

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.384.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 24 декабря 2025 г. № 9/25
о присуждении Крячко Михаилу Александровичу, гражданину Российской
Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методика формирования сигналов и обработки
изображений на основе функций Кравченко-Рвачева и обобщенных
атомарных вейвлетов в телекоммуникационных системах»

**по специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций
принята к защите 22 октября 2025 года, протокол № 5/25, диссертационным
советом 24.2.384.01, созданным на базе федерального государственного
автономного образовательного учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического
приборостроения» (ГУАП), Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации, 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская,
д. 67, лит. А, приказ № 741/нк от 08 июля 2015 г.**

Соискатель Крячко Михаил Александрович, 05 апреля 1984 года
рождения, гражданин Российской Федерации, работает главным
специалистом отдела интеграции и внедрения Центра управления
информационной безопасностью ООО «ЛУКОЙЛ-Технологии».

В 2007 году закончил ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский
государственный политехнический университет» с присуждением степени
магистра ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ по направлению «Радиотехника»
(диплом магистра ВМА 0052440 от 07 июня 2007 года, регистрационный
номер 108/РФФ).

В период подготовки диссертации с 2007 г. по 2010 г. обучался в аспирантуре по очной форме в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого.

Справка №09-17/15 от 09.07.2025 г. о сдаче кандидатских экзаменов по истории и философии науки и иностранному языку (английскому) и о сдаче кандидатского экзамена по специальности 2.2.15 Системы, сети и устройства телекоммуникаций выданы Крячко М.А. ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

Диссертация выполнена на кафедре конструкции и технологии электронных и лазерных средств федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Бестугин Александр Роальдович, основное место работы – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», директор института радиотехники и инфокоммуникационных технологий.

Официальные оппоненты:

1. Парамонов Александр Петрович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», кафедра сетей связи и передачи данных, профессор;

2. Рашич Андрей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет Петра Великого», Высшая школа прикладной физики и космических технологий Института электроники и телекоммуникаций, доцент

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт прикладных проблем», г. Санкт-Петербург в своем **положительном** отзыве, подписанном начальником 2 центра, кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником Чихонадских А.П., начальником 21 лаборатории, кандидатом технических наук Морозовым Е.В., научным сотрудником 211 сектора Жуковым А.В., утвержденном Генеральным директором ФГУП «ГосНИИПП», кандидатом технических наук Егоровым Сергеем Александровичем, указала, что диссертация «Методика формирования сигналов и обработки изображений на основе функций Кравченко-Рвачева и обобщенных атомарных вейвлетов в телекоммуникационных системах» Крячко М.А. отвечает всем квалификационным требованиям, п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям», а её автор Крячко Михаил Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15. «Системы, сети и устройства телекоммуникаций» (отрасль наук – технические). Отзыв ведущей организации заслушан и утвержден на заседании секции № «Д» научно-технического совета ФГУП «ГосНИИПП» (протокол № 61 от 10 ноября 2025 г.)

Соискатель имеет 31 опубликованную работу по теме диссертации, из них: в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК, опубликовано 8 работ (из них две работы опубликованы без соавторства); в изданиях, включенных в перечень Scopus, опубликовано 2 работы; в сборниках тезисов докладов опубликовано 3 работы; получено 12 патентов на изобретение и полезные модели, 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и материалы 6 заключительных отчетов о НИР. Совместно и единолично опубликованы в 5 журналах из перечня ВАК РФ: «Успехи современной радиоэлектроники» (№ 2886 в перечне ВАК РФ от 25.11.2025), «Радиотехника» (№ 2371 в перечне ВАК РФ от 25.11.2025),

«Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения» (№ 990 в перечне ВАК РФ от 25.11.2025), «Информация и космос» (№ 1472 в перечне ВАК РФ от 25.11.2025), «Информационно-измерительные и управляющие системы» (№ 1458 в перечне ВАК РФ от 25.11.2025). Общий объем авторского вклада в работы (без результатов интеллектуальной собственности, а именно свидетельства о программе на ЭВМ) составляет 7,93 печатных листов из общего количества 12,89 печатных листов. Получены акты о внедрении результатов диссертационной работы в АО «Научно-исследовательский и опытно-экспериментальный центр интеллектуальных технологий «ПЕТРОКОМЕТА», АО «Конструкторское бюро «Арсенал» имени М.В. Фрунзе», АО «Концерн «Автоматика», ФГУП «Ростовский-на-Дону НИИ радиосвязь», ФКУ «НИИИТ ФСИН России», занимающихся разработкой и производством телекоммуникационных систем космического и наземного базирования и ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации.

Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Крячко, М.А. Моделирование спектрально-эффективных сигналов на основе атомарных функций при воздействии помех / Крячко М.А. // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения. 2024. № 4, с. 3-14 № 990 в перечне ВАК РФ от 25.11.2025) (объем 0,69 п.л. / авторский вклад 0,69 п.л.).

Написана единолично. В статье проведено исследование возможности построения спектрально-эффективных сигналов, подобных функциям Уолша. Предложен подход к построению спектрально-эффективных сигналов на основе атомарных функций с компактным носителем, соответствующий численному решению оптимизационной задачи поиска сигналов.

2. Крячко, М.А. Анализ возможности синтеза спектрально-эффективных сигналов на основе атомарных функций / Крячко М.А., Крячко А.Ф., Дворников С.В. // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения. 2022. № 1. С. 94-98 (№ 990 в перечне ВАК РФ от 25.11.2025) (объем 0,312 п.л.).

/ авторский вклад 0,15 п.л.)

Личный вклад: соискателем представлены общие сведения об атомарных функциях и теоретические аспекты их формирования. Дан сравнительный анализ уровня локализации энергии в пределах главного лепестка атомарной функции и функции арочного синуса. Сформулированы предложения по практическому применению полученных результатов в интересах синтеза спектрально-эффективных сигналов.

3. Крячко, М.А. Предложения по повышению спектральной эффективности сигналов систем подвижной радиосвязи / Крячко М.А. // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения. 2022. № 2. С. 71-78 (№ 990 в перечне ВАК РФ от 25.11.2025) (объем 0,5 п.л. / авторский вклад 0,5 п.л.)

Написана единолично. В статье представлены результаты исследования по повышению спектральной эффективности сигналов $\pi/4$ DQPSK за счёт их дополнительного сглаживания посредством гауссовых фильтров. Рассмотрен механизм сглаживания сигналов за счёт дополнительной фильтрации. Обоснованы количественные показатели и обоснована структура модулятора. Сформулированы предложения по практическому применению полученных результатов в интересах повышения эффективности систем подвижной радиосвязи.

4. Крячко, М.А. Анализ спектральной эффективности сигналов многоканальных РТС / Крячко М.А., Крячко А.Ф., Марков Е.В., Аюков Б.А., Дворников С.В. // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения. 2021. № 1. С. 99-107 (№ 990 в перечне ВАК РФ от 25.11.2025) (объем 0,5 п.л. / авторский вклад 0,3 п.л.).

Личный вклад: соискателем проведено моделирование возможностей повышения эффективности использования частотного ресурса в многоканальных радиотехнических системах. Приведены результаты анализа использования частотных каналов в системах подвижной радиосвязи различных стандартов. Приведены результаты сравнительной оценки скорости спада уровня энергетического спектра для сигналов фазовой

манипуляции и манипуляции с минимальным сдвигом. Обоснованы направления дальнейшего исследования.

5. Крячко, М.А. Обобщенные атомарные вейвлеты в задачах обработки изображений / Крячко М.А. // Информация и космос. 2024. № 2(4). – с.19-24 (№ 1472 в перечне ВАК РФ от 25.11.2025) (объем 0,31 п.л. / авторский вклад 0,31 п.л.).

Написана единолично. В статье рассмотрены вопросы оценки качества обработки изображений с помощью обобщенных атомарных вейвлетов и показано, что в качестве критерия потери качества целесообразно использовать равномерную метрику, в основу которой положен поперечник А. Н. Колмогорова. Главной особенностью этой метрики является ее чрезвычайно высокая чувствительность к любым локальным изменениям. Анализ свойств вейвлетного базиса позволил провести оценку потери качества изображений при сжатии изображений. Базисные обобщенные функции вейвлет-преобразования имеют уменьшающееся с масштабом разрешение по времени и увеличивающееся с масштабом разрешение по частоте. Это свойство вейвлет-преобразования дает высокое преимущество при обработке изображений, т. к. оно одинаково хорошо выявляет и низкочастотные, и высокочастотные характеристики сигналов.

6. Крячко, М.А. Оценка влияния искажений цифровой модели объекта на результат моделирования изображения радара с синтезированной апертурой / Крячко М.А., Медзигов А.В., Морозов И.Е. // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2024. Т.22, № 4, с.35-44 (№ 1458 в перечне ВАК РФ от 25.11.2025) (объем 0,57 п.л. / авторский вклад 0,3 п.л.).

Личный вклад: соискателем предложен способ учета теоретической взаимосвязи величины координатных искажений цифровой модели и величины искажения получаемого радиолокационного изображения. Проведена оценка влияния искажений цифровых моделей трехмерных объектов на результаты моделирования изображений, получаемых для радара с синтезированной апертурой.

7. Крячко, М.А. Оценка показателей качества функционирования

автоматизированной системы сбора информации / Крячко М.А., Крячко А.Ф., Глазнев М.А., Лосев В.К. // Успехи современной радиоэлектроники. 2015. № 10. С. 205-209 (№ 2886 в перечне ВАК РФ от 25.11.2025) (объем 0,315 п.л. / авторский вклад 0,15 п.л.).

Личный вклад: соискателем рассмотрена вероятностно-аналитическая модель, позволяющая оценить показатели качества функционирования автоматизированной системы сбора и обработки телеметрической информации. Отмечено, что целью функционирования данной системы является удовлетворение потребностей в обеспечении надежного и своевременного предоставления полной, достоверной и конфиденциальной информации.

8. Крячко, М.А. Алгоритмы обработки данных, формируемых оптическим и радиолокационным оборудованием космических аппаратов спутниковых систем дистанционного зондирования земли / Крячко М.А., Крячко А.Ф., Медзигов А.В. // Успехи современной радиоэлектроники. 2024, т.78, № 8, с. 44-55 (№ 2886 в перечне ВАК РФ от 25.11.2025) (объем 0,69 п.л. / авторский вклад 0,4 п.л.).

Личный вклад: соискателем проведено сравнение алгоритмов сжатия, основанных на тригонометрических функциях (JPEG), вейвлетах (JPEG2000) и функциях с компактным-носителем Кравченко-Рвачева и разработать механизм контроля потерь качества изображений. Проведены анализ методов сжатия изображений алгоритмами без потерь либо с потерями и сравнение алгоритмов сжатия, основанных на тригонометрических функциях (JPEG), вейвлетах (JPEG2000) и функциях с компактным носителем Кравченко-Рвачева. Предложен способ дискретного атомарного преобразования на основе вейвлетов, построенных на функциях Кравченко-Рвачева.

Публикации в изданиях, индексируемых SCOPUS:

9. Kryachko, M.A. Generation and reception of spectral efficient signals based on finite splines / Kryachko M.A., Kryachko A.F., Makarov S.B., Malyugin V.I., Silnikov M.V., Li Y. // Lecture Notes in Computer Science. 2014. v. 8638 LNCS. Springer. Pp. 481-487 (объем 0,375 п.л. / авторский вклад 0,2 п.л.).

Личный вклад: соискателем предложен подход, который позволяет обеспечить формирование и прием спектрально-эффективных сигналов, сформированных на основе финитных сплайнов в телекоммуникационных системах.

10. Kryachko, M.A. Methods of raising telecommunication system effectiveness by using atomic function envelope approximation / Kryachko M.A., Kryachko A.F., Bestugin A.R. // Radioelectronics and Communications Systems. 2014. V. 57. № 11. Pp. 506-515 (объем 0,57 п.л. / авторский вклад 0,4 п.л.).

Личный вклад: соискателем предложен метод повышения спектральной эффективности телекоммуникационных систем на основе аппроксимации огибающей сигналов атомарными функциями.

В диссертации Крячко М.А. отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах соискателя, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили **отзывы из 12 организаций (все отзывы положительные):**

1. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (СПб ФИЦ РАН) подписал главный научный сотрудник СПб ФИЦ РАН, доктор технических наук, профессор Соколов Борис Владимирович, утвердил Заместитель директора по научной работе СПб ФИЦ РАН доктор технических наук Кулешов С.В. Замечания: 1. при описании экспериментальных исследований не указаны мощность передающего устройства, расстояние между передающим устройством и приемником и условия распространения сигналов. 2. В диссертации предложено ограничение на крутизну спада спектра синтезируемых сигналов, однако рассмотренные спектрально-эффективные сигналы, сформированные на основе амплитудно-фазового метода, обладают значительной величиной пик-фактора излучаемых колебаний.

2. Акционерное общество «Научно-производственный центр «Аквамарин» (подписал заместитель генерального директора по качеству,

кандидат технических наук Кленин В.Л., утвердил Генеральный директор кандидат технических наук Давидчук А.Г.). Замечание: В диссертационной работе автором не приведены критерии, влияющие на оценку качества изображения человеческим зрением.

3. ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» (Профессор кафедры вычислительной математики и кибернетики Северо - Кавказского федерального университета, доктор технических наук (по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций), профессор, заслуженный работник высшей школы РФ Пашинцев Владимир Петрович). Замечания: 1. В автореферате отмечено, что «сигналы с квадратурной амплитудной манипуляцией (КАМ сигналы) не обеспечивают высокую скорость спада уровня внеполосных излучений и высокую концентрацию энергии внутри занимаемой полосы частот». Однако далее не приведены оценки выигрыша по сравнению с сигналами КАМ разработанных спектрально-эффективных сигналов на основе атомарных функций Кравченко-Рвачева по характеристикам скорости спада уровня внеполосных излучений и концентрации энергии внутри занимаемой полосы частот. 2. Не понятно, почему автор не разместил статью в журнале «Известия ВУЗов. Радиоэлектроника. 2014. Т. 57. № 11» в разделе списка статей, опубликованных в изданиях, включенных в перечень ВАК?

4. Акционерного общества «Конструкторское бюро «Арсенал» имени М.В. Фрунзе» (подписал Главный специалист службы интеллектуальной собственности, кандидат военных наук, доцент Сотник Сергей Александрович, утвердил Первый заместитель генерального директора Шевкунов А.И.). Замечания: 1. В автореферате не приведена оценка вычислительной сложности полученных автором алгоритмов обработки изображений. 2. В автореферате, при описании результатов четвертой главы диссертации, не указано, каким образом осуществлялась оценка эффективности использованных базовых вейвлетов на этапах демодуляции и декодирования сигналов, полученных от спутниковых систем дистанционного зондирования Земли.

5. Федеральное государственное бюджетное военное образовательного учреждение высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» (подписал заведующий кафедрой физики ВКА имени А.Ф. Можайского, кандидат технических наук, доцент Алтухов Александр Иванович, утвердил Заместитель начальника ВКА имени А.Ф. Можайского по учебной и научной работе доктор технических наук, профессор Кулешов Ю.В.). Замечания: 1. Из автореферата не ясна степень вычислительной сложности предложенных алгоритмов. 2. В автореферате не представлен сравнительный анализ предложенных сигналов с современными стандартами связи (например, 5G, 6G) для подтверждения преимущества разработанных методов.

6. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет сервиса» (подписал директор Высшей школы передовых производственных технологий доктор технических наук, доцент (научная специальность 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения) Владимир Иванович Воловач). Замечания. 1. В автореферате на стр. 6 приведено: «Использование атомарных функций для построения спектрально-эффективных сигналов позволяет легко формировать ортогональные последовательности, подобные функциям Уолша, Хаара и др.». Однако далее по тексту не раскрывается как это может быть осуществлено. 2. На стр.10 автореферата сказано, что «при выборе ограниченного числа n целесообразно проводить, начиная с задания допустимого увеличения уровня энергетического спектра вне занимаемой полосы частот. В этом заключается суть предлагаемого численного метода решения задачи нахождения формы огибающей и оценке точности ее решения». Хотелось бы иметь аналитическое представление решаемой задачи.

7. Акционерное общество «Концерн ВКО «Алмаз-Антей» Публичное акционерное общество «Радиофизика» (подписал Ученый секретарь НТС ПАО «Радиофизика», начальник отдела кандидат технических наук доцент Фролов С.В.). Замечания. 1. Не проведен сравнительный анализ между

используемыми в работе критериями качества применяемых алгоритмов при обработке изображений и критериями качества существующих кодеков. 2. При сравнении типов сигналов соискатель ограничивается сведениями о ширине спектра сигнала и внеполосных излучений, не указывая на различные удельные затраты энергии, влияющие на применимость сигналов в конкретных условиях.

8. Акционерное общество «Концерн Автоматика» (подписал заместитель генерального директора АО «Концерн «Автоматика», руководитель приоритетного технологического направления кандидат технических наук Севериненко Андрей Михайлович, утвердил Генеральный директор АО «Концерн «Автоматика» Братухин И.Ю.). Замечания: 1. В автореферате не отражены вопросы метрологического обеспечения синтезируемых сигналов.

9. ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» (подписал заведующий кафедрой «Конструирование и производство радиоаппаратуры» доктор технических наук профессор Юрков Н.К.). Замечания: 1. На стр.4. в научной новизне автор предложил способ многокритериальной оптимизации выбора обобщенных вейвлет функций, но в положениях на защиту он не выносится. Новизна, использует как инструмент. 2. В автореферате не представлено обоснование использования универсального индекса качества сигнала как нового критерия выбора базовых вейвлет функций, есть только формула. 3. Автореферат содержит большое количество известных формул и математических выражений, которые можно в автореферате не указывать без ущерба для понимания. 4. Не достаточно подробно описаны представленные в автореферате графики. 5. На стр. 12 автор утверждает, что им разработана «мультисенсорная система передачи данных, которая может быть использована в условиях воздействия импульсных помех и узкополосных помех». Желательно указать характеристики и параметры этих помех, чтобы оценить возможности этой системы.

10. Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт имени академика А.И. Берга» (подписал главный

конструктор направления радиолокаторов в синтезированной апертурой, кандидат технических наук Татаренков Константин Викторович, утвердил генеральный директор, председатель Ученого совета, доктор технических наук, профессор Г.И. Андреев) Замечания: 1. Не ясно каким способом оценивалась спектральная эффективность предложенного в исследовании математического аппарата. 2. Не приведено сравнение преимуществ вейвлет-функций, имеющих компактный носитель, с математическим аппаратом классического гармонического анализа, основанного на использовании преобразования Фурье. 3. Невозможно оценить выигрыш, получаемый при синтезе спектрально-эффективных сигналов и обработке изображений вейвлетами на основе функций Кравченко-Рвачева, полученный автором.

11. Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (МТУСИ) (подписал заведующий кафедрой «Сетевые информационные технологии и сервисы» доктор технических наук профессор Докучаев Владимир Анатольевич). Замечания. 1. При описании экспериментальных исследований не указаны параметры канала радиосвязи. 2. В автореферате не приведено сравнение предложенного математического аппарата и вейвлет-функций.

12. Федеральное государственное унитарное предприятие «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский институт радиосвязи» (подписали начальник НТК Медзигов Александр Владимирович, старший научный сотрудник, кандидат физико-математических наук Вартаньян Сергей Ашотович, руководитель группы, кандидат технических наук Романченко Роман Сергеевич, и.о. начальника управления подготовки кадров высшей квалификации, доктор технических наук, доцент Елисеев Александр Вячеславович, утвердил директор А.А. Косогор) Замечания: 1. В автореферате не приведены количественные показатели повышения помехоустойчивости приема спектрально-эффективных сигналов. 2. В автореферате не приведены разработанные схемы радиоприемных устройств, обеспечивающих требуемую помехоустойчивость приема. 3. Из автореферата не ясен способ

синхронизации приемника и передатчика при динамическом изменении формы сигналов по закону, известному передающей, так и приемной стороне.

4. В автореферате не приведены сведения о вычислительной сложности разработанного алгоритма сжатия изображений, что не позволяет оценить его эффективность по сравнению с алгоритмом «JPEG 100».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается фундаментальным характером научных исследований, большим опытом и достижениями в области разработки современных телекоммуникационных систем и наличием соответствующих публикаций, в том числе в ведущих журналах, определенных ВАК при Минобрнауки России. Выбор Федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-исследовательский институт прикладных проблем», в качестве ведущей организации обусловлен большим опытом данного учреждения в области исследования и разработки современных и перспективных систем связи для силовых структур РФ, а также большим числом публикаций в данной предметной области.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны сигналы на основе финитных атомарных функций, являющихся решением функционально-разностных уравнений с запаздывающим аргументом (сигналов Кравченко-Рвачева), обеспечивающих уменьшение занимаемой ими полосы частот и максимальную крутизну спада огибающей; при обработке и сжатии изображений – в базисах обобщенных атомарных вейвлетов, обеспечивающие требуемое качество сжатия изображений;

предложены устройства формирования спектрально-эффективных сигналов, которые обеспечивает увеличение объемов передаваемой информации, по отношению к известным на 8-12%, в отведенной полосе частот и увеличение быстродействия, по отношению к известным на 30%, при формировании спектрально-эффективных сигналов, а также повышение степени защиты передаваемой информации;

доказано, что обобщенные атомарные вейвлеты, являющиеся бесконечно дифференцируемыми и неаналитическими, обеспечивают лучшее сжатие изображений с контрастными изменениями цвета;

введены показатели качества по критериям равномерной метрики, основанной на использовании поперечника А.Н. Колмогорова, среднеквадратической метрики и отношения пикового сигнала к шуму; а при обработке изображений – энтропии Шеннона, коэффициента взаимной корреляции анализируемого изображения и масштабированной версии базовой вейвлет функции и относительной энтропии Кульбака-Лейблера.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что разработанная модель спектрально-эффективных сигналов на основе атомарных функций, в отличие от известных, обеспечивает уровень ослабления боковых лепестков не менее 50 дБ при ограниченном числе членов произведения ($n \geq 6$), которое обеспечивает заданное среднеквадратичное отклонение синтезированной функции от истинного значения, полученного путем аналитического решения задачи построения огибающей; начиная с $n = 10$, точность вычисления по сравнению с теоретическими результатами имеет погрешность 10^{-30} ;

применительно к проблематике диссертации результативно и эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов использована преимущество подхода к решению научной задачи на основе методов функционального, гармонического, спектрального и масштабного временного анализа, общей теории связи и статистической радиотехники, а также обоснованным выбором исходных данных при разработке научно-методического аппарата формирования и обработки сигналов и изображений телекоммуникационных систем;

изложены рекомендации по синтезу сигналов и обработке изображений на фоне шума и помех, на основе фильтрации с использованием базовых атомарных вейвлетов, определенных как эффективные по энергетическим, корреляционным и информационным критериям;

раскрыты возможности научно-методического аппарата по синтезу нового класса спектрально-эффективных сигналов на основе атомарных функций, а также обработки и сжатия изображений в базисах обобщенных вейвлетов, в трактах формирования и обработки телекоммуникационных систем с учетом показателей качества;

изучены особенности оценки качества обработки изображений на основе базовых вейвлет-функций при использовании критериев оценки соотношения взаимной информации и относительной энтропии для каждой вейвлет функции.

проведена модернизация супергетеродинных приемных устройств с обработкой спектрально-эффективных сигналов, которые в отличие от известных, обеспечивают расширение функциональных возможностей, увеличение степени защиты информации от несанкционированного приема, повышение помехоустойчивости приемника путем обеспечения приема полезной информации, содержащейся в сигналах двух поляризаций.

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

разработаны и внедрены методы и алгоритмы эффективного выбора обобщенных вейвлет функций, которые могут быть использованы для разработки и усовершенствования аппаратно-программных средств обработки сигналов в специализированных компьютерных системах, компьютеризированных системах диагностирования и контроля параметров процессов и сред, системах для измерения параметров случайных процессов и полей, системах идентификации сигналов, системах автоматического контроля технологических процессов и др., что позволит повысить эффективность обработки сигналов, в том числе изображений и видеосигналов, учитывая повышение быстродействия передачи таких сигналов и качественного их преобразования во время-частотной области в НИР и ОКР, проводимых АО «Научно-исследовательский и опытно-экспериментальный центр интеллектуальных технологий «ПЕТРОКОМЕТА»,

АО «Конструкторское бюро «Арсенал» имени М.В. Фрунзе», АО «Концерн «Автоматика», ФГУП «Ростовский-на-Дону НИИ радиосвязь», ФКУ «НИИИТ ФСИН России», занимающихся разработкой и производством телекоммуникационных систем космического и наземного базирования;

определены перспективы практического применения результатов исследования для выбора параметров телекоммуникационных систем космического и наземного базирования на этапах их проектирования;

создана методика синтеза спектрально-эффективных сигналов на основе атомарной функции $f_{ip_N}(t)$ с межсимвольной интерференцией длительностью $4T$ в каждом квадратурном канале, что позволило обеспечить значения полосы частот по уровню -60дБ, равной $0.45/T$ при $n = 2$ и $0.2/T$ при $n = 8$. Это значение полосы частот в 2 раза меньше, чем у сигналов без межсимвольной интерференции при тех же значениях пик-фактора излучаемых колебаний;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию предложенных моделей и способов оценки показателей качества синтеза сигналов и обработки изображений телекоммуникационных систем космического и наземного базирования.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с применением компьютерного моделирования, а также подробно описаны условия и результаты экспериментов, показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях;

теория согласуется с известными ранее результатами в области теории случайного множественного доступа;

идея базируется на оценке эффективности выбора материнских функций по критерию соотношения энергии вейвлет коэффициентов и энтропии распределения энергии Шеннона, который отличается от известных использованием соотношения нормы энергии коэффициентов аппроксимации к энтропии детальных коэффициентов; по критерию оценки коэффициента

взаимной корреляции, который в отличие от существующего использует взаимную корреляцию между анализируемым сигналом и вейвлет коэффициентами; по информационному критерию, который отличается от известных использованием соотношения взаимной информации к относительной энтропии анализируемого сигнала, что позволило сосредоточить энергию сигнала в небольшом количестве значимых коэффициентов, обеспечить необходимую точность аппроксимации и наиболее полное представление сигналов во время-частотной области;

использованы результаты сравнения авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;

установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике, в тех случаях, когда такое сравнение возможно провести;

использованы современные подходы к получению количественных результатов, совмещающие теоретический расчет и имитационное моделирование.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задач исследования, разработке теоретических решений и формулировке предложенных моделей и алгоритмов, планировании исследований и экспериментов, обработке данных и интерпретации полученных результатов, обобщении результатов в виде обоснованных выводов, изложении содержания исследования в форме научных публикаций и апробации результатов.

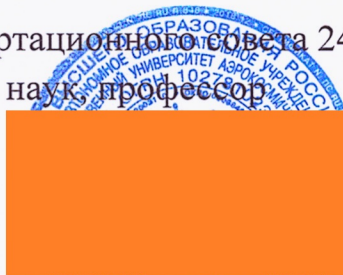
В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: работа изобилует глубоким теоретическим анализом методов построения атомарных функций и обобщенных атомарных вейвлетов, однако недостаточно рассмотрены вопросы оценки качества декодов на основе предложенных атомарных функций с компактным носителем; при описании автор не приводит аргументации в пользу выбора нечеткой логики, а также не дает достаточно подробного описания этого метода.

Соискатель Крячко Михаил Александрович ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию по обсуждаемым научным положениям.

На заседании 24 декабря 2025 года диссертационный совет принял решение: присудить Крячко Михаилу Александровичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций за решение научной задачи, имеющей значение для теории и практики построения телекоммуникационных систем космического и наземного базирования, в которой изложены новые научно-обоснованные решения, направленные на дальнейшее развитие методов формирования сигналов и обработки изображений на основе функций Кравченко-Рвачева и обобщенных атомарных вейвлетов в телекоммуникационных системах.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 7 докторов наук по специальности 2.2.15, участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 13, против присуждения ученой степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета 24.2.384.01
доктор технических наук, профессор



Татарникова Татьяна Михайловна

Ученый секретарь диссертационного совета 24.2.384.01
кандидат технических наук, доцент



Сергеев Александр Михайлович

«24» декабря 2025 года