

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.047.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ
ГЕОФИЗИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
НАУК, МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 25.01.2022 № 1

О присуждении Петраковой Виктории Сергеевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Численные методы решения задач «среднего поля»» по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите 26 октября 2021 года (протокол заседания № 3) диссертационным советом 24.1.047.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 6, созданного приказом Минобрнауки России № 105нк-209 от 11.04.2012 г.

Соискатель Петракова Виктория Сергеевна, 10.04.1994 года рождения. В 2016 году окончила Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», ведомственная принадлежность – Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, по направлению подготовки 02.04.01 – Математика и компьютерные науки.

В 2020 году соискатель окончила очную аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет», ведомственная принадлежность – Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, по направлению подготовки 09.06.01 – «Информатика и вычислительная техника».

Работает младшим научным сотрудником в Институте вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук – обособленном подразделении Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр

«Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на базовой кафедре вычислительных и информационных технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – член-корреспондент РАН, профессор, доктор физико-математических наук, Шайдуров Владимир Викторович, руководитель научного направления «Математическое моделирование» Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

Шананин Александр Алексеевич – член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт» (Национальный исследовательский университет), заведующий кафедрой «Анализ систем и решений»;

Даутов Рафаил Замилович – доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», заведующий кафедрой вычислительной математики Института вычислительной математики и информационных технологий,

– дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова», г. Якутск в своем положительном заключении, подписанном Васильевым Василием Ивановичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим научно-исследовательской кафедрой «Вычислительные технологии»,

указала, что диссертационная работа В.С. Петраковой «Численные методы решения задач «среднего поля»» является научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям Министерства образования и науки РФ, предъявляемой к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, установленными «Положением о порядке присуждения ученых степеней», а её автор Петракова Виктория Сергеевна заслуживает

присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 15 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 8 работ. Работы представляют собой научные публикации (8 работ опубликованы в изданиях, индексируемых в базах Scopus, из них 5 индексируются в базах Web of Science, 3 изданы в журналах, входящих в перечень ВАК), зарегистрированный программный комплекс для ЭВМ, тезисы международных и российских конференций. Общий объем публикаций составляет 101 страницу (6.3 печатных листов). Работы в полном объеме отражают содержание диссертации. В диссертации **отсутствуют недостоверные сведения** об опубликованных соискателем ученой степени работах. В работе отражены все основные результаты научного исследования. Все выносимые на защиту результаты получены автором лично.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. V. Shaydurov, S. Zhang, **V. Kornienko (Петракова)**, Computation of Mean-Field Equilibria with Correlated Stochastic Processes / Lecture Notes in Computer Science. – 2019. – V. 11386. – P. 468-475. DOI: 10.1007/978-3-030-11539-5_54
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-11539-5_54

В данной работе соискатель участвовала в доработке вычислительных схем, проверке их аппроксимации. На основе полученного алгоритма соискатель разработала программу, провела вычислительный эксперимент и численную оценку сходимости вычислительных схем, а также наравне с соавторами принимала участие в анализе и обработке полученных результатов.

Объем печатных листов личного вклада соискателя 0.16 п.л.

2. V.V. Shaydurov, **V.S. Kornienko (Петракова)**, “Mean Field Games” as mathematical models for control and optimization of business activity / // J. Sib. Fed. Univ. Humanit. soc. Science. – 2019 – V. 12(4). – P. 701–715. DOI: 10.17516/1997–1370–0418.
<http://elibr.sfu-kras.ru/handle/2311/110105>

В данной обзорной статье соискателю принадлежит литературный обзор развития моделей «среднего поля».

Объем печатных листов личного вклада соискателя 0.31 п.л.

3. V. Shaydurov, S. Zhang, **V. Kornienko (Петракова)**. Approximations of two-dimensional Mean Field Games with nonsymmetric controls / V. Shaydurov, S. Zhang, V. Kornienko // Journal of Computational and Applied Mathematics. – 2020. – V. 367. – Art. № 112461. DOI: 10.1016/j.cam.2019.112461.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377042719304649?via%3Dihub>

В данной работе соискатель участвовала в доработке вычислительных схем, исследовании аппроксимации. На основе полученного алгоритма соискатель разработала программу, провела вычислительный эксперимент и численную оценку сходимости вычислительных схем, а также наравне с соавторами принимала участие в анализе и обработке полученных результатов.

Объем печатных листов личного вклада соискателя 0.45 п.л.

4. V. Shaydurov, **V. Kornienko (Петракова)**. Mean Field Game Problem with non-quadratic control function / AIP Conference Proceedings. – 2019. – V. 2164. – Art. № 110012. DOI: 10.1063/1.5130857.
<https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5130857>

В данной работе соискателю принадлежит идея рассмотрения управления динамической системой, как параметрической функции, что позволяет моделировать некоторые социальные и экономические процессы (например, наличие нескольких оптимальных стратегий у игрока); а также постановка одномерной задачи «среднего поля» с разрывным управлением; модификация вычислительного алгоритма, предложенного соавтором для традиционных постановок; разработка программ на основе построенного алгоритма и проведение вычислительного эксперимента; обработка и анализ результатов.

Объем печатных листов личного вклада соискателя 0.34 п.л.

5. Шайдуров В.В., **Корниенко (Петракова) В.С.**, Каропова Е.Д. Конечно-разностный аналог задачи равновесия «среднего поля» / Вычислительные технологии – 2020. – Т. 25, № 4. – С. 31-41. DOI: 10.25743/ICT.2020.25.4.004.
<http://www.ict.nsc.ru/jct/annotation/1984>

В данной работе соискатель обобщила постановку одномерной (по пространству) задачи «среднего поля» и численный алгоритм её решения, предложенные соавторами в более ранних работах, на случай неквадратичной функции управления динамической системой. На основе полученного алгоритма соискатель разработала программу, провел вычислительный эксперимент и численную оценку сходимости

вычислительных схем, а также наравне с соавторами принимал участие в анализе и обработке полученных результатов.

Объем печатных листов личного вклада соискателя 0.23 п.л.

6. Shaydurov V., **Kornienko (Петракова) V.**, Zhang S. The Euler-Lagrange Approximation of the Mean Field Game for the Planning Problem / Lobachevskii Journal of Mathematics – 2020. – Т. 41, № 12. – С. 2703-2714. DOI: 10.1134/S1995080220120380.

<https://link.springer.com/article/10.1134%2FS1995080220120380>

В данной работе соискатель предложила начальную постановку задачи «среднего поля» с ограничением на финальное распределение агентов, которая в дальнейшем была доработана соавторами. Участвовала в построении вычислительных схем, исследовании аппроксимации и обосновании устойчивости. На основе полученного алгоритма соискатель разработала программу, провела вычислительный эксперимент и численную оценку сходимости вычислительных схем, а также наравне с соавторами принимала участие в анализе и обработке полученных результатов.

Объем печатных листов личного вклада соискателя 0.27 п.л.

7. **V. Kornienko (Петракова)**, V. Shaydurov. A finite-difference solution of Mean Field problem with a predefined control resource / AIP Conference Proceedings. – 2020. – V. 2302. – Art. № 110004. DOI: 10.1063/5.0033646.

<https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/5.0033646>

В данной работе соискателю принадлежит постановка одномерной задачи «среднего поля» с ограничением на затраты на управление; модификация вычислительного алгоритма, предложенного соавтором для традиционных постановок; разработка программ на основе построенного алгоритма проведение вычислительного эксперимента, обработка и анализ результатов.

Объем печатных листов личного вклада соискателя 0.35 п.л.

8. V. Shaydurov, S. Zhang, **V. Kornienko (Петракова)**. A finite-difference solution of mean field problem with the fractional derivative for subdiffusion / AIP Conference Proceedings. – 2020. – V. 2302. – Art. № 020001. DOI: 10.1063/5.0033606.

<https://aip.scitation.org/doi/10.1063/5.0033606>

В данной работе соискатель участвовала в доработке вычислительных схем, исследовании аппроксимации и устойчивости предложенных

соавторами вычислительных схем для задач «среднего поля» с дробной производной.

Объем печатных листов личного вклада соискателя 0.06 п.л.

9. Корниенко (Петракова) В.С. Программа для оптимизации управления мультиагентной системой. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020611291

Соискателем реализованы построенные в ходе работы эффективные численные методы и алгоритмы в виде комплекса проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительных экспериментов.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

На автореферат поступил отзыв, подписанный д.ф.-м.н. Агошковым Валерием Ивановичем, главным научным сотрудником Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики им. Г.И. Марчука Российской академии наук, г. Москва. Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

1. В автореферате следовало отметить, почему при использовании предложенной численной схемы для уравнения Фоккера-Планка полученное распределение агентов $m(t, x)$ не отрицательно.
2. В автореферате встречаются опечатки. Например, на странице 7, при упоминании уравнения «Фоккера-Планка-Колмогорова».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями в области математического моделирования, разработки численных методов для решения уравнений параболического типа, постановки и обобщению теории «игр среднего поля» для некоторых областей экономики; наличием у них публикаций по соответствующим направлениям и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан программный комплекс, реализующий численное решение задач «среднего поля», описываемых системами дифференциальных уравнений в частных производных с новыми формулировками данных;

предложены модифицированные математические модели, основанные на теории игр «среднего поля» и применимые к оптимизационным задачам с неквадратичным контролем и задачам с ограничениями на финальное состояние агентов;

доказаны точность, стабильность и эффективность разработанных численных алгоритмов и программного комплекса путем доказательства утверждений и теорем, а также численным анализом сходимости известным математическим методом.

введена в рассмотрение комбинация Эйлера-Лагранжевой аппроксимации для операторов переноса и конечно-разностных приближений для диффузионных частей.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:
доказана высокая эффективность построенных вычислительных алгоритмов как с помощью аналитических оценок и численного анализа, так и сравнением с существующими алгоритмами в работах других авторов;
применительно к проблематике диссертации результативно использован метод Рунге для численного анализа сходимости построенных вычислительных схем, метод множителей Лагранжа в применении к сеточным задачам оптимизации;
изложен алгоритм построения сопряженной сеточной оптимизационной задачи, описывающей поведение популяции с большим числом участников в условиях стратегических ситуаций;
раскрыта возможность использования неквадратичных функций управления;
изучена математическая модель, основанная на теории игр «среднего поля» и применимая к оптимизационным задачам с ограничениями на финальное состояние агентов;
проведена модернизация существующих математических моделей «среднего поля», посредством использования новых функций и ограничений.

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

разработаны и внедрены в учебный процесс вычислительные алгоритмы для одно- и двумерных оптимизационных задач, основанные на полулагранжевом приближении, наследующие полезные свойства дифференциальных задач и приводящие к явным локальным правилам минимизации целевого функционала;

определены перспективы практического использования построенных алгоритмов в области экологии, экономики отдельных отраслей и регионов для достижения заданных социальных и экономических целей и прогноза критических ситуаций;

создан комплекс проблемно-ориентированных программ для численного решения различных постановок «среднего поля» на основе построенных алгоритмов;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию постановок задач «среднего поля» и методам их решения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях;

теория подтверждается проверкой и обоснованием сходимости численных методов, строгим выводе используемых моделей и обеспечением законов сохранения при построении вычислительных схем;

идея базируется на сопряженности операторов уравнений сеточной задачи «среднего поля» в соответствующих векторных пространствах;

использованы модельные, исследованные в литературе, постановки задач «среднего поля» для оценки сходимости и эффективности построенных вычислительных алгоритмов;

установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике и реальными ожиданиями;

использованы прямые методы решения систем линейных уравнений, программирование и оптимизация на языке высокого уровня для реализации программного комплекса.

Личный вклад соискателя состоит в:

- участии в исследовании применимости полулагранжева метода к решению задач прогнозирования;
- численной оценке сходимости полученных методов;
- разработке вычислительных алгоритмов и комплекса программ;
- проведении расчетов, обработке и анализе полученных результатов;
- разработке модифицированных постановок задач «среднего поля»;
- подготовке научных статей и докладов по теме диссертационной работы.

В ходе защиты диссертации критических замечаний не поступило.

Соискатель Петракова В.С. **ответила** на задаваемые ей вопросы в ходе заседания и привела собственную аргументацию.

На заседании **25 января 2022 г.** диссертационный совет принял решение за решение научной задачи, имеющей значение для развития методов моделирования поведения систем с большим числом компонентов **присудить** Петраковой В.С. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 13 докторов наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», участвующих в заседании, из 24 человек, входящих в состав

совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали:
за – 18, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
Диссертационного совета 24.1.047.01
Доктор физико-математических наук,
член-корреспондент РАН, профессор

Кабанихин С.И.

Ученый секретарь
Диссертационного совета 24.1.047.01
Доктор физико-математических наук,
доцент



Сорокин С.Б.

25 января 2022 г.