

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.347.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНОБРНАУКИ РФ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «28» января 2025 г. протокол № 1

О присуждении Хайло Никите Сергеевичу, гражданину РФ, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Робастные алгоритмы обнаружения, синхронизации и демодуляции для TDMA-систем связи при многолучевом распространении сигналов, действию узкополосных импульсных помех и шумов с неизвестным распределением» по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения», принята к защите «12» ноября 2024 г., протокол № 3, диссертационным советом 24.2.347.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ, 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета №105/нк от 11.04.2012 г., приказ об утверждении № 561/нк от 03.06.2021 г.

Соискатель Хайло Никита Сергеевич, «17» мая 1991 года рождения.

В 2014 году Хайло Никита Сергеевич окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский государственный технический университет» по специальности «Многоканальные телекоммуникационные системы», выдан диплом, присвоена квалификация «Инженер». В период с 2014 по 2018 год обучался в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» по направлению 11.06.01 – «Электроника, радиотехника и системы связи» (профиль: «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»), на кафедре Конструирования и технологии радиоэлектронных средств. С 2014 года по настоящее время работает в Федеральном

государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» на кафедре Конструирования и технологии радиоэлектронных средств в должности ассистента.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов №353 выдана в 2018 году Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

Диссертация выполнена на кафедре Конструирования и технологии радиоэлектронных средств Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

Научный руководитель – Вострецов Алексей Геннадьевич, доктор технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», ректорат, советник при ректорате, кафедра Конструирования и технологии радиоэлектронных средств, профессор.

Официальные оппоненты:

Абрамов Сергей Степанович, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики», кафедра Радиотехнических устройств и техносферной безопасности, профессор;

Покаместов Дмитрий Алексеевич, кандидат технических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», кафедра Телекоммуникаций и основ радиотехники, доцент;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург, в своем положительном **заключении**, подписанном доктором технических наук, профессором **Малышевым Виктором Николаевичем**, заведующим кафедрой

радиоэлектронных средств, Вороновой Анной Анатольевной, ученым секретарем кафедры радиоэлектронных средств, и утвержденном проректором по научной и инновационной деятельности, доктором технических наук, доцентом Александром Анатольевичем Семеновым, указала, что: Диссертационная работа «Робастные алгоритмы обнаружения, синхронизации и демодуляции для TDMA-систем связи при многолучевом распространении сигналов, действия узкополосных импульсных помех и шумов с неизвестным распределением» Хайло Н.С. представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, в которой содержится комплексное решение задачи обнаружения, синхронизации и демодуляции сигналов в TDMA-системах передачи данных при многолучевом распространении сигналов, действия узкополосных импульсных помех и шумов с неизвестным распределением, имеющей научно-практическое значение для развития существующих и создания новых TDMA-систем, а также при решении других задач, связанных с априорной неопределенностью уровня сигнала и шума, неизвестной плотности распределения вероятностей шума и режекции узкополосных импульсных помех. По актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости диссертационная работа соответствует требованиям п. п. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. с изменениями постановления от 30.07.2014 № 723, от 21.04.2016 № 335, от 02.08.2016 № 748, от 29.05.2017 № 650, от 28.08.2017 № 1024, от 01.10.2018 № 1168, от 20.03.2021 № 426, от 11.09.2021 № 1539, от 26.09.2022 № 1690, от 26.01.2023 № 101, от 18.03.2023 № 415, от 26.10.2023 № 1786, от 25.01.2024 № 62, от 16.10.2024 № 1382, а ее автор Хайло Никита Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

По теме диссертации опубликовано 16 работ, из них работ, опубликованных в журналах, входящих в перечень ВАК – 5, работ в материалах международных и российских конференций – 10, свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ – 1.

Личный вклад соискателя в работах, опубликованных в соавторстве составляет не менее 70%. Недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют. Общий объем опубликованных работ 6,25 п.л.

Перечень наиболее значимых работ соискателя, в которых отражено основное содержание диссертационной работы и ее результатов:

Публикации в изданиях, входящих в перечень ВАК:

1. **Хайло, Н. С.** Адаптивная демодуляция широкополосных сигналов в условиях неопределенной помеховой обстановки / Н. С. Хайло // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2016. – № 2. – С. 123–134. – DOI: 10.17212/1727-2769-2016-2-123-134.

2. **Хайло, Н. С.** О количественной мере асимптотической робастности алгоритмов обнаружения и различения сигналов / Н. С. Хайло, А. Г. Вострецов // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2018. – № 1. – С. 94–105. – DOI: 10.17212/1727-2769-2018-1-94-10.

3. Вострецов, А. Г. Синхронизация радиотехнических систем с временным разделением каналов при наличии мешающих отражений / А. Г. Вострецов, **Н. С. Хайло** // Вопросы радиоэлектроники. – 2020. – № 11. – С. 37–44. – DOI: 10.21778/2218-5453-2020-11-37-44.

4. **Хайло, Н. С.** Асимптотически робастный инвариантный алгоритм демодуляции DPSK-сигналов при воздействии внешних помех с априорно неопределенными / Н. С. Хайло, А. В. Кривецкий, А. Г. Вострецов // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2022. – № 2. – С. 46–59. – DOI: 10.17212/1727-2769-2022-2-46-59.

5. **Хайло, Н. С.** Робастное обнаружение и оценивание широкополосных сигналов / Н. С. Хайло // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2024. – № 1. – С. 90–99. – DOI: 10.17212/1727-2769-2024-1-90-99.

Публикации в изданиях, входящих в международные базы данных цитирования Scopus, Web of Science:

1. **Khailo, N.S.** Adaptive asymptotically robust invariant detection of signals in uncertain noise environments / N. S. Khailo, V. A. Bogdanovich, A. G. Vostretsov, Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, Proceedings of the 13th International Conference on TCSET 2016. – С. 724–728.

2. Vostretsov, A.G. Research of the sign demodulation algorithm under the action of high power external interference / A. G. Vostretsov, **N. S. Khailo**, V. A. Bogdanovich // Proceedings - 2016 11th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2016. – 2016. – С. 363–365.

3. **Khailo, N. S.** Asymptotic Robustness Coefficient for Signal Detection Algorithms / N. S. Khailo, A. G. Vostretsov // 2018 14th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering, APEIE 2018 – Proceedings. – 2018. – С. 188–191.

Свидетельства на программы для ЭВМ:

1. Свид. 2019619920, Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Программа полунатурного имитационного моделирования работы системы формирования и обработки широкополосных сигналов. / А. Г. Вострецов, Б. В. Пономаренко, С. Е. Радченко, **Н. С. Хайло**, А. В. Кривецкий, В. Ю. Зубарев; заяв. и правообл.: ФГБОУ ВО НГТУ (RU), АО Институт авиационного приборостроения «Навигатор» (RU). – №2019618700; заявл. 16.07.2019; опубл. 26.07.2019.

На автореферат потупило 5 отзывов (все положительные)

1. **Савищенко Николай Васильевич**, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Военная орденов Жукова и Ленина Краснознаменная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного», профессор 2 кафедры; **Бирюков Артем Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент, полковник, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Военная орденов Жукова и Ленина Краснознаменная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного», начальник 2 кафедры. Замечания: 1) В автореферате отсутствует представление разработанных алгоритмов обработки сигналов в виде блок-схемы, что позволило бы лучше оценить их эффективность. 2) Из автореферата непонятно с какими вычислительными затратами связана реализация предлагаемых алгоритмов.

2. **Антипин Борис Маврович**, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет

телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», кафедра «Цифрового телевидения и метрологии», доцент. Замечаний нет.

3. Коломенский Константин Юрьевич, кандидат технических наук, Санкт-Петербургский филиал «Ленинградское отделение научно-исследовательского института радио», заместитель директора филиала по науке. Замечания: 1) В заключении автореферата указано, что в рамках диссертационного исследования был разработан лабораторный стенд для проведения полунатурных испытаний приемников, использующий разработанные алгоритмы, однако, при этом ни структурной схемы, ни описания стенда в автореферате не приводится. 2) При численном моделировании в математической среде не учитываются эффекты квантования сигнала в аналого-цифровом преобразователе.

4. Майстренко Василий Андреевич, доктор технических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет», кафедра «Средства связи и информационная безопасность», профессор. Замечания: 1) Разработанные алгоритмы сравниваются с известным алгоритмом на основе согласованного коррелятора. Однако, в автореферате отсутствует обоснование выбора данного метода в качестве эталонного. 2) Не указана элементная база, на которой можно реализовать предложенные алгоритмы.

5. Радченко Юрий Степанович, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет», кафедра «Радиофизика», профессор. Замечания: 1) В условиях наличия у сигнала неизвестного временного положения и доплеровского сдвига, как правило, возникают аномальные ошибки I рода (из-за шумовых выбросов ЛФОР) и ошибки II рода из-за сигналоподобной помехи. В автореферате не названы условия, при которых ими можно пренебречь. 2) Автор использует модель приближенно финитных функций для описания распределения. В чем их преимущество перед финитными распределениями бета-Якоби. 3) Не указано в чем преимущество статистики $\hat{\sigma}(\dot{x}_S)$ перед другими непараметрическими оценками масштаба сигнала.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается близостью решаемых ими научных задач к тематике

диссертационной работы Хайло Н.С., их широкой известностью своими достижениями в данной области науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации. Официальный оппонент д.т.н., доцент Абрамов С.С. – известный ученый в области помехоустойчивых методов передачи и приема информации, имеет более 90 публикаций. Официальный оппонент к.т.н. Покаместов Д.А. – ведущий специалист в области исследования свойств каналов передачи и обработки сигналов в многопользовательских системах связи, имеет более 100 публикаций. Ведущая организация, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», широко известна своими достижениями в области разработки и исследования радиоэлектронных средств и алгоритмов приема и передачи информации, значительная часть которых проводится на кафедре радиоэлектронных средств, общее число публикаций составляет величину более 300 наименований, в том числе монографий и учебных пособий.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложен коэффициент асимптотической робастности для количественной оценки значения отношения сигнал/шум, обеспечивающего заданный уровень средних потерь при использовании основанных на безынерционном преобразовании наблюдаемых данных робастных алгоритмов обнаружения и различения сигналов при изменении распределения шума;

доказана целесообразность использования уникальной расширяющей последовательности для каждого символа в пакете передаваемых данных для снижения вероятности глубокого замирания всех чипов одного символа в условиях многолучевого канала передачи;

разработаны основанные на модели приближенно финитных распределений шума асимптотически робастные инвариантные алгоритмы обнаружения, оценки временного положения и демодуляции сигналов с относительной фазовой модуляцией, обеспечивающие, в отличие от известных, более высокую помехоустойчивость в условиях многолучевого распространения сигналов, действия узкополосных импульсных помех и при изменении распределения шума.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

исследовано влияние многолучевого распространения сигналов, действия узкополосных импульсных помех и изменения распределения шума на характеристики помехоустойчивости асимптотически робастных инвариантных алгоритмов обнаружения, оценки временного положения и демодуляции сигналов;

обоснован выбор форматов синхронизирующего и информационного сигналов с учетом их многолучевого распространения и наличия в канале узкополосных импульсных помех;

обоснован подход к синтезу алгоритмов обработки сигналов в частотной области с использованием быстрого преобразования Фурье, обеспечивающий значительное снижение требований к объему вычислительных ресурсов системы обработки.

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

разработаны и внедрены асимптотически робастные инвариантные алгоритмы обнаружения, оценки временного положения и демодуляции сигналов, обеспечивающие требуемые характеристики помехоустойчивости приема, а также методика полунатурных испытаний при создании и испытании экспериментального образца модуля ДМЕ/ШПС, о чем свидетельствует акт внедрения результатов диссертационной работы в перспективное для серийного выпуска изделие АО «Навигатор».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория основана на известных проверяемых данных и согласуется с опубликованными результатами теоретических исследований и экспериментальными данными;

идея базируется на представлении неизвестного распределения вероятностей наблюдаемых данных в виде распределения из класса приближенно финитных распределений и построении алгоритмов обработки сигналов, оптимальных по минимаксному критерию для данного класса распределений;

использованные методы исследования основаны на корректном применении положений статистической теории электрической связи, аппарата математической статистики, методов цифровой обработки сигналов, в том числе в частотной области, методах математического моделирования;

установлено соответствие полученных результатов данным независимых источников по тематике обработки сигналов в системах передачи информации в условиях действия шумов и помех;

представлены результаты статистических испытаний разработанных алгоритмов методом имитационного моделирования на ЭВМ входных сигналов и помех и их последующей обработки с помощью предложенных алгоритмов.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задач исследования; анализе современного состояния проблем обработки сигналов при передаче данных между подвижными объектами в режиме временного разделения каналов при воздействии комплекса помех; разработке асимптотически робастных инвариантных алгоритмов обнаружения, оценки временного положения и демодуляции сигналов с относительной фазовой модуляцией. Автором предложен коэффициент асимптотической робастности для количественной оценки значения отношения сигнал/шум, обеспечивающего заданный уровень средних потерь при использовании основанных на безынерционном преобразовании наблюдаемых данных робастных алгоритмов обнаружения и различения сигналов при изменении распределения шума. Им разработаны алгоритмы и программы для полунатурного имитационного моделирования и имитационного моделирования на ЭВМ работы системы формирования и обработки широкополосных сигналов, проведены статистические испытания разработанных алгоритмов на ЭВМ.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Хайло Н. С. аргументированно ответил на все заданные ему в ходе заседания вопросы.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные результаты, имеющие существенное значение для развития теории и практики создания широкополосных систем передачи данных, функционирующих в условиях действия комплекса помех. Диссертация соответствует пунктам 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 28 января 2025 г. диссертационный совет принял решение за разработку комплекса робастных алгоритмов обнаружения, синхронизации

и демодуляции для TDMA-систем связи при многолучевом распространении сигналов, действию узкополосных импульсных помех и шумов с неизвестным распределением, имеющих существенное значение для развития теории и практики создания широкополосных систем передачи данных, присудить Хайло Никите Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 4 доктора наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения», участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, дополнительно введенных на разовую защиту нет, проголосовали: «за» – 12, «против» – нет, «недействительных бюллетеней» – нет.

Заместитель предс
диссертационного

Александр Капитонович Дмитриев

Ученый секретарь
диссертационного

Максим Андреевич Степанов

«28» января 2025 г.