

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 219.001.04
НА БАЗЕ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СВЯЗИ И
ИНФОРМАТИКИ» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 27 июня 2019 года, протокол № 56 о присуждении Смирнову Алексею Эдуардовичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация на тему «Исследование и разработка алгоритмов обработки сигналов в системах беспроводной связи с большим количеством антенн» по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций принята к защите 24 апреля 2019 года (протокол №53/2) диссертационным советом Д 219.001.04 на базе ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (МТУСИ), Федеральное агентство связи, 111024, г. Москва, ул. Авиамоторная 8а, Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 03 марта 2016 г. № 244/нк, изменения в составе утверждены Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 37нк от 30.01.2019 (далее – диссертационный совет).

Соискатель Смирнов Алексей Эдуардович, 1991 года рождения, в 2014 году с отличием окончил магистратуру МТУСИ с присвоением степени магистра-инженера по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств».

В 2018 году соискатель окончил очную аспирантуру МТУСИ по направлению подготовки 11.06.01 – «Электроника, радиотехника и системы связи» с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

Работает старшим преподавателем кафедры «Информационная безопасность» МТУСИ.

Диссертация выполнена на кафедре «Информационная безопасность» МТУСИ.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Крейнделин Виталий Борисович, профессор кафедры «Информационная безопасность», заведующий кафедрой Теории электрических цепей МТУСИ.

Официальные оппоненты:

1. Григорьев Владимир Александрович – доктор технических наук, профессор, профессор факультета Инфокоммуникационных технологий, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», г. Санкт-Петербург

2. Бакулин Михаил Германович – кандидат технических наук, начальник отдела Информационных технологий ООО «Радарные технологии – 2Т», г. Москва

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук, г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном главным научным сотрудником ФГБУН Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, д.ф.-м.н., профессором Дмитриевым А.С., ведущим научным сотрудником ФГБУН Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, д.ф.-м.н. Кузьминым Л.В., утвержденном директором ФГБУН Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, членом-

корреспондентом РАН, д.ф.-м.н., профессором Никитовым С.А., указала, что диссертационная работа Смирнова А.Э. является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему. По новизне, уровню научной проработки и практической значимости полученных результатов работа отвечает требованиям п. 9 положения о присуждении учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор, Смирнов Алексей Эдуардович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Соискатель имеет 11 опубликованных работ по теме диссертации, из них 3 работы опубликованы в научных изданиях, рекомендованных ВАК, в том числе 1 работа в журнале, индексируемом в международной базе данных Scopus. Объём работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК – 1,8 п.л., в изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus – 1 п.л.

Основные публикации:

Статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК

1. Крейнделин, В.Б. Эффективность методов обработки сигналов в системах MU-MIMO высоких порядков / В.Б. Крейнделин, А.Э. Смирнов, Т.Б.К. Бен Режеб // Т-Comm – Телекоммуникации и транспорт. — 2016. — №12. — С. 24-30. (1,3 п.л.).

Смирновым А.Э. проведен анализ помехоустойчивости различных алгоритмов демодуляции в системах MU-MIMO высоких порядков и осуществлено моделирование. Личный вклад Смирнова А.Э. составляет 40 %.

2. Крейнделин, В.Б. Исследование радиointерфейса беспроводных систем межмашинного взаимодействия M2M / В.Б. Крейнделин, А.Э. Смирнов, Т.Б.К. Бен Режеб // Т-Comm – Телекоммуникации и транспорт. — 2014. — №6. — С. 71-74. (0,5 п.л.).

Смирновым А.Э. разработана модель для приёма сигналов в системах

межмашинного взаимодействия М2М. Личный вклад Смирнова А.Э. составляет 40 %.

Статьи в изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus

3. Kreyndelin, V.B. Decreasing of computational complexity of demodulation algorithms in multi-antenna systems due to application of fast algorithms / V.B. Kreyndelin, A.E. Smirnov // Telecommunications and Radio Engineering. – 2016. – Volume: 75, issue: 19. – pp. 1757-1773. (1 п.л.).

Смирновым А.Э. разработана новая реализация алгоритма демодуляции МСКО с меньшей вычислительной сложностью. Личный вклад Смирнова А.Э. составляет 90 %.

Недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, отсутствуют.

На диссертацию и автореферат поступили 7 положительных отзывов: от ПАО «Ростелеком», ГКУ «Мосгортелеком», федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт связи» (ФГУП ЦНИИС), федерального государственного унитарного предприятия Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательского института радио (ФГУП НИИР), ООО «Ай Ти Ви групп», ПАО «МегаФон», ООО «КОМКОР».

Были отмечены следующие недостатки:

1. Произведен обзор только трех известных алгоритмов демодуляции, хотя их больше.
2. Не приведены характеристики помехоустойчивости разработанных алгоритмов для высоких порядков модуляции, например, QAM-64 и QAM-256.
3. Помехоустойчивость разработанных алгоритмов рассмотрена только для двух видов модуляции.
4. Оценка возможности реализации разработанных алгоритмов произведена для малого числа сигнальных процессоров.

5. По тексту встречаются условные обозначения, которым не даны пояснения.
6. Отсутствуют результаты моделирования, учитывающие конечную разрядность сетки цифрового сигнального процессора.
7. Выигрыш в снижении вычислительной сложности в два раза при использовании алгоритма A4 представляется недостаточным.
8. Нет объяснения выбора порога битовой ошибки 0,05 для сравнения помехоустойчивости алгоритмов.
9. Предложенный алгоритм A4 с точки зрения снижения вычислительной сложности нецелесообразно использовать для систем с количеством антенн 4, 8, которые соответствуют современным стандартам беспроводной связи.
10. Никак не объяснено использование BER и FER одновременно для оценки помехоустойчивости алгоритмов.
11. Отсутствует объяснение использования формулы Фробениуса для вычисления обращения матрицы.
12. Непонятно, откуда на приёмной стороне известна матрица канала.
13. Не указано, для каких физических условий канала связи произведено компьютерное моделирование.
14. Моделирование сделано, полагаясь на модуляцию QPSK и 16QAM. Актуальная на сети операторов модуляция 64 и 256QAM.
15. В тексте автореферата отсутствует описание алгоритма Штрассена и метода ЗМ, что затрудняет понимание сути предложенного алгоритма A4.
16. Моделирование для сравнения помехоустойчивости алгоритмов произведено только для канала с релеевскими замираниями.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием значительного количества публикаций, соответствующих теме диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных

соискателем исследований:

- предложена модификация линейного алгоритма демодуляции, оптимального по критерию минимума среднеквадратической ошибки (МСКО), использование которой позволяет снизить вычислительную сложность до двух раз по сравнению с известным алгоритмом МСКО без потерь в помехоустойчивости приема сигнала;
- предложены новый итерационный алгоритм демодуляции и алгоритм приближенного вычисления дисперсий ошибок демодуляции, совместное использование которых позволяет снизить вычислительную сложность процедуры демодуляции сигнала в 2,5-5 раз в зависимости от схемы модуляции и антенной конфигурации при допустимых потерях в помехоустойчивости по сравнению с известным алгоритмом МСКО в системах беспроводной связи с большим количеством антенн, использующих декодеры с «мягкими» оценками на входе.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что для антенных конфигураций систем связи massive MIMO предложены алгоритмы демодуляции сигнала с меньшей вычислительной сложностью по сравнению с известным алгоритмом МСКО.

Практическая значимость работы подтверждается тем, что результаты, полученные в диссертации, использованы в АО «Крафтвэй корпорэйшн ПЛС» при разработке материнских плат с Wi-Fi модулями, что подтверждено соответствующим актом.

Достоверность результатов исследования обеспечена правомерным использованием соискателем методов научного поиска на основе современных источников, посвященных технологии MIMO, и соответствием методов постановки модельных экспериментов существующим рекомендациям теории и практики компьютерного моделирования.

Личный вклад. Все результаты, сформулированные в положениях, выносимых на защиту, получены соискателем лично.

В диссертации содержится решение научной задачи – снижение

вычислительной сложности процедуры демодуляции сигнала в системах беспроводной связи с большим количеством антенн (massive MIMO) для обеспечения возможности реализации разработанных алгоритмов в условиях ограниченных вычислительных ресурсов.

На заседании 27 июня 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Смирнову Алексею Эдуардовичу учёную степень кандидата технических наук.


При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 11 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 19, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета



 Артем Сергеевич Аджемов

Учёный секретарь диссертационного совета

 Максим Валерьевич Терешонок

Заключение совета составлено 27 июня 2019 г.