

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.118.01, СОЗДАННОГО НА
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ ИМ. Л.А. МЕЛЕНТЬЕВА
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 19.09.2023 г. № 9

О присуждении **Боевой Василисе Андреевне**, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация **«Разработка и исследование устойчивых алгоритмов непараметрической идентификации динамики теплоэнергетических объектов»** по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ принята к защите 26.06.2023 г. (протокол заседания № 6) диссертационным советом 24.1.118.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 130, совет создан приказом Минобрнауки РФ № 78/нк от 26.01.2023 г.

Соискатель **Боева Василиса Андреевна**, «17» июля 1995 года рождения. В 2016 году соискатель окончила бакалавриат Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» по направлению подготовки 27.03.04 Управление в технических системах. В 2018 году соискатель с отличием окончила магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» по направлению подготовки 27.04.04 Управление в технических системах. В 2022 году соискатель окончила очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», по направлению подготовки 08.06.01 – Техника и технологии строительства по программе аспирантуры «Системный анализ, управление и обработка информации» (по научной специальности 05.13.01 в соответствии с номенклатурой, утвержденной приказом от 23.10.2017 г. № 1027). В период с 12.01.2023 г. по 27.02.2023 г. была прикреплена к Федеральному государственному бюджетному образовательному учреждению высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)» для сдачи кандидатских экзаменов по научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы, отрасли науки – технические (в

соответствии с номенклатурой, утвержденной Приказом Минобрнауки РФ от 24.02.2021 г. № 118).

В настоящее время работает старшим преподавателем в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре прикладной математики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Воскобойников Юрий Евгеньевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», кафедра прикладной математики, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Баландин Александр Леонидович, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук, отделение Прикладных проблем математической физики и теории поля, старший научный сотрудник;

Сизиков Валерий Сергеевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», факультет Программной инженерии и компьютерной техники, профессор,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», г. Томск, **в своем положительном отзыве**, подписанном Романенко Владимиром Васильевичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой автоматизированных систем управления, и Мицелем Артуром Александровичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры автоматизированных систем управления, утвержденном Лощиловым Антоном Геннадьевичем, кандидатом технических наук, доцентом, проректором по научной работе и инновациям, указала, что диссертация Боевой Василисы Андреевны является завершенной научно-квалификационной работой и полностью соответствует всем требованиям и критериям пп. 9-14 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (с изменениями и дополнениями), а ее автор заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Соискатель имеет 38 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 38 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК по научной специальности 1.2.2. (технические науки), опубликованы 2 работы; 2 работы – в изданиях, индексируемых в базах WoS/Scopus; 2 работы – в трудах конференций, индексируемых в базах WoS/Scopus; 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Вклад диссертанта в подготовку статей в соавторстве оценивается как весомый. В коллективных публикациях автору принадлежат результаты, которые непосредственно относятся к теме диссертации. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Текст диссертации не содержит заимствований без ссылки на соответствующий первоисточник.

Наиболее значимые работы:

Статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК по научной специальности 1.2.2. (технические науки)

1. Боева, В.А. Выбор параметров сглаживания бикубического сплайна в задачах непараметрической идентификации / Ю.Е. Воскобойников, В.А. Боева // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – № 2. – С. 26-32.
2. Боева, В.А. Идентификация квадратичного ядра уравнения Вольтерра для моделирования нелинейных динамических систем / Ю.Е. Воскобойников, В.А. Боева // Системы анализа и обработки данных. – 2022. – Т. 85. – № 1. – С. 25-40.

Статьи в изданиях, индексируемых в базах WoS/Scopus

1. Боева, В.А. Устойчивый алгоритм непараметрической идентификации при наличии аномальных измерений / Ю.Е. Воскобойников, В.А. Боева // Выч. технологии. – 2020. – Т. 25. – № 3. – С. 46-53.
2. Boeva, V. Identification of quadratic Volterra polynomials in the “input–output” models of nonlinear systems / Y. Voskoboinikov, S. Solodusha, E. Markova, E. Antipina, V. Boeva // Mathematics. – 2022. – Т. 10. – № 11. – С. 1836.

Статьи в трудах конференций, индексируемых в базах WoS/Scopus

1. Boeva, V.A. Synthesis of smoothing cubic spline in non-parametric identification technical systems' algorithm / Yu.E. Voskoboinikov, V.A. Boeva // IOP Conf. ser. : Materials Science and Eng. XIII Int. Scientific Conf. Architecture and Construction. – 2020. – С. 012035.
2. Boeva, V.A. Synthesis of a smoothing bicubic spline for differentiating experimental data of nonparametric identification / Yu.E. Voskoboinikov, V.A. Boeva // J. of Phys. : Conf. Ser. Intelligent Inf. Technology and Math. Modeling 2021 (ИТММ 2021). – 2021. – С. 032023.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. От **Воеводы Александра Александровича**, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры автоматизации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» (г. Новосибирск). Отзыв содержит *одно*

замечание: В автореферате не отражены рекомендации (может быть, они присутствуют в тексте диссертации) по подбору формы входного сигнала, когда в процедуре идентификации можно использовать любой произвольный входной сигнал.

2. От **Панина Сергея Викторовича**, доктора технических наук, профессора, профессора РАН, заведующего лабораторией механики полимерных композиционных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (г. Томск). Отзыв не содержит замечаний.

3. От **Зинина Игоря Николаевича**, кандидата технических наук, старшего научного сотрудника, ведущего научного сотрудника лаборатории № 3 акционерного общества «Институт прикладной физики» (г. Новосибирск). Отзыв содержит *одно замечание:* Из текста автореферата (формула (10)) не видно, как используются частные производные двумерных сглаживающих сплайнов для построения оценки квадратичного члена ряда Вольтерра.

4. От **Тележкина Владимира Федоровича**, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры радиоэлектроники и систем связи Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» (г. Челябинск). Отзыв содержит *одно замечание:* В автореферате не отражены рекомендации (может быть, они присутствуют в тексте диссертации) по подбору формы входного сигнала, когда в процедуре идентификации можно использовать любой произвольный входной сигнал.

5. От **Толстикова Александра Сергеевича**, доктора технических наук, члена-корреспондента РМА, ведущего научного сотрудника отдела «Измерений времени, частоты и определения параметров вращения Земли» Западно-Сибирского филиала Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт физикотехнических и радиотехнических измерений» (г. Новосибирск). Отзыв не содержит замечаний.

6. От **Гордина Сергея Александровича**, кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Прикладная математика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (г. Комсомольск-на-Амуре). Отзыв содержит *два замечания:* 1. При рассмотрении автором задачи непараметрической идентификации переходной характеристики модели входной сигнал принимается зашумленным, однако автором не приводится анализ устойчивости предложенного алгоритма при различных соотношениях сигнал/шум и типах шума, хотя в автореферате и имеется упоминание (стр. 14) о задании характеристик шумов измерений. 2. Использование результатов диссертационной работы в учебном процессе (стр. 24) не может быть подтверждением достоверности полученных результатов, но может быть подтверждением актуальности работы.

Замечания не снижают научной ценности и практической значимости диссертационной работы. На замечания оппонентов и ведущей организации, а также

на замечания в отзывах, поступивших на автореферат и диссертацию, соискатель привела исчерпывающие ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается сферой их научных интересов и исследований в области математического моделирования, численных методов решения обратных и некорректных задач и разработки программных комплексов, что подтверждается научными публикациями официальных оппонентов и сотрудников ведущей организации и их способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика устойчивого вычисления производных первого и второго порядка на основе сглаживающих сплайнов с поиском параметра сглаживания, зависящим от имеющейся априорной информации о дисперсии шума измерений в исходных данных задачи идентификации, позволившая повысить точность идентифицируемых решений;

предложен оригинальный подход к заданию комбинированных краевых условий при построении сглаживающего сплайна, когда краевые условия в области малых и больших аргументов построения сплайна одновременно могут задаваться комбинацией различных классических краевых условий;

доказана необходимость введения этапа предобработки зашумленных исходных данных в разработанные устойчивые алгоритмы непараметрической идентификации при решении практических задач идентификации;

введены новые понятия скалярного и векторного параметров сглаживания для построения сглаживающего бикубического сплайна.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана необходимость введения этапа постобработки полученных решений для увеличения точности процедуры непараметрической идентификации;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы алгоритмы выбора параметра регуляризации на основе статистического критерия оптимальности и метода L-кривой, методы локально-пространственной фильтрации, алгоритм пороговой вейвлет-фильтрации, методы сплайн-аппроксимации;

изложены полученные автором этапы построения Алгоритмов-1, -2, -3 непараметрической идентификации, включая опциональные этапы предварительной обработки зашумленных исходных данных задачи идентификации и постобработки полученных решений;

раскрыт подход к решению интегральных уравнений типа Вольтерра I рода на основе явных формул обращения, при котором производные в формулах обращения вычисляются с помощью сглаживающих сплайнов;

изучено влияние скалярного и векторного параметров сглаживания на точность идентификации квадратичного ядра квадратичного полинома Вольтерра;

проведена модернизация алгоритма выбора параметра регуляризации на основе метода L-кривой для выбора оптимального параметра сглаживания

сглаживающего сплайна при неизвестной дисперсии шума измерений в обрабатываемом сигнале.

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

разработаны и внедрены методики устойчивого нахождения производных от зашумленных сигналов в задачах обработки измерений, имеющих высокий уровень шума (акты внедрения от 28.04.2022 г., от 28.10.2022 г., свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2021669320, № 2022616377); алгоритмы непараметрической идентификации для линейных и нелинейных динамических объектов (акты об использовании в учебном процессе от 21.12.2021 г. № 1155-2, от 14.04.2022 г., свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2021669414, № 2022616376);

определена степень влияния шумов измерений входного и выходного сигналов на значение ошибки идентификации в практических задачах идентификации;

создана математическая модель для проведения идентификации элементов системы обеспечения микроклимата в помещении;

представлены практические рекомендации по оцениванию оптимального параметра сглаживания сплайна, проведению предварительной обработки зашумленных исходных данных задачи идентификации и постобработки найденных решений.

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

для экспериментальных работ результаты получены путем использования обработанных автором результатов натурального эксперимента; обработка результатов моделирования проведена с привлечением современных компьютерных алгоритмов в соответствии с ГОСТами;

теория основана на фундаментальных классических работах отечественных и зарубежных авторов в области теории и методов решения некорректно поставленных задач и идентификации динамических систем, методах математического моделирования, методах обработки экспериментальных данных, методах сглаживающих сплайн-функций;

идея базируется на подходе, при котором решение интегральных уравнений типа Вольтерра происходит на основе явных формул обращения, а также на устойчивом вычислении производных первого и второго порядка от зашумленных исходных данных задачи идентификации на основе сглаживающих сплайнов;

использовано сравнение авторских результатов, полученных с помощью математического пакета Mathcad, с результатами натурального эксперимента и имитационного моделирования;

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

использованы современные методики обработки исходной информации и современный пакет для математических и инженерных расчетов Mathcad.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задачи, построении математических моделей и проверке их адекватности, обработке и интерпретации экспериментальных данных, разработке схемы идентификации для системы обеспечения микроклимата в помещении; проведении вычислительных экспериментов по идентификации и сглаживанию зашумленных данных для элементов системы обеспечения микроклимата в помещении, конвективного теплообменника и конденсатора в составе энергоблока Назаровской ГРЭС; разработке и применении устойчивых алгоритмов непараметрической идентификации; программной реализации Алгоритмов-1, -2, -3 идентификации в ПВК «Идентификация динамики линейных объектов», «Идентификация динамики нелинейных объектов»; личном участии в апробации основного содержания диссертации на конференциях и семинарах.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Соискатель при описании свойств исследуемых объектов использует термины «линейность» и «стационарность». В чем заключается линейность и стационарность теплоэнергетических объектов?

2. Соискателю при работе с системой обеспечения микроклимата в помещении нужно указывать класс точности измерительного оборудования, поскольку в практических задачах шумы измерений, о которых говорит соискатель, представляют собой не что иное, как погрешности измерительного оборудования.

3. Соискатель при описании выводов по диссертации использует формулировки общего характера. Необходимо пояснить, какие именно задачи непараметрической идентификации динамики теплоэнергетических объектов по экспериментальным данным были решены и где соискатель брала экспериментальные данные.

Соискатель Боева Василиса Андреевна ответила на заданные ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию:

1. Линейность исследуемых теплоэнергетических объектов понимается в математическом смысле. В диссертации приводится анализ типовых откликов элементов системы обеспечения микроклимата в помещении, свидетельствующий о математической линейности исследуемых элементов системы. Стационарность в данной работе означает, что такие характеристики рассматриваемых процессов, как среднее значение и дисперсия, постоянны в течение исследуемого промежутка времени.

2. В диссертации соискателем приводятся значения приведенных погрешностей измерительных приборов в системе обеспечения микроклимата в помещении для датчиков скорости воздушного потока, перепада давления воздуха, влажности и температуры. Значения погрешностей измерений каждого из датчиков составляли от 0,2% до 2%, что вполне коррелирует с полученными значениями невязок решения прямых задач для этой системы, которые не превышали 5%.

3. По экспериментальным данным решались задачи непараметрической идентификации импульсных переходных функций элементов системы обеспечения микроклимата в помещении. Экспериментальные данные были предоставлены соискателю с лабораторной установки, реализующей данную систему, которая находится на кафедре теплогазоснабжения и вентиляции Оренбургского государственного университета.

На заседании 19 сентября 2023 г. диссертационный совет принял решение: за решение научно-технической задачи построения устойчивых алгоритмов непараметрической идентификации динамики стационарных линейных и нелинейных теплоэнергетических объектов в условиях неполной априорной информации, способных учитывать специфические особенности практических задач, имеющей существенное значение для энергетической отрасли Российской Федерации, присудить Боевой Василисе Андреевне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них – 6 докторов наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены в разовую защиту – 0 человек, проголосовали: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета



Стенников Валерий Алексеевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

Солодуша Светлана Витальевна

19.09.2023 г.