

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.02

Соискатель: Цапко Екатерина Дмитриевна

Тема диссертации: Численные методы решения сингулярно возмущенных начальных и краевых задач для систем дифференциальных уравнений, моделирующих физические процессы

Специальность: 1.2.2. – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Решение диссертационного совета по результатам защиты: На заседании 13 января 2023 года (протокол № 24) диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Цапко Е. Д. «Численные методы решения сингулярно возмущенных начальных и краевых задач для систем дифференциальных уравнений, моделирующих физические процессы» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Цапко Екатерине Дмитриевне ученую степень кандидата физико-математических наук.

Присутствовали: Наумов А. В. – *председатель*, Кибзун А. И. – *зам. председателя*, Рассказова В. А. – *ученый секретарь*, а также члены диссертационного совета: Бардин Б. С., Битюков Ю. И., Борисов А. В., Гидаспов В. Ю., Иванов С. В., Колесник С. А., Котельников М. В., Красинский А. Я., Кузнецов Е. Б., Кузнецова Е. Л., Кулагин Н. Е., Куравский Л. С., Пантелеев А. В., Ревизников Д. Л., Семенихин К. В., Сеницин В. И., Сиротин А. Н.

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.2.327.02, к.ф.-м.н.



Начальник отдела
Т.А. Анискина

Рассказова
В. А. Рассказова

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.02, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 13.01.2023 №24

О присуждении Цапко Екатерине Дмитриевне, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Численные методы решения сингулярно возмущенных начальных и краевых задач для систем дифференциальных уравнений, моделирующих физические процессы» по специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите «28» октября 2022 года (протокол заседания № 22) диссертационным советом 24.2.327.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, приказы Минобрнауки России: о создании диссертационного совета № 714/нк от 02.11.2012, об изменении состава диссертационного совета № 628/нк от 07.10.2013, 574/нк от 15.10.2014, № 1339/нк от 29.10.2015, № 710/нк от 21.06.2016, № 1403/нк от 01.11.2016, № 1017/нк от 20.10.2017, № 272/нк от 27.03.2019.

Соискатель Цапко Екатерина Дмитриевна, 15 апреля 1996 года рождения. В 2019 году соискатель окончила Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по специальности «Прикладная математика». В период подготовки диссертации Цапко Е. Д.

обучалась в аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по программам подготовки научно-педагогических кадров в системе послевузовского профессионального образования по научной специальности 02.06.01 «Компьютерные и информационные науки» с 01.09.2019 г. по 31.08.2022 г. Соискатель с декабря 2019 по апрель 2021 года работала младшим специалистом по обработке данных в обществе с ограниченной ответственностью «Аапс Медиа». С октября 2020 по август 2022 была внешним совместителем в научно-исследовательском отделе кафедры 802 «Мехатроника и теоретическая механика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» в должности инженера.

Диссертация выполнена на кафедре 802 «Мехатроника и теоретическая механика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Кузнецов Евгений Борисович, профессор кафедры 802 «Мехатроника и теоретическая механика» Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

1. Андреев Степан Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры Общей физики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)».

2. Егорчев Михаил Вячеславович, кандидат физико-математических наук, старший программист-исследователь общества с ограниченной ответственностью «РобоСиВи».

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой «Вычислительная математика и математическая физика», доктором физико-математических наук, профессором Димитриенко Юрием Ивановичем и утвержденным проректором по технологическим разработкам и коммерциализации МГТУ им. Н.Э. Баумана, кандидатом технических наук, доцентом Степановым Родионом Олеговичем, указала, что диссертационная работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится новый подход к численному решению сингулярно возмущенных задач, моделирующих физические процессы. Работа соответствует паспорту специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (физико-математические науки). Диссертация отвечает всем требованиям положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Цапко Екатерина Дмитриевна, заслуживает присуждение ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Соискатель имеет 15 опубликованных научных работ по теме диссертации, из которых 5 работ опубликованы в изданиях из перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий (в том числе 4 работы опубликованы в журналах, реферируемых в международных базах Scopus и Web of Science). Без соавторов опубликована 1 научная работа. Зарегистрирована 1 программа для ЭВМ. Принята к печати 1 статья в Журнал Вычислительной Математики и Математической Физики.

Содержание данных работ в полной мере отражает содержание диссертационной работы, в которой отсутствуют некорректные и недостоверные ссылки, соискателем в данных работах получены основные практические и теоретические результаты.

Наиболее значимые научные работы соискателя по теме диссертации:

- 1) Кузнецов Е. Б., Леонов С. С., Цапко Е. Д. Параметризация задачи Коши для нелинейных дифференциальных уравнений с контрастными структурами // Вестник Мордовского университета. 2018. Т. 28. № 4. С. 486-510. (WoS)
- 2) Кузнецов Е. Б., Леонов С. С., Тархов Д. А., Цапко Е. Д., Бабинцева А. А. Численные методы решения задач с контрастными структурами // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2018. Т. 14. № 3. С. 539-547.
Перевод: Kuznetsov E. B., Leonov S. S., Tarkhov D. A., Tsapko E. D., Babintseva A. A. Arc Length and Multilayer Methods for Solving Initial Value Problems for Differential Equations with Contrast Structures // Modern Information Technology and IT Education. SITITO 2018. Communications in Computer and Information Science, Springer, Cham. 2020. Vol. 1201. Pp. 335-351. (Scopus)
- 3) Kuznetsov E. B., Leonov S. S., Tsapko E. D. A new numerical approach for solving initial value problems with exponential growth integral curves // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 927. No. 1. (Scopus)
- 4) Kuznetsov E. B., Leonov S. S., Tsapko E. D. Applying the Best Parameterization Method and Its Modifications for Numerical Solving of Some Classes of Singularly Perturbed Problems // Advances in Theory and Practice of Computational Mechanics. Smart Innovation, Systems and Technologies. Springer, Singapore. 2022. Vol. 274. Pp. 311-330. (Scopus)
- 5) Цапко Е. Д. Численное решение сингулярно возмущенной краевой задачи сверхзвукового течения, преобразованной к модифицированному наилучшему аргументу // Журнал Средне-Волжского математического общества. 2022. Т. 24. № 3. С. 304–316. (перечень ВАК)

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Отзыв на диссертацию официального оппонента, д.ф.-м.н., Андреева Степана Николаевича.

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

- 1) Не приводится алгоритм выбора модифицированного наилучшего аргумента.
- 2) Абсолютная устойчивость разностной схемы решения задач, преобразованных к наилучшему и модифицированному наилучшему аргументу доказана только для явного метода Эйлера.

Отзыв на диссертацию официального оппонента, к.ф.-м.н., Егорчева Михаила Вячеславовича.

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

- 1) Не приводится графическое изображение области устойчивости.
- 2) Выбор значения параметра экспоненциального аргумента является эмпирическим. Отсутствуют пояснения причин выбора того или иного значения для рассмотренных задач. Также представляется перспективной формулировка экспоненциального аргумента, не зависящая в явном виде от исходной независимой переменной, а связанная с локальными свойствами системы.

Отзыв на диссертацию ведущей организации.

Замечания по диссертации:

- 1) Не приводится общий алгоритм выбора модифицированного наилучшего параметра.
- 2) Области устойчивости параметризованных задач получены только для метода Эйлера.

Отзывы на автореферат.

1. **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики систем и теории управления имени В. М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук (ИДСТУ СО РАН).**

Отзыв подписан доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником лаб 1.1. Дифференциальных уравнений и управляемых систем ИДСТУ СО РАН Булатовым Михаилом Валерьяновичем. Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

- 1) нет сравнения эффективности численного счета с известными специализированными методами решения жестких начальных и краевых задач.
- 2) отсутствует обоснование выбора параметра для модифицированного наилучшего аргумента.

2. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет»

Отзыв подписан кандидатом физико-математических наук, доцентом, доцентом кафедры «Математика» Московского политехнического университета Коганом Ефимом Александровичем. Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

- 1) Не приведено графическое изображение области устойчивости.
- 2) Блок – схема разработанной вычислительной программы не прокомментирована.

3. Производственный комплекс «Салют» АО «ОДК» НТЦ «МКБ «Гранит»

Отзыв подписан доктором физико-математических наук, профессором, начальником бюро КО прочности и ТМО Лопаницыным Евгением Анатольевичем. Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

- 1) Не приведено сравнение вычислительной эффективности предлагаемого подхода с известными специализированными методами решения жестких начальных и краевых задач.
- 2) Вызывает сожаление, что в диссертации отсутствует исследование абсолютной устойчивости для рассмотренных в работе алгоритмов, построенных на основе метода Рунге-Кутты 4-го порядка.

4. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва».

Отзыв подписан кандидатом физико-математических наук, доцентом кафедры прикладной математики, дифференциальных уравнений и теоретической механики Песковой Елизаветой Евгеньевной. Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

- 1) Отсутствие в тексте автореферата систем уравнений, получаемых в ходе преобразования к наилучшему аргументу. Хотя понятно, что эта проблема во многом связана с ограниченностью пространства автореферата.
- 2) Незначительные опечатки (например, «позволяя» вместо «позволяющим» на стр. 6; «страционарном» вместо «стационарном» на стр. 13 и т.д.).

5. Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии Российской Академии Наук

Отзыв подписан доктором технических наук, профессором, главным научным сотрудником отдела Экстремальных состояний вещества ФИЦ проблем химической физики и медицинской химии РАН Остриком Афанасием Викторовичем. Отзыв положительный. В качестве замечания к автореферату автором отзыва отмечено, что остается не выясненным вопрос о том, является ли предложенная модификация аргумента наилучшей, и нельзя ли изменить эту модификацию в ходе вычисления на основе получаемых текущих результатов счета.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области тем, затрагиваемых в диссертационном исследовании.

Официальный оппонент, д.ф.-м.н., Андреев Степан Николаевич работает профессором кафедры «Общая физика» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский

физико-технический институт (национальный исследовательский университет)». Область научных интересов включает в себя различные вопросы кинетики фазовых переходов первого рода в конденсированных средах и плазме под действием интенсивного лазерного излучения, поведения вещества вблизи критической точки перехода «жидкость-пар», вопросы классической статистической механики, нелинейные эффекты и ядерные реакции в релятивистской лазерной плазме. Такие задачи зачастую моделируются сингулярно возмущенными уравнениями. Андреев С. Н. является автором свыше 90 научных трудов, которые опубликованы в журналах и сборниках, реферируемых в международных базах Scopus и Web of Science, и одной монографии.

Официальный оппонент, к. ф.-м. н., Егорчев Михаил Вячеславович – старший программист-исследователь. Область научных интересов – динамические системы, математическое и вычислительное моделирование, нейросетевое моделирование. Автор 13 научных работ, которые опубликованы в журналах и сборниках из перечня ВАК или индексируемых в международных базах Scopus и Web of Science.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» является одним из сильнейших образовательных учреждений по подготовке технических специалистов. Основными научными направлениями кафедры ФН11 «Вычислительная математика и математическая физика», подготовившей отзыв на диссертацию, являются моделирование новых материалов, композиционных материалов и наноструктур, суперкомпьютерное моделирование аэро-газодинамических и теплофизических, термомеханических процессов, моделирование в механике сплошных сред и т.д.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований получены следующие научные результаты:

- разработана модификация наилучшей параметризации для решения сингулярно возмущенных начальных и краевых задач для систем обыкновенных дифференциальных уравнений с экспоненциальной скоростью роста интегральных кривых.
- проведено численное моделирование задачи возникновения сверхзвукового потока при вдувании газа в канал постоянного и параболического сечения.
- получено обобщающее доказательство о расширении области абсолютной устойчивости разностной схемы явного метода Эйлера для задач, преобразованных к наилучшему аргументу.
- исследована абсолютная устойчивость разностной схемы явного метода Эйлера для задач, преобразованных к модифицированному наилучшему аргументу.
- разработан комплекс программ, который может быть использован для проведения численных экспериментов и анализа численного решения начальных и краевых задач с использованием метода продолжения решения по наилучшему аргументу и его модификации.

Теоретическая значимость и новые эффективные результаты исследования обоснованы тем, что:

- введен новый аргумент продолжения решения по параметру, названный экспоненциальным наилучшим аргументом, для решения сингулярно возмущенных начальных и краевых задач для систем обыкновенных дифференциальных уравнений.
- обобщено доказательство теоремы об абсолютной устойчивости разностной схемы явного метода Эйлера для задач, преобразованных к наилучшему аргументу.
- получены условия и область абсолютной устойчивости разностной схемы явного метода Эйлера для задач, преобразованных к экспоненциальному наилучшему аргументу.

- доказано, что существуют такие значения параметра экспоненциального наилучшего аргумента, которые позволяют увеличить область абсолютной устойчивости по сравнению с наилучшим аргументом.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработанный численный подход может быть использован при решении начальных и краевых задач, моделирующих различные физические процессы.
- разработан программный комплекс для проведения численного моделирования начальных и краевых задач для систем обыкновенных дифференциальных уравнений с возможностью перехода к наилучшему аргументу и его экспоненциальной модификации.

Достоверность полученных результатов обеспечивается:

- строгим использованием адекватного математического аппарата.
- согласованностью полученных результатов с результатами других авторов в частных и предельных случаях.

Личный вклад. Автором реализованы используемые численные методы решения начальных и краевых задач в программной среде Matlab, проведены численные эксперименты и выполнен анализ полученных расчетов. Выбор круга рассматриваемых задач и разработка модифицированного наилучшего аргумента проводились под руководством Е. Б. Кузнецова и С. С. Леонова. Автору принадлежат формулировки и доказательства основных теоретических результатов.

Диссертационный совет считает, что диссертационная работа Цапко Екатерины Дмитриевны является самостоятельно выполненной, завершенной научно-квалификационной работой, в которой получены важные результаты в области разработки численных методов и программных комплексов при решении сингулярно возмущенных начальных и краевых задач для систем обыкновенных дифференциальных уравнений, моделирующих физические

процессы. Диссертация удовлетворяет пункту 9 постановления Правительства РФ №842 от 24.09.2013 «О порядке присуждения ученых степеней».

На заседании 13 января 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Цапко Е. Д. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 6 докторов наук по специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 20, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета
24.2.327.02, д.ф.-м.н., доцент

А. В. Наумов

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.2.327.02, к.ф.-м.н.

В. А. Рассказова

13 января 2023 г.

Начальник сектора УДС МАИ
Т.А.

