

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.279.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «БУРЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ДОРЖИ БАНЗАРОВА»,  
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело №\_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 23.12.2025 г. № 3

О присуждении Антипиной Екатерине Дмитриевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Математическое моделирование нелинейных динамических систем с векторным входом в теплоэнергетике (численные методы, алгоритмы)» по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки) принята к защите «20» октября 2025 г., протокол № 2 диссертационным советом 24.2.279.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Бурятский государственный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 670000, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а, совет создан приказом Минобрнауки России № 717/нк от 9 ноября 2012 г.

Соискатель Антипина Екатерина Дмитриевна, 31 декабря 1996 года рождения. В 2020 г. Антипина Е.Д. с отличием окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет» по программе магистратуры по направлению подготовки 01.04.01 «Математика». В 2024

году окончила очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет» по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика», направленность образовательной программы «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление». В настоящее время работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук в отделе прикладной математики в должности младшего научного сотрудника. Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Иркутский государственный университет».

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент Солодуша Светлана Витальевна, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, отдел прикладной математики, главный научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Манакова Наталья Александровна, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», кафедра «Уравнения математической физики», заведующий;

Тында Александр Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет», кафедра «Высшая и прикладная математика», заведующий, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт математики и механики им. Н. Н. Красовского

Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, в своем положительном отзыве, подписанном Агеевым Александром Леонидовичем, доктором физико-математических наук, заведующим отделом некорректных задач анализа и приложений; Антоновой Татьяной Владимировной, доктором физико-математических наук, ведущим научным сотрудником, указала, что диссертационная работа Антипиной Екатерины Дмитриевны соответствует требованиям Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней». Диссертационная работа Антипиной Екатерины Дмитриевны удовлетворяет всем требованиям ВАК Минобрнауки РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 14, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ по специальности 1.2.2., опубликовано 3 работы. Получено 3 Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах. В 5 работах и 2 Свидетельствах о государственной регистрации программ для ЭВМ, диссертант является единственным автором. В 9 работах и 1 Свидетельстве о государственной регистрации программ для ЭВМ, выполненных в соавторстве, вклад соискателя в подготовку статей оценивается как определяющий.

#### **Наиболее значительные работы:**

1. Антипина, Е.Д. Формулы обращения для трехмерного интегрального уравнения Вольтерра I рода с предысторией / Е.Д. Антипина // Изв. ИГУ. Серия Математика. – 2022. – Т. 41. – С. 69–84. (Scopus, Q2)
2. Voskoboinikov, Yu. Identification of Quadratic Volterra Polynomials in the "Input–Output" Models of Nonlinear Systems / Yu. Voskoboinikov, S. Solodusha,

E. Markova, E. Antipina, V. Boeva // Mathematics. – 2022. – Vol. 10, № 11. – P. 1836. (WoS, Q1)

3. Солодуша, С.В. О некоторых свойствах нелинейных интегральных моделей динамических процессов / С.В. Солодуша, Е.Д. Антипина // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2024. – № 2. – С. 92–99. (ВАК, К1)

4. Солодуша, С.В. К идентификации ядер Вольтерра в интегральных моделях линейных нестационарных динамических систем / С.В. Солодуша, Е.Д. Антипина // Итоги науки и техн. Соврем. мат. и ее прил. Темат. обз. ВИНИТИ РАН. – 2023. – Т. 224. – С. 125–132. (MathSciNet, ZbMATH)

5. Антипина, Е.Д. Численное решение двумерного интегрального уравнения Вольтерра I рода относительно несимметричного ядра методом Рунге-Кутта / Е.Д. Антипина // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020617244. Правообладатель ФГБУН ИСЭМ СО РАН. – № 2020616207; заявл. 15.06.2020; опубл. 02.07.2020.

6. Антипина, Е.Д. Численное решение одномерного интегрального уравнения в задаче идентификации ядер Вольтерра на базе кусочно-линейных тестовых сигналов / Е.Д. Антипина // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022618264. Правообладатель ФГБУН ИСЭМ СО РАН. – № 2022617714; заявл. 28.04.2022; опубл. 05.05.2022.

7. Воскобойников, Ю.Е. Непараметрическая идентификация линейных стационарных динамических систем при прямоугольном входном сигнале / Ю.Е. Воскобойников, В.А. Боева, Е.Д. Антипина // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022682577. Правообладатель ФГБУН ИСЭМ СО РАН. – № 2022682044; заявл. 17.11.2022; опубл. 24.11.2022.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Хачатрян Хачатур Агавардояич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой теории функций и дифференциальных

уравнений Ереванского государственного университета. Отзыв положительный. Замечаний нет.

2. Суслов Константин Витальевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ». Отзыв положительный. Замечание: в автореферате и, судя по всему, в самой диссертации, область применения данного подхода ограничена теплоэнергетическим оборудованием (например, теплообменный аппарат, элементы пароводяного тракта). В то же время, представленный математический аппарат обладает значительным потенциалом для применения в более широком классе энергетических объектов и систем, включая: гибридные энергокомплексы с возобновляемыми источниками энергии, а также системы управления режимами электроэнергетических объектов. С точки зрения надежности энергоснабжения, апробация данного подхода к объектам электроэнергетики существенно расширит область применения результатов диссертации и повысит их комплексную ценность.

3. Суворов Алексей Александрович, кандидат технических наук, доцент, доцент Отделения электроэнергетики и электротехники ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». Отзыв положительный. Замечание: автору следовало бы отразить вопросы, связанные с вычислительными затратами при использовании разработанного ПВК, в частности, конкретные значения затрат оперативной памяти и данные по времени расчетов при решении задач идентификации переходных характеристик для моделирования нелинейной динамики элементов выделенного участка энергоблока Назаровской ГРЭС мощностью 135 МВт.

4. Ачитаев Андрей Александрович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры гидроэнергетики, гидроэлектростанций, электроэнергетических систем и электрических сетей Саяно-Шушенского филиала ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет». Отзыв положительный. Замечание: в качестве замечания можно высказать

рекомендацию сравнить реализованный автором подход с классическим приемом, основанном на использовании передаточной функции.

5. Чистяков Виктор Филимонович, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник отделения Эволюционных уравнений и управляемых динамических систем лаборатории Дифференциальных уравнений и управляемых систем ФГБУН «Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова» СО РАН. Отзыв положительный. Замечания: 1) В работе отсутствует четкое определение функциональных пространств, в которых рассматриваются решения интегральных уравнений Вольтерра I рода. Данное уточнение представляется важным для более строгого обоснования корректности применяемого математического аппарата.

2) Описание вычислительных экспериментов могло бы быть дополнено конкретными временными интервалами, на которых проводились расчеты для различных типов энергооборудования.

6. Деканова Нина Петровна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Информационные системы и защита информации» ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения». Отзыв положительный. Замечания: 1) Недостаточно подробно представлены характеристики теплотехнического оборудования Назаровской ГРЭС, на котором проведены вычислительные эксперименты.

2) Не приведены значения показателей качества программного обеспечения, что затрудняет оценивание разработанных модулей программного комплекса.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями и наличием публикаций в области математического моделирования, аналитических и численных методов анализа классов динамических систем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан и теоретически обоснован подход к математическому моделированию нестационарной динамики сложных технических объектов на основе уравнений Вольтерра I рода с переменными пределами интегрирования с учетом нарастания возмущающих воздействий;

введены сеточные аналоги предложенных математических моделей и разработаны модифицированные методы их решения, в задаче идентификации несимметричных ядер с учетом запаздывания измерений;

предложены эффективные алгоритмы восстановления векторных входных сигналов для нелинейных динамических систем;

модифицирован и апробирован программный комплекс в составе ПВК «Динамика» для решения прикладных задач теплоэнергетики.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

применительно к решению задач идентификации динамических систем использованы методы теории интегральных уравнений Вольтерра I рода и современные подходы вычислительной математики;

изложены обоснования разработанных методов, включая анализ разрешимости сеточных аналогов рассматриваемых классов интегральных уравнений с переменными пределами интегрирования;

проведена модификация классического метода шагов для решения многомерных уравнений Вольтерра I рода.

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

разработан подход на основе новых вычислительных алгоритмов для исследования нестационарной динамики теплоэнергетического оборудования, в случае векторного входного сигнала с учетом его зашумленности;

созданы программы для решения задач идентификации и моделирования нелинейной динамики, реализующие модифицированные численные методы;

представлены рекомендации по выбору оптимальных амплитуд тестовых входных воздействий для Назаровской ГРЭС при описании динамики элемента теплообменной установки.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теоретические положения основываются на корректном использовании элементов теории математического моделирования и системного анализа;

для экспериментальных работ использованы данные энергоблока Назаровской ГРЭС, включая реальные параметры эксплуатационных режимов теплотехнического оборудования;

использованы экспериментальные данные, полученные другими авторами для анализа и верификации разработанных вычислительных алгоритмов и программного обеспечения в модифицированной версии ПВК «Динамика».

Личный вклад соискателя состоит в:

- разработке и теоретическом обосновании подхода к построению математических моделей нестационарной динамики на основе классов интегральных уравнений Вольтерра I рода с переменными пределами интегрирования;
- модификации методов приближенного решения для многомерных уравнений Вольтерра I рода в задаче идентификации несимметричных ядер с учетом запаздывания измерений;
- создании и верификации программного обеспечения в виде модулей для программно-вычислительного комплекса, реализующего разработанные алгоритмы;
- проведении вычислительных экспериментов и апробации разработанных методов на задачах моделирования теплоэнергетического оборудования.

В ходе защиты диссертации было высказано следующее критическое замечание:

В контексте дальнейшего развития математического аппарата представляет интерес рассмотрение возможности обобщения используемых

аппроксимаций на случай кусочно-непрерывных функций. Такое обобщение потребовало бы привлечения дополнительного математического аппарата из теории функционального анализа и могло бы расширить область применимости разработанных методов.

Соискатель Антипина Екатерина Дмитриевна согласилась с замечанием.

Диссертация Антипиной Екатерины Дмитриевны является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи разработки математических методов идентификации и моделирования систем теплоэнергетики, имеющее значение для развития методов математического моделирования нелинейных динамических систем с векторным входом.

На заседании 23 декабря 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Антипиной Екатерины Дмитриевны ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 6 докторов по специальности рассматриваемой диссертации 1.2.2. (физико-математические науки), участвовавших в заседании из 15 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за - 12, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель

диссертационного совета

 Булдаев Александр Сергеевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

 Дармаев Тумэн Гомбоцыренович

« 25 » декабря 2025 г.

