ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.375.03,
созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Аттестационное дело № _____
Решение диссертационного совета от 18.09.2026 № 13

О присуждении Нгуен Ван Хань, гражданину Вьетнама, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение эффективности алгоритмов пространственно-временной обработки радиотехнических сигналов на основе модифицированной трехмерной модели рассеивателей» **по специальности** 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения **принята к защите 24 апреля 2026 г., протокол № 11, диссертационным советом** 24.2.375.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» Министерства науки и высшего образования РФ, 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1, приказом Минобрнауки России № 449/нк от 18.12.2013 г., срок полномочий продлён приказом Минобрнауки России №561/нк от 03.06.2021 г.

Соискатель Нгуен Ван Хань, 20 октября 1994 года рождения, в 2019 году окончил Военно-морскую академию имени Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова, г. Санкт-Петербург, по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», получив диплом специалиста с отличием. С 2022 г. по 2026 г. обучается в очной аспирантуре при ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина» по специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения и не работает.

Диссертация выполнена на кафедре радиотехнических устройств федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Паршин Александр Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры радиотехнических устройств ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В. Ф. Уткина».

Официальные оппоненты:

1. Парфенов Владимир Иванович – доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры радиофизики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж;

2. Гаврилов Константин Юрьевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Радиолокация, радионавигация и бортовое радиоэлектронное оборудование» Московского авиационного института (национального исследовательского университета), г. Москва.

Дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону в своем положительном отзыве, подписанном профессором кафедры теоретических основ радиотехники, доктором технических наук, профессором Федосовым Валентином Петровичем и утвержденном проректором по стратегическому развитию и исследовательской деятельности, кандидатом химических наук Мухановым Евгением Леонидовичем, указала, что диссертация Нгуен Ван Хань является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований осуществлено решение актуальной научно-технической задачи разработки геометрической модели расположения рассеивателей в MIMO канале передачи информации и оценки эффективности алгоритмов пространственно-временного кодирования и декодирования сигналов. Результаты диссертации обладают научной новизной, теоретической и практической значимостью, в достаточной степени представлены в опубликованных научных трудах автора. Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы. Использование результатов работ других авторов сопровождается корректными ссылками на их публикации. Содержание диссертации и автореферата Нгуен В.Х. соответствует специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения и удовлетворяет требованиям, предъявляемым п. 9 Положения о присуждении ученых степеней к

кандидатским диссертациям, автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Соискатель имеет 25 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 25 работ, из них 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК, 2 научных доклада, индексируемых в базе Scopus, 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и 17 тезисов докладов на международных, всероссийских и внутривузовских научных конференциях.

Наиболее значимые работы:

1. Паршин, А. Ю. Разработка модели и классификация MIMO каналов связи в трехмерной системе координат / А. Ю. Паршин, В. Х. Нгуен // Цифровая обработка сигналов. – 2023. – № 4. – С. 41-46.

Нгуен В. Х. провел разработку и исследование модели и классификации MIMO каналов связи в трехмерной системе координат.

2. Паршин, А. Ю. Анализ эффективности MIMO системы связи с относительным кодированием при наличии рассеивателей / А. Ю. Паршин, В. Х. Нгуен // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2024. – № 89. – С. 3-11.

Нгуен В. Х. провел анализ эргодической пропускной способности и вероятности битовой ошибки в зависимости от отношения сигнал-шум при использовании относительного кодирования.

3. Паршин, А. Ю. Исследование эффективности относительного кодирования при использовании трехмерной модели рассеивателей в MIMO системах связи / А. Ю. Паршин, В. Х. Нгуен // Радиотехнические и телекоммуникационные системы, – 2025. – вып. 2(58). – С. 14-19.

Нгуен В. Х. провел оценку эффективности относительного пространственно-временного кодирования для систем MIMO с различным количеством антенн в условиях многолучевого распространения.

4. Паршин, А. Ю. Оценка пропускной способности MIMO системы связи при погрешности оценки канальной матрицы и наличии рассеивателей / А. Ю. Паршин, В. Х. Нгуен // Радиотехника. – 2026. – Т. 90. – № 1. – С. 84-93.

Нгуен В. Х. провел разработку модели канальной матрицы, учитывающей однократные и двукратные отражения, а также исследование пропускной способности в зависимости от различных параметров.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва. Отзыв подписал доцент кафедры мультимедийных технологий и телекоммуникаций, к.т.н., доцент Ляшев Владимир Александрович.

2. Акционерное общество «Московский научно-исследовательский институт «Агат», г. Жуковский. Отзыв подписал помощник генерального директора - начальник научно-технического отдела, учёный секретарь НТС, к.т.н. Потапов Михаил Владимирович.

3. Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная ордена Кутузова академия войсковой противовоздушной обороны Вооруженных Сил Российской Федерации имени Маршала Советского Союза А. М. Василевского», г. Смоленск. Отзыв подписали доцент 11 кафедры (специальных радиотехнических систем), к.т.н., доцент Алексанян Ирина Эдуардовна и доцент 11 кафедры (специальных радиотехнических систем), к.т.н., доцент Сухотин Валерий Викторович.

4. Ордена Трудового Красного Знамени ФГБОУ ВО «Московский технический университет связи и информатики», г. Москва. Отзыв подписал доцент кафедры техническая электродинамика и антенны, к.т.н., доцент Александр Владимирович Шушков.

5. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», г. Санкт-Петербург. Отзыв подписал профессор кафедры сетей связи и передачи данных, д.т.н., профессор Александр Иванович Парамонов.

6. Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром. Отзыв подписал профессор кафедры радиотехники, д.т.н., профессор Костров Виктор Васильевич.

7. ФГАОУ ВО «Волгоградский Государственный университет», г. Волгоград. Отзыв подписал профессор кафедры Радиофизики, д.т.н., профессор Захарченко Владимир Дмитриевич.

8. ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург. Отзыв подписал профессор кафедры Теоретических основ радиотехники, к.т.н., доцент Сергиенко Александр Борисович.

9. ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж. Отзыв подписал профессор кафедры электрооборудования (и оптико-электронных систем), д.ф.-м.н., профессор Разиньков Сергей Николаевич.

10. АО «Концерн «Созвездие» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж. Отзыв подписала заведующая базовой кафедрой систем телекоммуникации и радиоэлектронной борьбы, д.ф.-м.н., профессор Аверина Лариса Ивановна.

11. ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва. Отзыв подписал доцент кафедры «Теоретическая радиотехника», к.т.н., доцент Шевгунов Тимофей Яковлевич.

В отзывах указаны следующие недостатки:

В автореферате недостаточно освещен вопрос вычислительной сложности предложенных алгоритмов и их практической реализуемости при увеличении размерности системы (масштабируемость). В автореферате не указано, чем предложенная модель с 3D распределением отражателей отличается от таких 3D моделей как стохастическая 3D-3GPP и геометрическая SIONNA с многократными переотражениями и рассеянием в 3D-пространстве. Не рассмотрено применение предложенной модели в условиях нестационарного канала, когда положение рассеивателей меняется во времени, что характерно для городских сценариев с движущимися объектами. Не указано, каким образом выбирались значения погрешности оценки канала при сравнительном анализе алгоритмов кодирования. В автореферате не указано практическое значение оценки зависимости элемента матрицы канальных коэффициентов от угла поворота скопления рассеивателей.

Недостаточно объяснено влияние погрешности оценки матрицы канальных коэффициентов на эргодическую пропускную способность системы при различных сценариях расположения рассеивателей с учетом применяемых алгоритмов пространственного кодирования и декодирования, хотя данная зависимость представляет практический интерес. В тексте наблюдается некоторая вариативность в употреблении терминов «пространственно-временное кодирование» и «пространственно-временная обработка». Рекомендуется унифицировать терминологию в соответствии с отраслевыми стандартами (ГОСТ Р 57880-2017), чётко разделяя понятия кодирования на передающей стороне и общей обработки сигнала в канале, чтобы исключить возможные смысловые разночтения. Стиль изложения местами перегружен отглагольными существительными и пассивными конструкциями (например, «осуществляется моделирование», «производится оценка», «выполнено сравнение»), что снижает динамику восприятия и характерно для избыточно бюрократизированного академического письма. Целесообразно заменить подобные конструкции на более прямые формулировки с использованием активного залога, что повысит читаемость и соответствие современным нормам научного стиля. Отсутствует единообразие в оформлении ссылок на рисунки, формулы и англоязычные аббревиатуры (BER, LOS, NLOS, DSTBC, GNU Radio, USRP). Рекомендуется привести нумерацию иллюстраций и математических выражений к единому стандарту, а при первом упоминании иностранных аббревиатур давать их расшифровку на русском языке в соответствии с требованиями ВАК и ГОСТ 7.0.11-2011. В автореферате недостаточно подробно обоснован выбор конкретных сценариев распространения сигнала по COST-259 и не вполне ясно, в какой мере полученные результаты могут быть перенесены на иные практические условия функционирования радиосистем. В автореферате встречаются непринципиальные опечатки и незначительные стилистические неточности. В автореферате недостаточно подробно раскрыты границы применимости предложенной трехмерной модели рассеивателей для различных практических сценариев распространения радиосигнала (с.6 - 8). Представлялось бы полезным более подробно осветить вычислительную сложность рассмотренных алгоритмов пространственно-временного кодирования и декодирования сопоставить ее с

достигаемым энергетическим выигрышем (с. 11 -13). В тексте автореферата не приводится анализ влияния размера кластеров рассеивателей и изменения их пространственного расположения на эффективность предложенных алгоритмов пространственно-временного кодирования и декодирования. Не приведены результаты сравнения эффективности алгоритмов пространственного кодирования при использовании трехмерных моделей с различными функциями распределения рассеивателей. Неясно, почему на графиках рис. 6 отсутствует эффект разнесения (для снижения вероятности ошибки в 10 раз, согласно этим графикам, требуется увеличение отношения сигнал/шум примерно на 10 дБ или даже больше), который схема Аламоути должна обеспечивать. Из автореферата неясно, какие именно факторы учитывались при анализе энергопотребления MIMO-системы в главе 3. Из автореферата неясно, что именно в п. 5 раздела «Заключение» подразумевается под «предложенными алгоритмами» и «предложенными методами». Отсутствует однозначное соответствие между формулировками частных задач диссертационного исследования, полученными результатами и положениями, выдвигаемыми для публичной защиты, а также авторскими оценками их научной новизны. В автореферате в явном виде не представлена научная задача и не определены перспективы развития темы диссертационного исследования. Несколько некорректно в качестве предмета диссертационного исследования определены «модели расположения рассеивателей в канале передачи информации с многоканальными системами..., а также алгоритмы приема и обработки сигналов в системах MIMO», поскольку они подлежат созданию по результатам выполненной работы. Разработанную модель MIMO-радиоканала целесообразно дополнить воспроизведением электромагнитных связей в антенных системах за счет вторичного излучения, обусловливающих искажения сигналов при передаче-приеме. При представлении результатов исследования не приводится информация о способах их верификации и достигнутой мере точности. В положении 3, выносимом на защиту, утверждается, что алгоритм декодирования по методу максимального правдоподобия обеспечивает энергетический выигрыш в отношении сигнал/шум на 3,2-8,6 дБ по сравнению с методами минимума среднеквадратической ошибки и обнуления. Однако из автореферата не вполне ясно, как этот диапазон выигрыша

зависит от конфигурации антенн (числа приемных и передающих элементов), а также от сценария рассеивателей. Связано ли уменьшение выигрыша до 3,2 дБ с ростом числа антенн или с определенным сценарием, и какова роль трехмерной модели в этом результате? В работе исследуются сценарии COST-259 с различным пространственным распределением рассеивателей. Остается открытым вопрос: для какого из этих сценариев предложенная трехмерная модель дает максимальное отличие от традиционных двумерных моделей по вероятности битовой ошибки или пропускной способности? Было бы полезно указать, в каких случаях двумерное приближение становится принципиально неадекватным. В разделе, посвященном экспериментальным исследованиям на USRP X300, указано, что для минимизации ошибки оценки канальной матрицы применена ортогональная тестовая последовательность на основе матрицы Адамара. Из автореферата неясно, каковы достигнутые значения погрешности оценки в экспериментальной установке и соответствуют ли они теоретическим предположениям о величине параметра и, принятым при моделировании (например, μ=0,3). Одним из заявленных отличий предложенной модели от известных является учет двукратного отражения сигналов, для чего в работу вводятся коэффициенты соотношения мощностей однократного и двукратного отражений. Вместе с тем в приведенных в автореферате результатах по вероятности битовой ошибки и пропускной способности не выделено влияние именно двукратного отражения по сравнению с моделью, ограниченной однократным отражением. В связи с этим остается неясным, какой вклад в итоговые характеристики системы вносит этот элемент модели. В автореферате приведены результаты, согласно которым увеличение концентрации рассеивателей, описываемой распределением фон Мизеса-Фишера, приводит к росту вероятности битовой ошибки и одновременно может способствовать увеличению эргодической пропускной способности. При этом отмечается, что с усилением LOS-компоненты последний эффект снижается. Однако совместное влияние параметра концентрации рассеивателей и коэффициента Райса на указанные показатели количественно не раскрыто, что затрудняет определение области параметров канала, обеспечивающей рациональный компромисс между помехоустойчивостью и пропускной способностью системы.

Все отзывы **положительные** и содержат вывод о том, что диссертация соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель Нгуен Ван Хань заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается известностью их достижений в данной области науки, наличием публикаций по тематике диссертации, что позволяет им определить теоретическую и практическую значимость диссертации. Соискатель и научный руководитель соискателя не работают в данной организации и не являются участниками научно-исследовательских работ, ведущихся в этой организации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны математическое описание и трехмерная геометрическая модель распределения рассеивателей в многолучевом MIMO канале, учитывающие однократное и двукратное отражение сигналов, различные законы распределения рассеивателей и возможность изменения положения облака рассеивателей по азимуту и углу места;

предложены алгоритмы пространственно-временного кодирования и декодирования сигналов MIMO систем, обеспечивающие снижение вероятности битовой ошибки и повышение энергетической эффективности передачи информации, а также определена область применения кодирования Аламоути и относительного кодирования с учетом погрешности оценки канальной матрицы;

доказана эффективность разработанных алгоритмов путем компьютерного моделирования и анализа экспериментальных данных.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана корректность полученных автором результатов диссертации путем сопоставления с результатами, представленными в известных научно-технических публикациях, а также подтверждена авторскими результатами компьютерного моделирования и экспериментальных исследований;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы положения теории радиотехники и MIMO систем, теории цифровой обработки сигналов, а также методы математического и компьютерного моделирования;

изложены математическое описание трехмерной геометрической модели распределения рассеивателей в многолучевом MIMO канале и результаты исследования влияния пространственного распределения рассеивателей, коэффициента Райса и погрешности оценки канальной матрицы на вероятность битовой ошибки и эргодическую пропускную способность MIMO систем;

раскрыта проблема, связанная с необходимостью адекватного трехмерного описания расположения рассеивателей в MIMO канале и обоснованием областей эффективного применения алгоритмов пространственно-временного кодирования Аламоути и относительного кодирования в условиях многолучевого распространения радиосигнала и неопределенности канальной матрицы;

изучены существующие двумерные и трехмерные геометрические модели радиоканалов MIMO систем, а также наиболее эффективные алгоритмы пространственно-временного кодирования и методы декодирования;

проведена оценка эффективности разработанных алгоритмов с помощью компьютерного моделирования и экспериментальных исследований на аппаратно-программной платформе.

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

разработаны и внедрены трехмерная геометрическая модель расположения рассеивателей и алгоритмы пространственно-временного кодирования и декодирования в НИР «Принципы построения и функционирования информационных систем в неоднородных сплошных средах» (грант РНФ 24-29-00850), а также в разработки компаний АО «E-STARS» и АО «HVC»;

определены области эффективного применения кодирования Аламоути и относительного пространственно-временного кодирования в зависимости от степени многолучевости канала, коэффициента Райса и погрешности оценки канальной матрицы;

создано программное обеспечение для расчета вероятности битовой ошибки при относительном пространственно-временном кодировании и для моделирования пространственного распределения рассеивателей в трехмерном пространстве;

представлены акты внедрения диссертационной работы.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты, полученные с использованием платформы GNU Radio и приемопередатчиков USRP X300, согласуются с результатами компьютерного моделирования и теоретическими зависимостями;

теория построена с использованием адекватных математических моделей, математического аппарата линейной алгебры, аналитической геометрии и теории цифровой обработки сигналов;

идея работы заключается в разработке геометрической модели расположения рассеивателей, учитывающей многократное отражение сигналов, и получении на ее основе оценок канальной матрицы для анализа эффективности алгоритмов пространственно-временной обработки;

использованы результаты сравнения исследований соискателя с данными исследований других авторов, полученными ранее по рассматриваемой тематике;

установлено, что разработанная трехмерная модель рассеивателей позволяет более полно учитывать условия многолучевого распространения сигналов в радиосистемах передачи информации.

Личный вклад соискателя состоит в разработке трехмерной геометрической модели расположения рассеивателей в MIMO канале передачи информации, проведении компьютерного моделирования пространственно-временного кодирования и декодирования, участии в подготовке и проведении экспериментальных исследований на платформе GNU Radio с приемопередатчиками USRP X300, а также в подготовке публикаций и внедрении результатов работы в НИР и производство.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- ограничен анализ относительного кодирования только конфигурацией антенн 2×1, не исследовано поведение схемы при большем числе передающих антенн;

- недостаточно раскрыт вопрос вычислительной сложности алгоритма декодирования по методу максимального правдоподобия при увеличении числа антенн и объема созвездия сигналов;

- не проведено сравнение предложенной трехмерной модели рассеивателей с альтернативными геометрическими моделями, отличными от стандарта COST-259.

Соискатель Нгуен Ван Хань ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию, с частью замечаний согласился и на часть замечаний ответил.

На заседании 18.09.2026 года диссертационный совет принял решение присудить Нгуен Ван Хань ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения за решение научной задачи повышения эффективности пространственно-временной обработки радиотехнических сигналов на основе модифицированной трехмерной модели рассеивателей, имеющей важное значение для развития радиотехники и систем передачи информации.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 7 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета проголосовали: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета _____Кошелев Виталий Иванович

Ученый секретарь
диссертационного совета _____Овечкин Геннадий Владимирович

18.09.2026 г.