

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Аль-Мусави Висама Мохаммедтаки М Джавада «Адаптивный алгоритм обработки пространственно-временных сигналов в ММО-системе радиосвязи для базовой и мобильной станций», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13. «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Актуальность темы диссертации. Современные тенденции развития беспроводных систем связи характеризуются экспоненциальным ростом требований к пропускной способности, надежности и задержкам передачи данных. Особую сложность представляет обеспечение качественной связи в условиях плотной городской застройки, где многолучевое распространение сигналов существенно ограничивает производительность систем. В этой связи разработка интеллектуальных адаптивных методов обработки сигналов, способных динамически оптимизировать параметры ММО-систем в реальном времени, представляет значительный научный и практический интерес.

Оценка содержания работы. Диссертационная работа Аль-Мусави Висама Мохаммедтаки М Джавада представляет собой завершенное научное исследование, структурно состоящее из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 119 источников и восьми приложений. Основное содержание изложено на 168 страницах и включает 32 рисунка и 8 таблиц. В исследовании решается важная научная задача повышения эффективности ММО-систем радиосвязи через разработку и комплексное исследование адаптивного алгоритма пространственно-временной обработки сигналов, реализуемого одновременно на передающей и приемной сторонах канала связи.

Во **введении** представлена развернутая характеристика работы: обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цель и задачи

исследования, определены научная новизна, практическая значимость и положения, выносимые на защиту.

Первая глава содержит систематизированный аналитический обзор современных технологий беспроводной связи. Детально исследованы принципы пространственно-временного кодирования, технологии WiMAX, MIMO-OFDM системы, а также методы адаптивной обработки сигналов в условиях многолучевого распространения.

Вторая глава посвящена разработке комплексной модели беспроводного канала связи. Особого внимания заслуживает модернизированная трехмерная модель MIMO-канала, адекватно учитывающая пространственные характеристики распространения сигналов в городской среде, включая углы прихода и излучения сигналов в трех измерениях.

Третья глава содержит разработку авторского адаптивного алгоритма обработки сигналов. Представлены детальные структурные схемы передающей и приемной систем связи, разработана программа моделирования в среде MATLAB. Существенным достижением является исследование совместного применения адаптивной пространственной обработки сигналов и помехоустойчивых кодов.

Четвертая глава представляет результаты имитационного моделирования, подтверждающие эффективность предложенных решений. На примерах систем SIMO-OFDM и MIMO-OFDM продемонстрировано существенное улучшение ключевых показателей эффективности - вероятности битовой ошибки и пропускной способности.

В **заключении** сформулированы основные научные и практические результаты проведенного исследования.

Оценка новизны и достоверности научных положений и результатов диссертации. Достоверность полученных результатов обеспечивается применением современных методов математического моделирования, использованием апробированных моделей каналов связи, а

также значительным объемом вычислительных экспериментов с последующей статистической обработкой данных.

Научная новизна работы:

1. Модифицированы 3D-модель канала и адаптивный алгоритм пространственно-временной обработки сигналов, реализуемый одновременно на передающей и приемной сторонах ММО-системы, что обеспечивает двустороннюю оптимизацию канала радиосвязи в условиях интенсивных переотражений в канале.

2. Проведено комплексное исследование эффективности предложенного алгоритма путем анализа вероятности битовой ошибки и пропускной способности при различных отношениях сигнал/шум и варьировании ключевых параметров системы.

3. Экспериментально показана высокая эффективность совместного использования адаптивного алгоритма с кодами Рида-Соломона, обеспечивающая совместный прирост эффективности и повышение помехоустойчивости системы.

Апробации и публикации по теме диссертации. Основные результаты работы прошли апробацию на 4 научных конференциях, включая международные. По теме диссертации опубликовано 9 научных работ, в том числе 4 статьи в журналах из Перечня ВАК. Автореферат адекватно отражает содержание диссертационной работы.

Замечания и недостатки диссертационной работы и автореферата:

1. В тексте работы встречаются отдельные стилистические неточности, требующие редакционной правки.

2. Разделы 1.1, 1.2 и 2.1, 2.2; 1.6.1, 1.6.2 и 1.9, 1.10 в значительной степени дублируют друг друга. Между представленными на рисунках 1.2, 1.4, 2.1 моделями канала распространения сигнала отсутствуют принципиальные отличия.

3. В некоторых формулах присутствуют неточности: в формуле 1.17; в формуле 1.12 пропущен знак модуля; в формуле 3.1 нет знака усреднения по ансамблю реализаций.

4. На стр. 40 неверным является утверждение о минимально допустимом числе поднесущих для OFDM сигнала, равным 21. Помимо этого утверждается, что «на рисунке 1.6 продемонстрировано, как именно выглядят сигналы в пределах той области, где насчитывается двадцать одна поднесущая», однако число поднесущих на рисунке равно 16.

5. Требуется более детальная расшифровка отдельных специализированных терминов и аббревиатур. В работе используются русскоязычные и англоязычные термины для обозначения одних и тех же явлений, технологий, величин, что усложняет чтение диссертации.

6. В работе не отражены требования на стационарность канала, влияющую на точность оценки матрицы канальных коэффициентов и пространственную корреляционную матрицу на выходах антенных решеток блоков адаптации, и её реальные значения.

Считаю, что указанные недостатки диссертационной работы не наносят существенного ущерба значимости полученным в работе результатам и не снижают общей положительной оценки диссертационного исследования.

Тематика диссертационной работы соответствует пунктам 2, 4, 10 паспорта специальности 2.2.13 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Заключение. На основании всестороннего анализа диссертационной работы можно сделать следующие выводы:

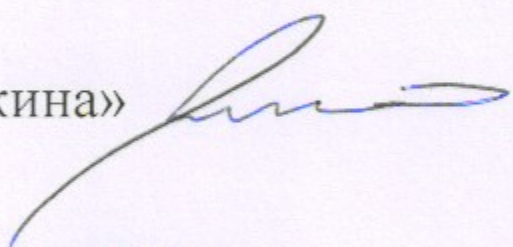
1. Диссертация представляет собой завершённое научное исследование, в котором решена актуальная научная задача повышения эффективности ММО-систем радиосвязи.

2. Автор обладает достаточным количеством публикаций для представления основных результатов диссертации. Апробация результатов работы проведена в достаточном объёме.

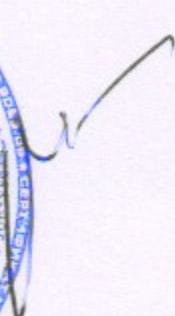
3. Автореферат корректно, достаточно полно отражает содержание диссертации, основные идеи, полученные результаты и выводы и позволяет сформировать обоснованное представление по всей работе в целом.

Учитывая вышеизложенное, считаю, что по актуальности тематики, глубине проводимых исследований и значимости полученных результатов рассматриваемая диссертационная работа удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор, **Аль-Мусави Висам Мохаммедтаки М Джавад**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13. «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Официальный оппонент кандидат технических наук,
доцент кафедры «Радиотехнические устройства»
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный
радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина»

 М.В. Грачев

Подпись Грачева Максима Викторовича заверяю
Проректор по научной работе и инновациям
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный
радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина»
д.т.н., профессор

 С.И. Гусев



25 ноября 2025 г.

Служебный адрес: 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1;
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В. Ф. Уткина», кафедра «Радиотехнические устройства»;
Телефон: 8 (4912) 72-03-48;
E-mail: grachev.m.v@rsreu.ru