

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.045.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 20.11.2014 № 24

О присуждении Долгову Сергею Владимировичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Алгоритмы и применения тензорных разложений для численного решения многомерных нестационарных задач»

по специальности 01.01.07 – «вычислительная математика»

принята к защите 15 августа 2014 г., протокол № 1 диссертационным советом Д 002.045.01 на базе федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики Российской академии наук (ИВМ РАН), по адресу 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 8, приказ о создании диссертационного совета № 1074-в от 11 июля 2003 г.

Соискатель Долгов Сергей Владимирович 1988 года рождения в 2011 году окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте вычислительной математики Российской академии наук (ИВМ РАН). **Научный руководитель** – доктор физико-математических

наук, чл.-корр. РАН Тыртышников Евгений Евгеньевич, директор федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики Российской академии наук (ИВМ РАН).

Официальные оппоненты:

Истомин Яков Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, заместитель руководителя отдела теоретической физики федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук,

Третьяков Алексей Анатольевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник федерального государственного бюджетного учреждения науки Вычислительного центра им. А.А. Дородницына Российской академии наук,
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук, г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном зам. директора ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, д.ф.-м.н, проф. Тишкиным В.Ф., указала, что «...диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, в которой решены важные и крайне актуальные задачи вычислительной математики. Уровень исследований значительно превосходит требования, обычно предъявляемые к кандидатским диссертациям. Достоверность и новизна результатов соответствуют требованиям ВАК. Автор диссертации, Долгов Сергей Владимирович, безусловно заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.07 – вычислительная математика.»

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, из них по теме диссертации опубликовано 7 научных работ общим объемом 3 печатных листа, в том числе **6 работ** опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

[1] Computation of extreme eigenvalues in higher dimensions using block tensor train format / S. V. Dolgov, B. N. Khoromskij, I. V. Oseledets, D. V. Savostyanov // Computer Phys. Comm. — 2014. — Vol. 185, no. 4. — P. 1207–1216.

[2] Dolgov S. V., Smirnov A. P., Tyrtshnikov E. E. Low-rank approximation in the numerical modeling of the Farley-Buneman instability in ionospheric plasma // J. Comp. Phys. — 2014. — Vol. 263. — P. 268–282.

[3] Dolgov S., Khoromskij B. Two-Level QTT-Tucker Format for Optimized Tensor Calculus // SIAM J. on Matrix An. Appl. — 2013. — Vol. 34, no. 2. — P. 593–623.

[4] Dolgov S. V. TT-GMRES: solution to a linear system in the structured tensor format // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling. — 2013. — Vol. 28, no. 2. — P. 149–172.

[5] Dolgov S. V., Khoromskij Boris N., Oseledets Ivan V. Fast solution of multi-dimensional parabolic problems in the tensor train/quantized tensor train-format with initial application to the Fokker-Planck equation // SIAM J. Sci. Comput. — 2012. — Vol. 34, no. 6. — P. A3016–A3038.

[6] Dolgov S. V., Oseledets I. V. Solution of linear systems and matrix inversion in the TT-format // SIAM J. Sci. Comput. — 2012. — Vol. 34, no. 5. — P. A2718–A2739.

В данных работах развивались итерационные методы решения систем линейных уравнений [4,6] и задач на собственные значения [1] для сжатых представлений данных в форматах малоранговых тензорных произведений, разрабатывались новые малоранговые представления [3], проводились теоретические [1,3,4] и практические [1–6] сравнения новых алгоритмов с разработанными ранее, в том числе адаптация и применение их к конкретным практическим задачам численного моделирования [1,2,5]. Все численные эксперименты были проведены лично автором. Также, автором были выведены аналитические

малоранговые представления для начальных данных и дискретных операторов в рассмотренных задачах [2,3,5] и доказана сходимость к точному решению [4]. Все основные результаты опубликованы в открытой печати. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

На автореферат поступил отзыв от Абдуллаева Санжара Муталовича, кандидата физико-математических наук, доктора географических наук, профессора кафедры вычислительной математики факультета Вычислительной математики и информатики ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный Университет (национальный исследовательский университет)». Отзыв содержит положительное заключение об автореферате диссертации и проведенном исследовании. Критические замечания относятся к структуре изложения автореферата: автор отзыва считает изложение результатов слишком кратким по сравнению с введением.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается междисциплинарным характером исследований, проведенных в диссертации. Истомин Я.Н. является экспертом по физике плазмы, в частности моделированию ионосферных явлений, а Третьяков А.А. – по теории и методам численной оптимизации, которая составляет главный математический аппарат, развиваемый в диссертации. Тематика диссертации (прикладные вычислительные методы) также вполне соответствует профилю ведущей организации (Институт прикладной математики РАН).

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: **разработан** новый вычислительный алгоритм для решения больших систем линейных уравнений с представлением данных тензорными произведениями, который позволяет проводить моделирование более сложных систем, чем были доступны ранее. **Предложена** численно эффективная

комбинация двух итерационных концепций: классических методов линейной алгебры и методов переменных направлений. **Показана** перспективность применения предложенного алгоритма для расчетов различных многомерных стохастических и квантовых систем. **Введены** новые, более понятные и согласованные обозначения для работы с представлениями многомерных массивов тензорными произведениями.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Доказана теорема о сходимости нового алгоритма к точному решению с геометрической скоростью независимо от начального приближения. Этого результата не существовало для ранее известных методов переменных направлений.

Применительно к проблематике диссертации результативно **использован** комплекс математического аппарата линейной алгебры и численного анализа, в частности, итерационных и оптимизационных методов. Ясно **изложены** основные положения, формулировки рассматриваемых прикладных моделей, идеи малорангового разделения переменных, достаточные условия и доказательства сходимости метода, а также численные эксперименты, подтверждающие применимость новой концепции. **Показаны** проблемы, возникающие при использовании ранее существовавших методов в новых задачах. **Изучены** особенности этих методов и задач, на основе чего **проведена модернизация** численных алгоритмов, что обеспечило получение новых результатов по теме диссертации.

Значение полученных соискателем результатов исследований подтверждается **разработкой и внедрением** в публично доступный программный пакет (ТТ-Toolbox) новые вычислительные алгоритмы достаточной степени общности для нахождения решений линейных систем в сжатом представлении. **Определены** перспективы дальнейшего использования этих результатов, в особенности, в

моделировании квантовых систем. **Создана** система практических рекомендаций по применению данных новых методов в конкретных задачах. **Представлены** возможности и ограничения предложенной методики, цели и пути для ее дальнейшего совершенствования.

Оценка достоверности результатов выявила, что **теория** сходимости разработанного метода построена на известном математическом аппарате, согласуется со свойствами предшествующих методов, использованных для построения нового подхода. **Идеи**, лежащие в основе предлагаемого подхода, **базируются** на анализе и сравнении теоретических свойств рассмотренных алгоритмов, а также их поведения в практических задачах. Для обоснования результатов **использованы** сравнения данных, полученных автором, с результатами, изложенными в предыдущих работах для тех же моделей, а также математические показатели корректности решения (невязка, оценка ошибок сеточной аппроксимации и т.п.). **Установлено** качественное и количественное совпадение результатов в одинаковых условиях экспериментов, при этом достигалась более высокая численная эффективность подхода, предложенного в диссертации.

Личный вклад соискателя состоит в разработке идеи комбинированного итерационного метода, получении аналитических сжатых представлений начальных данных, операторов (матриц) жесткости и перехода в схемах интегрирования по времени, программной реализации и проведении всех численных экспериментов, в том числе сравнении их с результатами, доступными в литературе по данной тематике, а также в апробации результатов: подготовке статей для публикации в журналах и проведении докладов.

Диссертационный совет пришел к следующему выводу: диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует

критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 30 января 2002 г. № 74 (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842). На заседании 20 ноября 2014 г. диссертационный совет принял решение присудить Долгову С.В. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности 01.01.07 – вычислительная математика, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 18 , против 0 , недействительных бюллетеней 0 .

Заместитель председателя
диссертационного совета

Лыкосов В.Н.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Бочаров Г. А.

Подписи В. Н. Лыкосова и Г. А. Бочарова заверяю:
Ученый секретарь ИВМ РАН

Шутяев В. П.

20 ноября 2014 г.

