

**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 УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 24 января 2019 года, протокол №49 о присуждении Бен Режеб Тауфику Бен Камелю, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация на тему «Исследование и разработка алгоритмов обработки сигналов для многопользовательских систем беспроводной связи с несколькими передающими и несколькими приемными антеннами» по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций принята к защите 15 ноября 2018, протокол №45/1 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.

Соискатель Бен Режеб Тауфик Бен Камель, 1991 года рождения, в 2014 году окончил магистратуру МТУСИ с присвоением степени магистранга 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. Овечкин Геннадий Владимирович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры Вычислительной и прикладной математики ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет», г. Рязань;

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

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Акционерное общество «Концерн «Системпром», г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном первым заместителем начальника управления АО «Концерн «Системпром», д.т.н., профессором Фоминым М.Д., начальником отдела АО «Концерн «Системпром», к.т.н. Тенда В.В., утвержденном первым заместителем генерального директора АО «Концерн «Системпром» Сенским А.Е., указала, что диссертационная работа Бен Режеб Т.Б.К. является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему. По новизне, уровню научной проработки и практической значимости полученных результатов работа отвечает требованиям Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «Положение о присуждении учёных степеней», а её автор, Бен Режеб Тауфик Бек Камель,

заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Соискатель имеет 13 опубликованных работ по теме диссертации, из них 3 работы опубликованы в научных изданиях, рекомендованных ВАК, 2 работы в журналах, индексируемых в международной базе данных Scopus. Объем работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК – 2,5 п.л., в изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus – 1,5 п.л.

Основные публикации:

Статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК

1. Крейнделин, В.Б. Нелинейный итерационный алгоритм прекодирования для многопользовательских систем ММО / В.Б. Крейнделин, **Т.Б.К. Бен Режеб** // Известия ВУЗов. Радиоэлектроника. — 2017. — №10. — С. 581–591. (0,7 п.л.).

Т.Б.К. Бен Режебом предложен новый нелинейный алгоритм прекодирования и осуществлено моделирование. Личный вклад Бен Режеб Т.Б.К. составляет 90 %.

2. 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.).

Т.Б.К. Бен Режебом проведен анализ помехоустойчивости алгоритмов прекодирования для случая многопользовательских систем MU-MIMO высоких порядков и осуществлено моделирование. Личный вклад Бен Режеб Т.Б.К. составляет 40 %.

3. Крейнделин, В.Б. Исследование радиоинтерфейса 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.).

Т.Б.К. Бен Режебом проведен анализ помехоустойчивости системы связи с

технологией OFDM-MIMO для построения M2M-системы. Личный вклад Бен Режеб Т.Б.К. составляет 40 %.

Статьи в изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus

4. Kreyndelin, V.B. Nonlinear iterative precoding algorithm for MIMO multiuser systems / V.B. Kreyndelin, **Т.Б.К. Ben Rejeb** // Radioelectronics and Communications Systems. — 2017. — Vol. 60, No 10. — P. 449-457. (0,7 п.л.).

Т.Б.К. Бен Режебом предложен новый итерационный алгоритм последовательного прекодирования для многопользовательских систем MU-MIMO. Личный вклад Бен Режеб Т.Б.К. составляет 90 %.

5. Kreyndelin, V.B. CLTD-OSIC nonlinear precoding algorithm for MU-MIMO TDD multiuser systems / V.B. Kreyndelin, **Т.Б.К. Ben Rejeb** // Telecommunications and Radio Engineering. — 2017. — Vol. 77, Issue 7. — P. 591-602. (0,8 п.л.).

Т.Б.К. Бен Режебом предложена новая нелинейная процедура вычисления прекодирующей матрицы базовой станции на основе принципа взаимности «нисходящего» и «восходящего» каналов. Личный вклад Бен Режеб Т.Б.К. составляет 90 %.

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

На диссертацию и автореферат поступили 7 положительных отзывов: от федерального государственного унитарного предприятия Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательского института радио (ФГУП НИИР), федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательских институт связи» (ФГУП ЦНИИС), федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет», ЗАО «КОМСЕТ-сервис», ООО «НТЦ СОТСБИ», АНО «НТЦИ», АО «Крафтвэй корпорэйшн ПЛС».

Были отмечены следующие недостатки:

1. В работе рассматриваются только антенные конфигурации систем MIMO $4 \times 4 \times 1$ и $4 \times 2 \times 2$, что не позволяет сделать вывод о выигрыше от применения разработанных алгоритмов в современных антенных конфигурациях, имеющих 8, 16 и более антенн.
2. Отсутствует подробное описание физических параметров систем связи, что затрудняет оценку возможности реализации разработанных алгоритмов прекодирования.
3. В тексте автореферата нет информации о выбранных параметрах моделирования, используемых для оценки помехоустойчивости разработанных алгоритмов.
4. Автореферат диссертации содержит большое количество англоязычных обозначений, используемых как в тексте, так и на рисунках.
5. В главе 2 не приведено обоснование выбора процедуры упорядоченного последовательного подавления помех OSIC для вычисления матрицы весовых коэффициентов базовой станции.
6. В автореферате диссертации не хватает подробного описания используемых условных обозначений, что затрудняет восприятие в части описания разработанных алгоритмов.
7. Результаты компьютерного моделирования получены только для метода модуляции QPSK в радиоканале.
8. Графики в автореферате диссертации оформлены с использованием англоязычных обозначений и подписей, что может затруднить восприятие читателей.
9. В работе при моделировании не учтено применение многоантенных систем MIMO совместно с технологией OFDM.
10. Моделирование в работе произведено только для случая канала с релеевскими замираниями.

11. Автореферат диссертации содержит нерасшифрованные условные обозначения.
12. Не рассмотрены перспективы реализации разработанных алгоритмов с помощью аппаратных средств.
13. В автореферате диссертации в части оценки потенциального выигрыша от применения разработанных алгоритмов выбраны неактуальные параметры, отсутствует обоснование выбора неактуального для перспективных систем беспроводной связи частотного диапазона.
14. В работе не приведен анализ возможностей реализации предложенных решений с помощью микропроцессорной техники.

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 новая нелинейная процедура вычисления прекодирующей матрицы базовой станции для адаптации к радиоканалу передаваемых сигналов абонентам, позволяющая получить выигрыш в помехоустойчивости и пропускной способности системы MU-MIMO по сравнению с известной процедурой вычисления прекодирующей матрицы;

- предложены новые алгоритмы прекодирования для систем беспроводной связи, позволяющие получить выигрыш в помехоустойчивости и снизить требуемую пропускную способность канала обратной связи для передачи служебной информации в системе MU-MIMO по сравнению со случаем прекодирования на основе полной информации о состоянии канала.

Проведено компьютерное моделирование, подтверждающее выигрыш в помехоустойчивости и пропускной способности от применения предложенных алгоритмов:

- алгоритм прекодирования A1, позволяющий получить выигрыш в помехоустойчивости 6 дБ и повысить пропускную способность в среднем на 20% по сравнению с известным алгоритмом CLTD для систем с временным дуплексом при антенной конфигурации 4x2x2 в канале с релейскими замираниями;
- алгоритм прекодирования A2, позволяющий получить выигрыш в помехоустойчивости в 1-3 дБ и сжать информацию о состоянии канала в 10 раз по сравнению с известным алгоритмом MMSE для систем с частотным дуплексом при антенной конфигурации 4x4x1 в канале с релейскими замираниями;
- алгоритм прекодирования A3, позволяющий получить выигрыш в помехоустойчивости в 1-3 дБ и сжать информацию о состоянии канала в 32 раза по сравнению с известным алгоритмом MMSE для систем с частотным дуплексом при антенной конфигурации 4x2x2 в канале с релейскими замираниями.

Теоретическая значимость работы обоснована тем, что:

- для систем связи с временным разделением каналов предложен новый алгоритм прекодирования на основе нелинейной процедуры последовательного вычисления прекодирующей матрицы без выделенного канала обратной связи;
- предложены два новых алгоритма прекодирования для систем связи с частотным разделением каналов и абонентами, оснащенными одной и двумя антеннами, соответственно, позволяющие сжать информацию о состоянии канала и снизить требуемую пропускную способность выделенного канала обратной связи.

Практическая значимость работы подтверждается тем, что результаты, полученные в диссертации, использованы в АО «Концерн «Системпром» при доработке системы связи АСУ «Акация-Э», что подтверждено соответствующим актом.

Достоверность результатов исследования обеспечена правомерным

использованием соискателем методов научного поиска на основе современных источников, посвященных технологии ММО, 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 – разработки новых алгоритмов прекодирования для многопользовательских систем с технологией многоантенных систем ММО с целью повышения пропускной способности систем беспроводной связи.

На заседании 24 января 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Бен Режеб Тауфику Бен Камелю ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 9 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 14, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета



Арте́м Серге́евич Аджемов

Ученый секретарь

диссертационного совета



Максим Валерьевич Терешонок

Заключение совета составлено 24 января 2019 г.