ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, доцента Гаврилова Константина Юрьевича на диссертационную работу Нгуен Ван Хань «Повышение эффективности алгоритмов пространственно-временной обработки радиотехнических сигналов на основе модифицированной трехмерной модели рассеивателей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Актуальность темы.

В современных условиях развитие беспроводных технологий, увеличение пропускной способности сетей передачи данных и широкое распространение устройств передачи, приема и обработки информации обусловили расширение областей применения радиосистем передачи информации. Рост числа используемых устройств приводит к повышению требований к надежности передачи данных, энергетической и спектральной эффективности беспроводных систем. Особую значимость указанные требования приобретают в условиях многолучевого распространения радиосигналов, при котором наличие отражений, рассеяния и интерференции вызывает искажение амплитудных и фазовых характеристик принимаемого сигнала.

Диссертационная работа Нгуен Ван Хань направлена на решение актуальной научной задачи моделирования и анализа многоантенных радиосистем передачи информации с учетом условий многолучевого распространения радиосигнала. В работе разработана трехмерная геометрическая модель канала с рассеивателями и исследована эффективность алгоритмов пространственно-временного и относительного кодирования при наличии погрешностей оценки канальной матрицы. Таким образом, диссертационная работа является актуальной, соответствует современным направлениям развития радиотехнических систем и представляет научный и практический интерес. Содержание диссертационной работы соответствует положениям пунктов паспорта специальности 2.2.13 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» (пункты 2, 3, 15).

Теоретическая и практическая значимость.

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в развитии методов моделирования трехмерных многолучевых MIMO-каналов с учетом пространственного и углового распределения рассеивателей, а также в установлении закономерностей влияния параметров канала (коэффициента Райса, степени концентрации рассеивателей, погрешности оценки канала) на вероятность битовой ошибки и эргодическую пропускную способность радиосистем передачи

информации. Полученные результаты расширяют существующие представления об эффективности алгоритмов пространственно-временного и относительного кодирования в условиях многолучевого распространения сигнала.

Практическая значимость работы подтверждается внедрением результатов работы в научно-исследовательский процесс кафедры РТУ РГРТУ, а также в разработки компаний АО «E-STARS» и АО «HVC». Дополнительным подтверждением практической применимости результатов является реализация предложенных алгоритмов в среде GNU Radio с использованием программно-аппаратной платформы USRP X300, что свидетельствует о работоспособности разработанных методов в условиях реального эксперимента.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Разработана трехмерная геометрическая модель распределения рассеивателей для MIMO-систем, учитывающая однократное и двукратное отражение сигналов, при котором расположение рассеивателей задается на поверхностях вложенных геометрических областей.

2. Установлены закономерности влияния коэффициента Райса и соотношения мощностей прямой и рассеянной компонент на эргодическую пропускную способность MIMO-систем с ортогональным пространственно-временным кодированием и без него.

3. Получены количественные оценки эффективности кодирования Аламоути и относительного кодирования в условиях трехмерного многолучевого канала с учетом погрешностей оценки канальной матрицы, включая энергетический выигрыш различных алгоритмов декодирования.

Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием корректного математического аппарата, включающего методы матричной алгебры, аналитической геометрии, теории цифровой обработки сигналов и статистического моделирования. Также о достоверности свидетельствуют значительный объем публикаций и их широкая апробация: по теме диссертации опубликовано 25 научных работ, включая 4 статьи в рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК РФ, 2 публикации в изданиях, индексируемых в международной базе Scopus, а также получены 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Оценка содержания диссертационного исследования.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 171 странице машинописного текста, содержит 62 рисунка и 9 таблиц. Список литературы включает 140 наименований. В первой главе выполнен анализ существующих моделей многолучевых MIMO-каналов и предложена трехмерная

геометрическая модель распределения рассеивателей. Во второй главе исследована эффективность пространственно-временного кодирования и мультиплексирования в условиях наличия рассеивателей и различной степени выраженности прямой видимости. В третьей главе проведен анализ относительного пространственно-временного кодирования с учетом погрешностей оценки канала и исследовано влияние параметров канала на характеристики системы. В четвертой главе рассмотрены аспекты технической реализации предложенных алгоритмов пространственно-временного кодирования.

Автореферат адекватно отражает содержание диссертации и представляет собой краткое изложение основных результатов диссертационного исследования.

В качестве **замечаний** необходимо отметить следующее:

1. В первой главе подробно описана трехмерная геометрическая модель распределения рассеивателей, однако в тексте недостаточно полно раскрыты физические свойства рассеивателей и особенности распространения радиосигнала в рамках данной модели.

2. В таблице 2.2 приведены значения снижения пропускной способности системы с использованием пространственно-временного блочного кодирования, однако представляется целесообразным более детально раскрыть методику расчета указанных величин и обсудить их практическую интерпретацию.

3. Не указаны вычислительные ресурсы, необходимые для реализации предложенных алгоритмов пространственно-временного кодирования и декодирования (время расчета, объем памяти, аппаратные затраты).

4. В разделе 4.1 рассмотрены топологии БСС и кооперативные MIMO-системы, однако отсутствует количественная оценка дополнительных энергетических затрат на кооперативный обмен между узлами. Для IoT-устройств с ограниченным энергопитанием данный аспект является принципиально важным и требует отдельного анализа.

5. В работе и автореферате существуют стилистические неточности.

Отмеченные недостатки **не снижают** общей ценности диссертационной работы, которая представляет собой исследование, выполненное на высоком квалификационном уровне. Диссертационная работа Нгуен Ван Хань является завершенной научно-квалификационной работой по специальности 2.2.13, в которой решена задача разработки трехмерной геометрической модели расположения рассеивателей в MIMO канале и оценки эффективности алгоритмов пространственно-временного кодирования и декодирования сигналов.

С учетом вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Нгуен Ван Хань соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от

24.09.2013 г., в части, касающейся кандидатских диссертаций. Автор работы Нгуен Ван Хань заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Официальный оппонент
доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры «Радиолокация, радионавигация
и бортовое радиоэлектронное оборудование»
Московского авиационного института (национального исследовательского университета)».

Гаврилов Константин Юрьевич

«27» 07 2026 г.

Подпись д.т.н., доцента Гаврилова К.Ю. удостоверяю,

Директор дирекции ин-та № 4 МАИ (НИУ) В.В. Кирдяшкин

М.П.

Гаврилов Константин Юрьевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры 410 «Радиолокация, радионавигация и бортовое радиоэлектронное оборудование» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

Адрес электронной почты: kongav3461 @mail.ru

Телефон: +7 (910) 412-07-41

Рабочий адрес: 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4.

www.mai.ru

Адрес электронной почты: mai@mai.ru

Телефон: +7-499-158-92-09

С отзывом ознакомлен 14.08.2026