

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.237.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ИНСТИТУТ
ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ ИМ. М.В. КЕЛДЫША РАН»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 26 января 2023 № 1

О присуждении **Тарасову Никите Игоревичу**, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Разработка численных алгоритмов и параллельных программ для моделирования некоторых задач промышленной экологии» по специальности 1.2.2 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите 29.09.2022 г. (протокол заседания № 7/пз) диссертационным советом 24.1.237.01, созданным на базе Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша Российской академии наук», 125047, Москва, Миусская пл., д. 4. Диссертационный совет утвержден приказом Минобрнауки России №105/нк от 11 апреля 2012 года.

Соискатель, **Тарасов Никита Игоревич** «12» мая 1993 года рождения, в 2017 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» с присвоением квалификации магистр по направлению подготовки 14.04.02 – Ядерные физика и технологии.

В 2021 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук» по направлению подготовки 09.06.01 – информатика и вычислительная техника с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

В настоящее время соискатель работает в должности младшего научного сотрудника в Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук».

Диссертация выполнена в Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша Российской академии наук». В период подготовки диссертации соискатель обучался в аспирантуре ИПМ им. М.В. Келдыша РАН.

Научный руководитель - доктор физико-математических наук, Поляков Сергей Владимирович, старший научный сотрудник (уч. зв.), ведущий научный сотрудник отдела №16 Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук», член диссертационного совета 24.1.237.01.

Официальные оппоненты:

Кобельков Георгий Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой вычислительной математики механико-математического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова,

Губайдуллин Ирек Марсович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией математической химии Института нефтехимии и катализа Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный университет» (ФГБОУ ВО «УдГУ»), г. Ижевск, в своем **положительном** отзыве, подписанном **Копысовым Сергеем Петровичем**, доктором физико-математических наук, профессором, руководителем кафедры вычислительной математики ФГБОУ ВО «УдГУ» ИМИТиФ, и утвержденным **Мерзляковой Галиной Витальевной**, доктором исторических наук, профессором, ректором ФГБОУ ВО «УдГУ», указала, что в качестве теоретической значимости исследования можно отметить разработку комплексных моделей для решения задач промышленной экологии. Практической ценностью диссертационной работы является разработанное вычислительное ядро и цифровая платформа, его интегрирующая, предназначенная для проведения вычислительных экспериментов на удаленных суперкомпьютерах. Диссертационная работа Тарасова Н.И. представляет собой законченное научное исследование, является актуальной и обладает научной новизной, теоретической значимостью и практической ценностью. Диссертационная работа соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 23 опубликованных работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 13 работ, из них в журналах из списка ВАК по профилю специальности 10 работ, в том числе 9 работ в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международных базах данных.

Список основных публикаций по теме диссертации:

1. Тарасов, Н.И. Моделирование потока несжимаемой вязкой жидкости с помощью метода двойного потенциала / Н.И. Тарасов, Ю.Н. Карамзин, Т.А. Кудряшова, С.В. Поляков // Препринты ИПМ им.

М.В.Келдыша. – 2018. – № 247. – 20 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2018-247>. **(БАК)**

2. Polyakov, S. Optimization of Parallel Computations for Modeling Water Purification Processes by Electromagnetic Method / S. Polyakov, T. Kudryashova, N. Tarasov // EngOpt 2018 Proceedings of the 6th International Conference on Engineering Optimization. – Springer, Cham. – 2019. – Pp. 754-765. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-97773-7_66. **(Springer)**

3. Tarasov, N.I. Incompressible Viscous Flow Simulation Using the Quasi-Hydrodynamic Equations' System / N.I. Tarasov, S.V. Polyakov, Yu.N. Karamzin, T.A. Kudryashova, V.O. Podryga, D.V. Puzyrkov // Mathematical Models and Computer Simulations. – 2020. – Vol. 12, No. 4. – Pp. 553-560. URL: <https://doi.org/10.1134/S2070048220040183>. **(Scopus, БАК)**

4. Поляков, С.В. Применение многомасштабного подхода для моделирования сорбционной фильтрации воздуха / С.В. Поляков, Т.А. Кудряшова, Н.И. Тарасов // Доклады РАН. Математика, информатика, процессы управления. – 2021. – Т. 500. - С. 1-5. Перевод: Polyakov S.V. Application of the Multiscale Approach to Simulation of Air Sorbent Filtration/ S.V. Polyakov, T.A. Kudryashova, N.I. Tarasov // Doklady Mathematics. – 2021. – Vol. 104, No. 5. – Pp. 297-300. URL: <https://doi.org/10.1134/S1064562421050094>. **(WoS, БАК)**

5. Tarasov, N. Computer modeling of air flows purification using sorption filters / N. Tarasov, Yu. Karamzin, T. Kudryashova, V. Podryga, S. Polyakov // Journal of Physics: Conf. Series (JPCS). – 2021. – V. 2028. – Paper 012025. – 7 p. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2028/1/012025>. **(Scopus, БАК)**

6. Kudryashova, T.A. Mathematical Modelling of Electrophysical Water Treatment / T.A. Kudryashova, S.V. Polyakov, N.I. Tarasov // Defect and Diffusion Forum. – 2021. – Vol. 412. – Pp. 149-162. URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/DDF.412.149>. **(WoS)**

7. Тарасов, Н.И. Архитектура и реализация цифровой платформы для проведения вычислительных экспериментов на суперкомпьютерах / Н.И. Тарасов // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. – 2022. – № 50. – 30 с. – URL: https://keldysh.ru/papers/2022/prep2022_50.pdf. (ВАК)

8. Tarasov, N.I. Modeling Formation and Removal of Limescale in Water Treatment Systems / N.I. Tarasov, T.A. Kudryashova, S.V. Polyakov // Doklady Mathematics. – 2022. – Vol. 106, No. 1. – P. 279-285. URL: <https://doi.org/10.1134/S1064562422040184>. (WoS, ВАК)

В работах [1, 3] вклад соискателя заключался в подборе модели внутреннего течения вязкой сжимаемой жидкости, разработке вычислительного алгоритма с возможностью проведения вычислительных экспериментов и его программная реализация. В работах [2, 6] рассматриваются процессы электромагнитной очистки водной среды, вклад автора состоял в разработке модели эволюции концентрации загрязнителя, проведении вычислительных экспериментов и анализе полученных результатов. Работа [4] посвящена вопросам многомасштабного моделирования, в рамках которых соискателем проводились вычислительные эксперименты с помощью разработанных численных алгоритмов моделей механики сплошных сред. В работах [5, 8] вклад соискателя состоял в разработке вычислительных алгоритмов комплексных математических моделей и проведении серии вычислительных экспериментов. В работе [7] соискателем разработана архитектура и реализация цифровой платформы для суперкомпьютерного моделирования задач промышленной экологии.

Научные статьи отражают основные результаты диссертационной работы. Недостоверных сведений в тексте диссертации об опубликованных соискателем работах нет.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы ведущей организации и оппонентов, также поступило 2 отзыва на автореферат. Все отзывы положительные. Отзывы содержат ряд замечаний:

В отзыве ведущей организации ФГБОУ ВО «УдГУ»:

1. Обзор современного состояния исследований по многомасштабным моделям и их распределенной программной реализации не приводится.

2. При представлении микромасштабной модели, использующей уравнения классической динамики Ньютона не приводятся виды граничных условий и реализуемых статистических ансамблей и их обоснование.

3. Непонятен окончательный выбор в работе: это комбинация «упрощенного» и «истинного» многомасштабных подходов. Какой подход используется и зачем приводится опять «истинно» многомасштабный подход (ИМП) стр. 51.

4. Используемая терминология не всегда понятна и рассматриваемые постановки, и алгоритмы прежде всего соответствуют сопряженным задачам с использованием двух уровней (масштабов).

5. Постановка рассматриваемых приведена задач на стр 38-44, а результаты на стр.102. Описание результатов стр. 103-... для какого метода, алгоритма, сетки, затраты на предобработку и вычисления и т. д.?

6. К сожалению, не представлено результатов сравнение используемых многомасштабных моделей и моделей сплошных сред и известными данными из работы [74].

7. Заключение не содержат конкретных выводов с описанием достигнутых новых результатов исследований по сравнению с ранее полученными результатами (вычислительны затраты, точность, параллельная эффективность и т.п.).

В отзыве официального оппонента д.ф.-м.н. Кобелькова Г.М.:

1. В работе слабо отражены преимущества, обеспечиваемые применением многомасштабный подхода. Для чего вводится микромасштабная модель: уменьшение количества исходных эмпирических данных, увеличение точности результатов?

2. Во второй главе при описании программной реализации приведены используемые методы распараллеливания, однако отсутствуют замеры ускорения и эффективности полученного параллельного приложения.

3. В четвертой главе при описании результатов математического моделирования не приведены реальные времена расчетов и необходимое для достижения стационарного состояния количество итераций.

В отзыве официального оппонента д.ф.-м.н. Губайдуллина И.М.:

1. Во введении указано, что отсутствие комплексных исследований процессов очистки связано в том числе с «большим объемом предварительных исследований необходимых для принятия тех или иных вычислительных моделей и компьютерных технологий». Однако, в настоящей работе тоже используются результаты предварительных исследований. Автору следовало отметить преимущество своей работы в части снижения объема предварительных исследований.

2. В диссертационном исследовании не описано, как в разработанном вычислительном алгоритме для решения нестационарных задач выбирается шаг по времени, является ли он постоянным или адаптивным.

3. Из диссертации не ясно, проводилось ли исследование фактического порядка точности разработанного численного метода на задачах, имеющих эталонное решение, или на последовательности сгущающихся сеток.

4. В главе 4 приведены размерности расчетных сеток, но не приведен шаг интегрирования по времени и примерное расчетное время каждой из задач. Указанные данные были бы полезны при оценке времени расчета практических задач.

В отзыве от Горева Игоря Васильевича, заместителя начальника научно-исследовательского отдела Федерального государственного унитарного предприятия «Российский федеральный ядерный центр

«Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики»:

1. Описание используемой микромасштабной модели в автореферате приведено очень кратко, в виде словесного описания и ссылок на литературу. Следует его расширить с приведением системы уравнений.

2. На стр. 9 в пояснительном тексте к формуле стоит обозначение D , а в самой формуле L .

3. На стр. 19 отсутствует рисунок 10, описание рисунков 11 и 12 не соответствует рисункам, похоже ошибка в нумерации.

В отзыве от д.ф.-м.н. Гасилова Владимира Анатольевича, профессора, заведующего отделом Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук»:

1. К автореферату имеются замечания редакционного характера, не снижающие общего положительного впечатления: на стр. 12 обозначения в третьем абзаце не соответствуют рис. 1 (индексы на рисунке надстрочные); на стр. 19 при нумерации рисунков пропущен 10.

В целом в присланных отзывах отмечается, что замечания не являются существенными, а диссертационная работа соискателя направлена на решение актуальной задачи и обладает научной новизной. Указывается, что содержание и результаты работы удовлетворяют паспорту научной специальности 1.2.2 и соответствуют требованиям п. 9 Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается широко известной компетенцией оппонентов и сотрудников ведущей организации в вопросах механики сплошных сред и вычислительной гидродинамики, в том числе, моделирования гидро- и газодинамических процессов, разработке комплексных математических моделей и вычислительных алгоритмов для решения важных прикладных

задач, что подтверждается многочисленными научными публикациями в данных областях и большим опытом преподавания связанных дисциплин.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1) **сформулированы и реализованы** комплексные математические модели, применяемые в задачах экологической направленности (процессы фильтрации, загрязнение функциональных элементов конструкции), в том числе: квазигидродинамическая модель течения водной среды с учетом динамики электромагнитного поля и процессов конвекции и диффузии заряженных примесей; квазигазодинамическая многокомпонентная модель течения воздушной среды с учетом наличия в ней твердых наноразмерных частиц; квазигидродинамическая многокомпонентная модель течения жидкой среды с учетом процессов конвекции, диффузии и химических превращений, и способы их уточнения и агрегирования в рамках многомасштабного подхода;

2) **предложены** методы численного анализа разработанных комплексных моделей, опирающиеся на метод конечных объемов на неструктурированных сетках, **разработаны** их программные реализации, ориентированные на использование современных компьютерных и суперкомпьютерных вычислительных систем;

3) **создана** цифровая платформа, интегрирующая прикладное программное обеспечение, реализующая всю цепочку вычислительного эксперимента при решении актуальных прикладных задач экологической направленности;

4) в рамках верификации и валидации цифровой платформы **получены** результаты численного моделирования для ряда практических задач промышленной экологии, подтвердившие эффективность разработанной компьютерной технологии.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что разработаны комплексные математические макроскопические модели

экологической направленности, параметры которых можно уточнить посредством использования многомасштабного подхода, объединяющего классические модели и методы механики сплошных сред и динамики частиц.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработанная цифровая платформа и комплекс параллельных программ позволяют проводить суперкомпьютерное моделирование процессов очистки водной и воздушной сред от загрязняющих их примесей методами макроскопического уровня или в рамках многомасштабных вычислений.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что полученные в работе результаты обеспечены использованием классических подходов при формировании комплексных моделей, составляющие их элементы представляют собой корректные постановки начально-краевых задач, основанные на хорошо известных, обоснованных и неоднократно проверенных математических подходах, при разработке вычислительного алгоритма комплексных моделей применялся консервативный сеточный метод конечных объемов, разработанное программное обеспечение верифицировано и валидировано путем решения модельных и практических задач, имеющих соответственно аналитическое решение и данные натурных экспериментов.

Личный вклад соискателя состоит в формировании набора комплексных математических моделей для исследования процессов тонкой фильтрации, разработке общего численного алгоритма, основанного на классическом методе конечного объема, программной реализации вычислительного ядра и цифровой платформы, проведении серии численных экспериментов с целью верификации и валидации сформированного программного обеспечения.

Вопросы соискателю задали члены диссертационного совета Четверушкин Б.Н., Тишкин В.Ф., Аристова Е.Н., Василевский Ю.В.,

Головизнин В.М., Меньшов И.С., Елизарова Т.Г., Змитренко Н.В., Колесниченко А.В.

Соискатель, Тарасов Н.И., ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, согласился с большинством сделанных замечаний и дал необходимые разъяснения в тех случаях, когда это было необходимо.

В дискуссии приняли участие Четверушкин Б.Н., Головизнин В.М., Елизарова Т.Г., Змитренко Н.В., Колесниченко А.В.

На заседании 26 января 2023 г. диссертационный совет принял решение:

за разработку комплексных математических моделей процессов очистки водной и воздушной сред и их программную реализацию в рамках интегрированной цифровой платформы, позволяющую проводить предсказательное моделирование процессов в устройствах тонкой фильтрации, присудить Тарасову Никите Игоревичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 - «математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 20, против 1, недействительных бюллетеней нет.

Председатель

диссертационного совета 24.1.237.01

Четверушкин Борис Николаевич

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.1.237.01

Корнилина Марина Андреевна

26 декабря 2023 г.

