

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

24.2.437.05 (Д 212.298.14), СОЗДАННОГО НА БАЗЕ федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 29.06.2021 года, № 52 о присуждении Гавриловой Ольге Витальевне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Численно-аналитические методы и алгоритмы исследования математических моделей автокаталитической реакции с диффузией и распространения нервного импульса в мембранной оболочке» по специальностям 1.2.2 (05.13.18) – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ; 2.3.1 (05.13.01) – Системный анализ, управление и обработка информации (информатика, информационно-вычислительное обеспечение), принята к защите 26 апреля 2021 года (протокол заседания № 52/п) диссертационным советом 24.2.437.05 (Д 212.298.14), созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 454080, г. Челябинск, пр. В.И. Ленина, д. 76, приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 11 апреля 2012 года № 105/нк.

Соискатель Гаврилова Ольга Витальевна 1983 года рождения. В 2006 г. О.В. Гаврилова окончила государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Челябинский государственный педагогический университет» по специальности «Математика, информатика» с квалификацией «Учитель математики, информатики». В 2016 г. О.В. Гаврилова окончила магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южно-Уральский

государственный университет» (национальный исследовательский университет) по направлению «Математика», в 2020 г. окончила очную аспирантуру при кафедре уравнений математической физики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)». Соискатель работает старшим преподавателем на кафедре уравнений математической физики в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре уравнений математической физики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Манакова Наталья Александровна, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры уравнений математической физики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

Чистяков Виктор Филимонович – доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова» Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория системного анализа и вычислительных методов, главный научный сотрудник;

Сукачева Тамара Геннадьевна – доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», кафедра алгебры и геометрии, заведующий кафедрой, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск – в своем положительном отзыве, подписанном Смирновой Ларисой Викторовной, кандидатом физико-математических наук доцентом, доцентом кафедры прикладной математики и информатики; Тулуповым Олегом Николаевичем, доктором технических наук, профессором, проректором по научной и инновационной работе и утвержденном Чукиным Михаилом Витальевичем, доктором технических наук, профессором, ректором федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова», указала, что полученные результаты развивают теории оптимального управления, уравнений соболевского типа, функционального и системного анализов. Итоги численно-аналитического исследования позволяют сделать вывод о применимости и эффективности предлагаемых методов при решении различных задач биофизики и кинетической химии, например, при известных параметрах систем и начальных данных выявить наличие нескольких решений, а в условии единственности решений исследовать задачу оптимального регулирования, в том числе и в многокомпонентном случае. Диссертационная работа О.В. Гавриловой «Численно-аналитические методы и алгоритмы исследования математических моделей автокаталитической реакции с диффузией и распространения нервного импульса в мембранной оболочке» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для математического моделирования и численных методов. Полученные результаты соответствуют научным специальностям 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ; 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (информатика, информационно-вычислительное обеспечение). Результаты диссертации являются новыми, строго обоснованы и получены автором самостоятельно. Автореферат и публикации достаточно полно отражают содержание диссертации.

Диссертационная работа соответствует пп. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней Министерства науки и высшего образования Российской

Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Гаврилова Ольга Витальевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ; 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (информатика, информационно-вычислительное обеспечение).

Соискатель имеет 16 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 16 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ (6 – в изданиях, рекомендованных ВАК, из них 2 – в изданиях Scopus, Web of Science), получено 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ и 1 свидетельство о регистрации программного комплекса. В диссертацию включены результаты, полученные автором лично, авторский вклад составляет 98 стр. (6,125 п.л.). В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах. Наиболее значимые научные работы соискателя по теме диссертации:

1. Манакова, Н.А. Оптимальное управление для одной математической модели распространения нервного импульса / Н.А. Манакова, **О.В. Гаврилова** // Вестник ЮУрГУ. Серия: Математическое моделирование и программирование. – 2015. – Т. 8, № 4. – С. 120–126. (7 с/4 с)

2. Manakova, N.A. About Nonuniqueness of Solutions of the Showalter – Sidorov Problem for One Mathematical Model of Nerve Impulse Spread in Membrane / N.A. Manakova, **O.V. Gavrilova** // Вестник ЮУрГУ. Серия: Математическое моделирование и программирование. – 2018. – Т. 11, № 4. – С. 161–168. (8 с/5 с)

3. Gavrilova, O.V. Numerical Study of a Mathematical Model of an Autocatalytic Reaction with Diffusion in a Tubular Reactor / O.V. Gavrilova // Journal of Computational and Engineering Mathematics. – 2018. – V. 5, № 3. – P. 24–37.

4. Gavrilova, O.V. Numerical Study on the Non-Uniqueness of Solutions to the Showalter – Sidorov Problem for one Degenerate Mathematical Model of an Autocatalytic Reaction with Diffusion / O.V. Gavrilova // Journal of Computational and Engineering Mathematics. – 2019. – V. 6, № 4. – P. 3–17.

5. Gavrilova, O.V. Optimal Control over Solutions of a Multicomponent Model of Reaction-Diffusion in a Tubular Reactor / O.V. Gavrilova // Вестник ЮУрГУ. Серия: Математика. Механика. Физика. – 2020. – Т. 12, № 1. – С. 14–23.

6. Gavrilova, O.V. A Numerical Study of the Optimal Control Problem for Degenerate Multicomponent Mathematical Model of the Propagation of a Nerve Impulse in the System of Nerves / O.V. Gavrilova // Journal of Computational and Engineering Mathematics. – 2020. – V. 7, № 1. – P. 47–61.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Гликлиха Юрия Евгеньевича, доктора физико-математических наук, профессора, профессора кафедры алгебры и математических методов гидродинамики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет», г. Воронеж. Отзыв положительный, замечаний нет.

2. Мещерякова Романа Валерьевича, доктора технических наук, профессора, главного научного сотрудника Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. Отзыв положительный, сделаны следующие замечания: из автореферата не определено время, которое потребовалось для нахождения приближенных решений для исследованных прикладных задач в третьей главе и достаточную сжатость изложения материала.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их достижениями в области математического моделирования, численных методов, системного анализа, управления и обработки информации, в исследовании вырожденных математических моделей, структуры фазовых пространств, задач оптимального управления, в применении математического моделирования к решению различных прикладных задач, что подтверждается представленными публикациями.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований

разработаны аналитические и численные методы исследования вырожденной математической модели автокаталитической реакции с диффузией в кювете или трубчатом реакторе, вырожденной математической модели распространения нервного импульса в мембранной оболочке нерва или системы нервов и

многокомпонентной математической модели оптимального регулирования процесса распространения нервного импульса в мембранной оболочке; **предложен** метод нахождения управления решениями вырожденной многокомпонентной математической модели распространения нервного импульса в мембранной оболочке, основанный на методах Галеркина, Ритца, декомпозиции и штрафа; **доказана** применимость разработанных численных методов для исследуемых вырожденных математических моделей; **введены** условия единственности, неединственности или несуществования решений задачи Шоултера – Сидорова для вырожденных математических моделей автокаталитической реакции с диффузией в кювете или трубчатом реакторе, вырожденной математической модели распространения нервного импульса в мембранной оболочке нерва или системы нервов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: **доказаны** теоремы о существовании нескольких решений задачи Шоултера – Сидорова для вырожденной математической модели автокаталитической реакции с диффузией в кювете или трубчатом реакторе, вырожденной математической модели распространения нервного импульса в мембранной оболочке нерва или системы нервов и теорема о существовании решения задачи оптимального управления для вырожденной многокомпонентной математической модели распространения нервного импульса в мембранной оболочке нервов или системы нервов; **применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован** метод фазового пространства для исследования вопроса существования нескольких решений задачи Шоултера – Сидорова для изучаемых моделей, модифицированный проекционный метод для нахождения численных решений, методы декомпозиции и штрафа для построения управления процессом распространения нервного импульса в мембранной оболочке; **изложены** результаты аналитического исследования вырожденной математической модели автокаталитической реакции с диффузией, вырожденной математической модели распространения нервного импульса в мембранной оболочке, вырожденной многокомпонентной математической модели оптимального регулирования процесса распространения нервного импульса в

мембранной оболочке нерва как задачи оптимального управления в области и на графе; **раскрыта** зависимость между наличием особенностей фазового пространства и неединственностью или несуществованием решений задачи Шоултера – Сидорова для исследуемых моделей; **изучена** морфология фазовых пространств для исследуемых моделей, в том числе с особенностями типа сборок или складок Уитни; **проведена** модернизация проекционного метода численного исследования изучаемых математических моделей на случай существования нескольких решений.

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

разработаны алгоритм численного метода нахождения решений вырожденных математических моделей распространения нервного импульса в мембранной оболочке и автокаталитической реакции с диффузией с учетом неединственности решений и алгоритм численного метода нахождения управления процессом распространения нервного импульса в мембранной оболочке в многокомпонентном случае, что создает основу для моделирования в кинетической химии и биофизике; **определены** условия практической применимости разработанных алгоритмов численных методов для исследуемых биологических и химических моделей; **созданы** комплексы программ для ЭВМ, реализующие алгоритм нахождения приближенных решений вырожденной математической модели распространения нервного импульса в мембранной оболочке, алгоритм нахождения приближенных решений вырожденной математической модели автокаталитической реакции с диффузией, алгоритм численного метода нахождения управления решениями вырожденной многокомпонентной математической модели распространения нервного импульса в мембранной оболочке для оценки состояний исследуемых систем; **представлены** результаты вычислительных экспериментов для рассматриваемых математических моделей.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на методах исследования уравнений соболевского типа, теории s -монотонных и p -коэрцитивных операторов, методах исследования морфологии фазовых пространств; **идея базируется на** распространении методов решения

начальных задач для полулинейных уравнений соболевского типа на исследование вырожденной математической модели автокаталитической реакции с диффузией, вырожденной математической модели распространения нервного импульса в мембранной оболочке, вырожденной многокомпонентной математической модели распространения нервного импульса в мембранной оболочке; **использованы** известные результаты теории оптимального управления, нелинейного функционального анализа, математического моделирования, численных методов, системного анализа и обработки информации; **установлена** сходимость приближенных решений к точному, использованы современные средства вычислительной техники.

Личный вклад соискателя состоит в развитии теории уравнений соболевского типа, оптимального управления, дифференциально-геометрических структур, аналитическом исследовании изучаемых химических и биологических моделей, проведении анализа степени разработанности проблемы, написании программного комплекса, проведении вычислительных экспериментов, разработке рекомендаций, апробировании научных результатов, подготовке публикаций по теме исследования, оформлении текста диссертации.

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, которая направлена на разработку аналитических и численных методов исследования вырожденных математических моделей автокаталитической реакции с диффузией и распространения нервного импульса в мембранной оболочке с реализацией алгоритмов в виде программных комплексов для проведения вычислительных экспериментов по оцениванию состояний исследуемых систем. Диссертационная работа содержит оригинальные результаты одновременно из четырех областей – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, системного анализа, управления и обработки информации; предлагаемые методы могут быть использованы в различных предметных областях. По своему содержанию диссертация соответствует следующим пунктам паспорта специальности 05.13.18: развитие качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей (п. 2); разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных

методов с применением современных компьютерных технологий (п. 3); реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента (п. 4) и паспорта специальности 05.13.01 – разработки методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации (п. 4).

На заседании 29 июня 2021 года диссертационный совет принял решение присудить Гавриловой Ольге Витальевне ученую степень кандидата физико-математических наук по специальностям 1.2.2 (05.13.18) – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, 2.3.1 (05.13.01) – Системный анализ, управление и обработка информации (информатика, информационно-вычислительное обеспечение).

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 11 докторов наук по специальностям и отрасли наук рассматриваемой диссертации – 1.2.2 (05.13.18), участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 3 человека – 2.3.1 (05.13.01), в удалённом интерактивном режиме участвовали 5 человек, проголосовали: «за» – 18, «против» – 0, «воздержалось» – 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета



Свиридюк Г.А.

Ученый секретарь диссертационного совета

Манакова Н.А.

Дата оформления заключения 29 июня 2021 г.