аналогов альфа-процессов, приводятся следствия для модифицированных аналогов альфа-процессов и оценка невязки двухэтапного метода, рассматривается пример решения нелинейного уравнения с немонотонным оператором.

В третьей главе предложены покомпонентные методы типа Ньютона и Левенберга – Марквардта для решения обратной задачи гравиметрии, вычислительная оптимизация метода Ньютона. Покомпонентный метод типа Ньютона предлагается для решения обратных задач гравиметрии в случае модели двухслойной среды, а метод типа Левенберга – Марквардта — для решения задачи гравиметрии в случае модели многослойной среды. Вычислительная оптимизация метода Ньютона позволяет учитывать структуру матрицы производной оператора задач гравиметрии и магнитометрии и использовать в вычислениях ее часть. Для модельных структурных обратных задач гравиметрии, имеющих большой размер входных данных, приводятся результаты расчетов с использованием параллельных вычислений на многоядерных процессорах и графических ускорителях. Описывается комплекс параллельных программ для выполнения на многоядерных процессорах и графических ускорителях NVIDIA.

В заключении приводятся основные результаты диссертации и планы дальнейшей работы в выбранном направлении.

### **Основные результаты диссертации:**

1. Для уравнения с монотонным оператором в рамках двухэтапного метода доказаны теоремы сходимости и сильной фейеровости метода Ньютона и нелинейных аналогов альфа-процессов при аппроксимации регуляризованного решения. В конечномерном случае результаты обобщены для уравнений с немонотонным оператором, производная которого имеет неотрицательный спектр.

2. Предложены экономичные покомпонентные методы типа Ньютона и типа Левенберга – Марквардта для решения нелинейных интегральных уравнений обратных задач гравиметрии. Для обратных задач гравиметрии и магнитометрии, где матрица производной с диагональным преобладанием, предложена вычислительная оптимизация метода Ньютона.

3. Создан программный комплекс, реализующий разработанные в диссертации методы на многоядерных и графических процессорах. С использованием данного комплекса проведены вычислительные эксперименты для задач с модельными и квазиреальными данными.

Можно утверждать, что перечисленные выше основные результаты диссертационной работы являются новыми, оригинальными и имеют теоретическую и практическую значимость.

**Значимость полученных результатов и рекомендации по их использованию**

Многомерные задачи теории гравиметрии и магнитометрии, имеют важное прикладное значение. В диссертационной работе получены результаты, позволяющие решать не только обратные задачи гравиметрии и магнитометрии нахождения поверхности раздела двухслойной среды, но и обратные задачи гравиметрии нахождения поверхности многослойной среды.

Все сказанное выше в совокупности позволяет классифицировать диссертацию Скурыдиной Алии Фиргатовны как законченное научное исследование, являющееся важным вкладом в современную теорию и практику математического моделирования и вычислительной математики.

Результаты работы могут использоваться специалистами Казанского (Приволжского) федерального университета, Институте Прикладной математики РАН ИМ. М.В.Келдыша, Институте математики и механики Уро РАН им. Н.Н. Красовского, Математического Института им. В.А. Стеклова, Институте вычислительной математики ИВМ РАН, Институте математики им. С. Л. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук, Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова, Санкт-Петербургского государственного университета, Московского физико-технического института (государственного университета), Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Амосова, Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН и других профильных институтов и вузов.

### **Замечания и рекомендации по диссертационной работе**

1. При аппроксимации интегрального оператора задач гравиметрии и магнитометрии по квадратурным формулам не учитывается погрешность.
2. При решении задач гравиметрии и магнитометрии с шумом стоило бы описать, откуда берется шум.
3. В тексте диссертации стоило бы подробнее пояснить о вычислениях на «на лету» на видеокартах.

4. В тексте присутствуют стилистические ошибки и опечатки. Например, на странице 56 вместо «зна» следовало бы указать «на»; на странице 58 в определении функции  $f$  должен стоять знак  $+$ , а не минус.
5. На страницах 14, 42, 44 желательно было бы указать примеры задач с не монотонными операторами.
6. В основных результатах есть утверждение об обобщении результатов для нелинейных аналогов  $\alpha$  процессов на конечномерный случай- в тексте диссертации об этом не говорится.

Указанные замечания ни в коей мере не снижают высокого научного уровня и значимости представленной работы.

### **Заключение**

Диссертация представляет собой законченный этап научного исследования, посвященного решению операторных уравнений в применении к актуальным и важным практическим задачам. Достоверность результатов подтверждается доказательствами теорем и согласующимися между собой многочисленными вычислительными экспериментами, проведенными различными методами.

Важно отметить, что исследованные в диссертационной работе и апробированные в расчетах параллельные алгоритмы могут быть эффективно использованы при численном решении ряда прикладных задач, описываемых интегральными уравнениями с другими ядрами.

При решении модельных задач на многоядерном процессоре достигнута эффективность параллельных программ, близкая к единице.

Отметим, что результаты диссертации с достаточной полнотой опубликованы в 13 печатных работах, из них 5 — в журналах из перечня ВАК и 3 — в изданиях, проиндексированных Scopus, что говорит о значительном объеме проделанной автором работы и признании результатов на международном уровне.

Материалы диссертации успешно прошли апробацию на российских и международных конференциях.

Автореферат правильно и полно отражает содержание работы.

Учитывая научную и практическую значимость полученных автором результатов, считаем, что диссертационная работа А. Ф. Скурыдиной «Регуляризирующие алгоритмы на основе методов ньютоновского типа и нелинейных аналогов альфа-процессов» удовлетворяет п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.07 — Вычислительная математика.

Диссертационная работа Скурыдиной Алии Фиргатовны «Регуляризирующие алгоритмы на основе методов ньютоновского типа и нелинейных аналогов альфа-процессов» выполнена на высоком научном уровне, является самостоятельной и законченной научно-квалификационной работой, а также отвечает требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности по специальности по специальности 01.01.07 – вычислительная математика, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, а её автор, Скурыдина Алиа Фиргатовна, несомненно, заслуживает присуждения указанной степени.

Настоящий отзыв и диссертационная работа Скурыдиной Алии Фиргатовны обсуждены и одобрены на расширенном заседании кафедры вычислительной

математики отделения прикладной математики и информатики Института вычислительной математики и информационных технологий Казанского (Приволжского) федерального университета «29» августа 2018 г., протокол №1.

доцент кафедры анализа данных и исследования операций КФУ,  
кандидат физико-математических наук,

Бандеров Виктор Викторович



Профессор кафедры вычислительной математики КФУ,  
доктор физико-математических наук, член-корреспондент  
Академии наук Республики Татарстан

Зав. кафедрой вычислительной математики  
КФУ, доктор физико-математических наук,  
профессор

Ильдар Бурханович Бадриев



Олег Анатольевич Задворнов



420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18,

Кафедра вычислительной математики отделения прикладной математики и информатики Института вычислительной математики и информационных технологий Казанского (Приволжского) федерального университета,

Телефон/факс +7 (843) 233-70-42,

Web-сайт организации: <https://kpfu.ru>

e-mail Ildar.Badriev@kpfu.ru

Специальность 01.01.07 — Вычислительная математика

*Авторы отзыва согласны на включение своих персональных данных в документы связанные с работой диссертационного совета Д 004.006.04*

*Авторы отзыва согласны на использование, обработку и передачу их персональных данных в соответствии с требованиями Минобрнауки России.*