

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. № 8

О присуждении **Спиряеву Вадиму Александровичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «**Интегральные модели динамических систем и их приложения в теплоэнергетике**» по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ принята к защите 26 июня 2023 г. (протокол заседания № 5) 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 России № 78/нк от 26.01.2023.

Соискатель **Спиряев Вадим Александрович**, 9 ноября 1980 года рождения, в 2002 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Иркутский государственный университет по специальности «Прикладная математика».

В 2005 году соискатель окончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

В настоящее время Спиряев Вадим Александрович 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 старшего инженера-исследователя.

Диссертация выполнена в отделе прикладной математики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

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, ведущий научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Сизиков Валерий Сергеевич, доктор технических наук, профессор, профессор факультета программной инженерии и компьютерной техники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», г. Санкт-Петербург;

Рязанцев Владимир Андреевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Пензенского филиала акционерного общества «Научно-технический центр «Атлас», г. Пенза,

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук (ИПУ РАН), г. Москва. В своем положительном отзыве, подписанном Бахтадзе Натальей Николаевной, доктором технических наук, профессором, главным научным сотрудником ИПУ РАН, заведующей лабораторией «Идентификация систем управления» и утвержденном Новиковым Д.А. доктором технических наук, академиком РАН, указала, что диссертация Спирыева Вадима Александровича является завершенной научной квалификационной работой и соответствует критериям пп. 9-14, установленным положением «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденном Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (с изменениями и дополнениями), а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Соискатель имеет 29 научно-исследовательских работ по теме диссертации, в том числе 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России по научной специальности 1.2.2. (технические науки), 2 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК по прочим специальностям, 2 статьи, индексируемые в международной базе данных Scopus, и 1 статья в международной базе данных Web of Science. Получены 2 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 и заимствования, не отмеченные ссылками.

Наиболее значимые работы:

Публикации в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК по научной специальности 1.2.2. (технические науки):

1. Спиряев В.А. Применение тестовых уравнений вольтерровского типа для идентификации входных сигналов / В.А. Спиряев, С.В. Солодуша // Управление большими системами. – 2022. – Вып. 96. – С. 5-15.

2. Спиряев В.А. Исследование частотно-избирательных свойств преобразования Гильберта-Хуанга и его модификаций на примере изучения автоколебательных пульсаций давления / А.А. Левин, В.А. Спиряев // Вычислительные технологии. – 2017. – Т. 22. – № 5. – С. 58-72.

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК по прочим специальностям:

3. Спиряев В.А. О неулучшаемых ламберт-оценках решений одного класса нелинейных интегральных неравенств / А.С. Апарцин, В.А. Спиряев // Труды Института математики и механики УрО РАН. – 2010. – Т. 16. – № 2. – С. 3-13.

4. Спиряев В.А. Применение кубичного полинома Вольтерра к моделированию динамики теплообмена / С.В. Солодуша, В.А. Спиряев, М.С. Щербинин // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2006. – Т. 26. – № 2. – С. 150-155.

Публикации в изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus:

5. Spiryaev V.A. Self-excited pressure pulsations in ethanol under heater subcooling / A.A. Levin, E.A. Tairov, V.A. Spiryaev // Thermophys. Aeromech. – 2017. – Vol. 24. – P. 61–71.

6. Spiryaev V. Application of a Volterra quadratic polynomial to modeling elements of heat engineering devices / E. Antipina, V. Spiryaev, E. Tairov // E3S Web of Conferences. – 2019. – Vol. 114. – P. 01007.

7. Spiryaev V. Numerical Modeling of Dynamics of Thermal Power Equipment of the Power unit at the Nazarovo Power Station by Volterra Polynomial / S. Solodusha, V. Spiryaev, E. Tairov // Proc. of the 2019 XXI International Conference Complex Systems: Control and Modeling Problems. Samara, Russia. – 2019.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. От **Фалалеева Михаила Валентиновича**, доктора физико-математических наук, профессора, директора Института математики и информационных технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет» (г. Иркутск), и **Гражданцевой Елены Юрьевны**, кандидата физико-математических наук, доцента, доцента кафедры математического анализа и дифференциальных уравнений Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет» (г. Иркутск). Отзыв не содержит замечаний.

2. От **Агеева Александра Леонидовича**, доктора физико-математических наук, доцента, главного научного сотрудника, заведующего

отделом Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург). Отзыв содержит **одно замечание**: В автореферате и в диссертации обсуждается сложность построения квадратичной и кубической интегральных моделей. Приводятся примеры, показывающие преимущество применения кубической модели. Указано, что предлагаемый подход позволяет снять ограничения на высоту тестовых сигналов. Тем не менее, используемые автором алгоритмы основаны на выборе амплитуд из диапазона $[0, |\alpha|]$ (в первом случае) и $[-\alpha, \alpha]$ (во втором случае). В связи с этим возникает вопрос о целесообразности построения кубического полинома Вольтерра вместо использования двух квадратичных полиномов Вольтерра, ядра которых настроены на соответствующие диапазоны $[-\alpha, 0]$ и $[0, \alpha]$.

3. От **Батухтина Андрея Геннадьевича**, доктора технических наук, доцента, декана энергетического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Забайкальский государственный университет» (г. Чита). Отзыв содержит **одно замечание**: В работе не описаны возможности применения вычислительных алгоритмов, разработанных на основе преобразования Гильберта-Хуанга, для электроэнергетических систем, хотя в публикациях автора эти результаты представлены.

4. От **Ахметшина Азата Ринатовича**, кандидата технических наук, доцента кафедры «Энергетическое машиностроение» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» (г. Казань). Отзыв содержит **два замечания**: **1)** из текста автореферата и диссертации не понятно, проводилось ли какое-либо сравнение временных затрат между предлагаемым автором подходом к построению математических моделей методом интегрирования произведения (когда восстанавливаются интегралы от ядер Вольтерра) с известным из научной литературы подходом, основанным на идентификации непосредственно самих ядер; **2)** возможно ли применение разработанных автором алгоритмов идентификации входных сигналов для моделирования замкнутых динамических систем? Это замечание может быть использовано в качестве предложения для дальнейших исследований.

5. От **Булдаева Александра Сергеевича**, доктора физико-математических наук, профессора, профессора кафедры системного анализа и компьютерного моделирования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Бурятский Государственный университет имени Доржи Банзарова» (г. Улан-Уде). Отзыв содержит **одно замечание**: Можно ли использовать предлагаемую методику для моделирования произвольной динамической системы? Какие нужны характеристики динамической системы, чтобы это было возможно?

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 привел исчерпывающие ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается сферой их научных интересов и исследований в области математического моделирования 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:

разработан подход, позволяющий строить математические модели различных динамических систем типа «вход-выход» на основе решения задачи идентификации полиномов Вольтерра второй и третьей степени с помощью метода интегрирования произведения;

предложены методика, позволяющая строить математические модели теплоэнергетических систем типа «вход-выход», численный метод, позволяющий решать квадратичное интегральное уравнение в случае, когда идентифицированы не сами ядра, а интегралы от них, и подход для анализа параметров модификации преобразования Гильберта-Хуанга для идентификации несущих частот автоколебательных пульсаций давления;

доказана возможность построения математических моделей типа «вход-выход» на основе полиномов Вольтерра с использованием многомерного метода интегрирования произведения;

введены и исследованы специальные классы полиномиальных уравнений Вольтерра I рода, связанные с задачей восстановления входного сигнала.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны теоремы, обосновывающие применение метода интегрирования произведения для построения квадратичных и кубических моделей для моделирования нелинейных динамических систем типа «вход-выход»;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы теории некорректных задач, машинного обучения и аппарата вычислительной математики;

изложены предлагаемые автором методы идентификации переходных характеристик нелинейных динамических систем с помощью применения метода интегрирования произведения и преобразования Гильберта-Хуанга;

раскрыты и обоснованы подходы к решению задач идентификации нелинейных динамических систем, а также механизмов формирования нестационарных временных рядов при исследовании автоколебательных пульсаций давления;

изучены математические модели и временные ряды теплотехнических объектов, специфика полиномиальных уравнений Вольтерра I рода;

проведена модернизация методики построения интегральных математических моделей на основе полиномов Вольтерра, когда ищутся не сами ядра, а интегралы от них, что освобождает от выполнения соответствующих условий разрешимости.

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

разработана и внедрена методика применения модифицированного преобразования Гильберта-Хуанга в прикладной задаче изучения автоколебательных пульсаций давления;

определены области временного диапазона, на котором происходит стабилизация отклика системы на заданные входные сигналы; шаг для вычисления переходных характеристик; переходные характеристики для имитационной модели теплообменного аппарата и энергоблока Назаровской ГРЭС; несущие частоты механизмов автоколебательных пульсаций давления;

создана методика построения математических моделей второй и третьей степени на базе полиномов Вольтерра;

представлены результаты по выбору параметров для эффективного применения модифицированного преобразования Гильберта-Хуанга.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты расчетов показали приемлемую для практического использования точность моделирования; найденные несущие частоты автоколебательных пульсаций давления удовлетворяют экспертным оценкам;

теория опирается на фундаментальные работы отечественных и зарубежных авторов в области решения задач идентификации полиномов Вольтерра и анализа временных рядов;

идея базируется на анализе научно-технической литературы по теме идентификации нелинейных динамических систем;

использованы данные, полученные автором в ходе исследований, элементы математического анализа, теория математического и компьютерного моделирования;

установлено, что результаты проведенных автором вычислительных экспериментов согласуются с результатами, полученными на имитационных моделях;

использованы численный метод решения интегральных уравнений, метод интегрирования произведения и преобразование Гильберта-Хуанга.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии соискателя в постановке целей и задач исследований; применении метода интегрирования произведения для решения задачи идентификации полиномов Вольтерра со скалярным входным сигналом; обсуждении, создании и реализации алгоритмов для построения моделей динамических систем;

подбора параметров для качественной декомпозиции с помощью модифицированного преобразования Гильберта-Хуанга.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Основное преимущество Ваших моделей состоит в быстродействии. Каково их назначение? Оно может быть разным, скажем, для задач анализа, прогнозирования, контроля и управления процессами или слежения за этими процессами. На какие задачи ориентирован Ваш подход?

2. На практике неизбежны зашумления исходных данных. У Вас детерминированная постановка задачи?

Соискатель Спиряев Вадим Александрович ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1. В работе рассмотрены задачи моделирования и идентификации, которые на практике могут быть применены для контроля и автоматического управления нелинейной динамикой.

2. В работе рассмотрен случай отсутствия шумов в исходных данных. Учет их стохастической природы планируется рассмотреть в дальнейшем.

На заседании 19 сентября 2023 г. диссертационный совет принял решение: за решение научно-технической задачи построения методики идентификации переходных характеристик и входных сигналов теплоэнергетических систем с помощью полиномов Вольтерра, имеющей существенное значение для энергетической отрасли Российской Федерации, присудить Спиряеву Вадиму Александровичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве – «16» 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 – «16», против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета

Стенников Валерий Алексеевич

Ученый секретарь
диссертационного совета

Солодуша Светлана Витальевна

«19» сентября 2023 г.