

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.398.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 25 июня 2025 г. № 3

О присуждении Ефременкову Ивану Дмитриевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Метод построения турбокода системы остаточных классов, обеспечивающий повышение помехоустойчивости беспроводных систем стандарта LTE-R» по научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки) принята к защите 24 апреля 2025 г. (протокол заседания № 2) диссертационным советом 24.2.398.02, созданным на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет», 355017, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, приказ Минобрнауки России № 105/нк от 11 апреля 2012 г. и действующим на основании приказа Минобрнауки России № 561/нк от 03.06.2021 г.

Соискатель Ефременков Иван Дмитриевич, 1991 года рождения, в 2022 году окончил аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет», по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», направленность (профиль) – Системный анализ, управление и обработка информации, с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель исследователь».

В настоящее время работает стажером-исследователем в Региональном научно-образовательном математическом центре «Северо-Кавказский центр математических исследований» факультета математики и компьютерных наук имени профессора Н.И. Червякова ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».

Диссертация выполнена на кафедре «Вычислительной математики и кибернетики» факультета математики и компьютерных наук имени профессора Н.И. Червякова ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Калмыков Игорь Анатольевич, профессор кафедры вычислительной математики и кибернетики факультета математики и компьютерных наук имени профессора Н.И. Червякова ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».

Официальные оппоненты:

Ажмухамедов Искандар Маратович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационной безопасности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева».

Ищукова Евгения Александровна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры безопасности информационных технологий им. О.Б. Макаревича института компьютерных технологий и информационной безопасности федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет».

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЮЗГУ», г. Курск) в своем положительном отзыве, подписанном и утвержденным Алтуховым Александром Юрьевичем, кандидатом технических наук, доцентом, исполняющим обязанности проректора по научной работе и международной деятельности, указала что диссертация является завершенной научно-квалификационной работой и по актуальности, новизне, объему выполненных исследований, научной и практической значимости полученных результатов соответствует требованиям п.п. 9 – 11, 13 и 14 «О порядке присуждения ученых степеней», установленного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 в действующей редакции, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Согласно отзыву, автор диссертационной работы – Ефременков Иван Дмитриевич заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Соискатель имеет: 4 статьи в ведущих рецензируемых научных журналах из перечня ВАК РФ при Минобрнауки по научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки); 2 статьи в изданиях, входящих в международную базу данных Scopus; 4 статьи в других рецензируемых журналах; 1 патент РФ на изобретение; 7 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ. Основные результаты диссертационной работы отражены в 14 докладах на Международных и Всероссийских научно-практических конференциях.

Наиболее значимые работы:

1. Ефременков, И.Д. Исследование корректирующих способностей помехоустойчивого кода системы остаточных классов [Электронный ресурс] / И.Д. Ефременков, И.А. Калмыков // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 9 (105). – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2023/8702. – 1,00 п.л. / авт. вклад 0,5 п.л.

2. Ефременков, И.Д. Помехоустойчивый протокол опознавания низкоорбитального спутника-ретранслятора / И.Д. Ефременков, И.А. Калмыков, Д.В. Духовный // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2024.

– № 5. – С. 271-282. – 0,75 п.л. / авт. вклад 0,3 п.л.

3. Ефременков, И.Д. Разработка метода построения модулярного композиционного кода для помехозащищенной системы аутентификации спутника / И.Д. Ефременков, И.А. Калмыков, Д.В. Юрданов, М.И. Калмыков, Е.А. Волошин, И.А. Проворнов // Современная наука и инновации. – 2021. – № 1 (33). – С. 35-41. – 0,43 п.л. / авт. вклад 0,2 п.л.

4. Ефременков, И.Д. Структурная модель помехоустойчивой системы с ортогональным частотным разделением каналов, использующей модулярные турбокоды системы остаточных классов [Электронный ресурс] / И.Д. Ефременков, И.А. Калмыков, Н.К. Чистоусов, Д.В. Духовный // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 8. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2024/9430. – 2,75 п.л. / авт. вклад 1,5 п.л.

5. Ефременков, И.Д. Использование избыточных модулярных кодов при разработке отказоустойчивых запросно-ответных систем распознавания спутника / И.Д. Ефременков, М.И. Калмыков, Л.К. Бабенко, И.А. Калмыков // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 12. – С. 292-296. – 0,3 п.л. / авт. вклад 0,08 п.л.

6. Ефременков, И.Д. Модификация алгоритма вычисления позиционно-интервальной характеристики модулярных кодов для коррекции ошибок / И.Д. Ефременков, Н.К. Чистоусов, А.Ф. Чипига, И.А. Калмыков, Н.И. Калмыкова // Современные наукоемкие технологии. – 2021. – № 8. – С.137-142. – 0,37 п.л. / авт. вклад 0,12 п.л.

7. Ефременков, И.Д. Разработка алгоритма построения турбокодов на основе модулярных кодов / И.Д. Ефременков, И.А. Калмыков, Д.В. Юрданов, Е.А. Волошин, И.А. Проворнов // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 8. – С. 43-48. – 0,37 п.л. / авт. вклад 0,1 п.л.

8. Ефременков, И.Д. Реализация математической и структурной моделей кодопреобразования для системы аутентификации космического аппарата / И.Д. Ефременков, Е.П. Степанова, М.И. Калмыков, А.В. Ефимович, И.А. Калмыков, К.Т. Тынчеров // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 11. – С. 53-58. – 0,37 п.л. / авт. вклад 0,1 п.л.

9. Efremenkov, I.D. Application of noise-resistant modular codes to increase the fault tolerance of infocommunication systems with OFDMD / I.D. Efremenkov, I.A. Kalmykov, I.A. Provornov, M.I. Kalmykov // Advances in intelligent systems

research, volume 174. Proceedings of the 8th Scientific Conference on Information Technologies for Intelligent Decision Making Support (ITIDS 2020). – 2020. – P. 155-161. – 0,43 п.л. / авт. вклад 0,23 п.л.

10. Efremenkov, I.D. Application of modular turbo codes in authentication systems / I.D. Efremenkov, N.K. Chistousov, I.A. Kalmykov, D.V. Dukhovnyj, N.I. Kalmykova // AIP Conference Proceedings. – 2023. – 2700. – № 070006. – P. 1-6. – 0,37 п.л. / авт. вклад 0,19 п.л.

11. Патент № 2711731 Российская Федерация. Устройство для вычисления сумм парных произведений: С1, МПК G06F 7/00 / Калмыков И.А., Ефременков И.Д., Чистоусов Н.К., Проворнов И.А., Калмыкова Н.И.; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет». – № 2019122909; заявл. 19.07.2019; опубл. 21.01.2020. – 15 с.

12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024615863 Российская Федерация. Программа исследования свойств двоичных кодов системы остаточных классов в канале связи с группированием ошибок /Ефременков И.Д., Калмыков И.А.; правообладатели Ефременков И.Д., Калмыков И.А. – № 2024614758; заявл. 05.03.2024; опубл. 13.03.2024. – 1 с.

Публикации соискателя в полной мере отражают результаты, полученные в ходе подготовки диссертационной работы. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

На диссертацию и автореферат поступило 11 положительных отзывов: Катасёва Алексея Сергеевича (ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань); доктора технических наук, профессора; кандидата технических наук, доцента Соколова Александра Николаевича (ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет», г. Челябинск); кандидата технических наук, доцента Лазаренко Сергея Валерьевича (ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»); кандидата технических наук, доцента Гаховой Нины Николаевны (ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»); кандидата технических наук, доцента Верещагиной Елены Александровны (ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток); кандидата технических наук, доцента Новиковой Евгении Сергеевны (ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»); доктора технических наук, доцента Тынчерова Камиля Талытовича (Институт нефти и газа ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Октябрьский); доктора экономических наук, профессора Тищенко Евгения Николаевича (ФГБОУ ВО «Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)»); кандидата технических наук, доцента Велигоши Александра Васильевича (Филиал ФГКВБОУ ВО «Военная

академия Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого»); доктора технических наук, доцента Тугова Виталия Валерьевича (ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»); кандидата технических наук, доцента Ткачёва Вадима Ивановича и кандидата технических наук Смирнова Дмитрия Николаевича (Военный учебный научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»).

Основными замечаниями являются:

При анализе альтернативных решений повышения помехоустойчивости в диссертации рассмотрен только турбокод СОК. Автору необходимо было привести и другие примеры использования модулярных кодов для повышения помехоустойчивости БСПД. В диссертации при описании алгоритмов коррекции ошибки и расширения кортежа остатков были использованы три информационных основания 63, 64 и 65. В диссертации отсутствует описание алгоритма выбора этих оснований. Автору необходимо пояснить этот алгоритм, так как выбранный набор оснований может оказать существенное влияние на схемные затраты при реализации кодера и декодера турбокода системы остаточных классов (ТКСОК). В диссертации не проведен анализ схемных затрат, необходимых для реализации разработанных алгоритмов коррекции ошибок и расширения кортежа остатков. В диссертации представлена разработанная структурная схема помехоустойчивой беспроводной системы передачи данных (БСПД), использующей ТКСОК. При этом в работе отсутствует описание системы OFDM, функционирующей в системе остаточных классов (СОК), которая была использована в качестве прототипа. В главе 3 диссертации анализ временных затрат проведен с использованием ПЛИС Kintex UltraScale xsku, однако не приведены данные по загрузке логических ресурсов, использования памяти, энергопотреблению и т.п. При использовании методов системного анализа в синтезируемой новой системе должно появиться свойство эмерджентности. Однако автор не указал это в явном виде в диссертации. В диссертации автор предлагает метод построения турбокода на основе кодов системы остаточных классов, которые реализуются в кольце целых чисел. При этом модулярные коды, реализуемые в кольце полиномов, в работе не были рассмотрены. В диссертации автор недостаточно полно отразил использование модулярных кодов для повышения помехоустойчивости беспроводных систем передачи данных. В разработанном алгоритме коррекции ошибочных остатков рассматривает значения ошибок, которые не превышают величину основания. Однако из-за помехи может появиться остаток, который будет больше основания. Данная ситуация в диссертации не была рассмотрена. Разработанный метод построения турбокода СОК использует метод жесткого декодирования. Однако, в настоящее время используются методы мягкого декодирования. В диссертации автор не рассмотрел возможность использования мягких методов декодирования в СОК. В тексте диссертации отсутствует описание

методики выбора оснований кода системы остаточных классов для реализации ТКСОК. В диссертации в качестве альтернативных методов повышения помехоустойчивости БСПД были рассмотрены только блочный турбокод (БТК), использующие циклические коды Хэмминга. При этом известно, что при построении БТК широко используются коды БЧХ и Рида-Соломона. Однако, эти коды в диссертации не рассматривались. Известно, что коды СОК широко применяются для повышения отказоустойчивости вычислительных систем. Автору необходимо пояснить, как новая область применения модулярных кодов, связанная с помехоустойчивостью, оказывает влияние на алгоритмы поиска и коррекции ошибок. В диссертации при разработке метода построения ТКСОК предлагается использование структуры кодового слова блочного турбокода без контроля проверочных разрядов (рисунок 1.5а). Однако, возможность использования структуры кодового слова с контролем проверочных разрядов (рисунок 1.5б) не была рассмотрена. Разработанный алгоритм расширения кортежа оснований позволяет обеспечить вычисление избыточных остатков без снижения величины рабочего диапазона по сравнению с алгоритмом (2.49). Автору необходимо пояснить влияние этого алгоритма на помехоустойчивость ТКСОК. При создании методики конструирования турбо-кода СОК был заимствован принцип генерации кодовой последовательности блочного турбо-кода. Однако, в реферате не детализированы отличия разработанного подхода от исходного прототипа, что оставляет вопрос о новизне решения открытым. Несмотря на то, что расширение набора остатков в предложенном алгоритме, по утверждению автора, не сужает допустимый диапазон корректирующих кодов сверточного типа по сравнению с алгоритмом (11), в автореферате отсутствует анализ влияния данного факта на устойчивость к помехам. В автореферате не показана связь между количеством контрольных оснований и кратностью исправляемых ошибок в коде СОК. В автореферате разработанные алгоритмы коррекции ошибок СОК и расширения кортежа остатков кода целесообразно было бы представить в виде последовательности дискретных действий. Все решаемые в работе задачи связаны только с разработкой, хотя полный цикл диссертационного исследования, кроме разработки, должен включать такие задачи, как анализ, реализация, исследование, апробация. В автореферате не представлены направления перспективных исследований, указывающие на дальнейшее развитие тематики диссертации. В автореферате указано, что турбокод СОК обеспечивает более высокую скорость кодирования $R = 3/7$ по сравнению с кодом СОК, у которого $R = 1/3$, без пояснения данной ситуации. В автореферате отсутствуют обоснование выбора алгоритма перемежения, используемого в турбокоде СОК. В автореферате рисунок 3, на котором представлены результаты сравнительного анализа различных методов повышения помехоустойчивости, имеет мелкий масштаб, что затрудняет анализ данных. В ходе исследований была разработана структурная схема помехоустойчивой

системы OFDM, использующей ТКСОК, которая показана на рисунках 1 и 2. Однако в автореферате отсутствует описание алгоритма работы такой системы. В автореферате недостаточно полно раскрыта декомпозиция научной задачи исследования. На рисунке 1 автореферата в структурной схеме передатчика помехоустойчивой системы OFDM, использующей ТКСОК, показаны два кодера. Если алгоритм работы второго кодера описан во второй частной задаче, то алгоритм работы первого кодера отсутствует. В автореферате сказано, что для коррекции однократной ошибки в коде СОК требуется два контрольных основания, которые удовлетворяют условию (5). А какая нужна избыточность кода СОК, чтобы устранить m -кратную ошибку. Из автореферата непонятно какое минимальное кодовое расстояние имел ТКСОК, используемый в примере и имеющий три информационных основания и два контрольных основания. В автореферате несколько раз вводится аббревиатура КТО (на стр. 6, 10). Одним из методов системного анализа является построение дерева целей. Однако в автореферате дерево целей не представлено и не произведено описание взаимодействие подцелей разных уровней с достижением глобальной цели. При описании метода построения турбокода СОК для определения диапазон разрешенных кодовых комбинаций введено выражение (15). Однако оно полностью совпадает с выражением (2). Поэтому было бы целесообразно просто сделать ссылку на выражение (2). Вторая частная задача исследований связана с разработкой алгоритма расширения кортежа остатков кода СОК, а на стр. 12 автор пишет о разработке алгоритма расширения кортежа оснований. Необходимо пояснить эту ситуацию. Из автореферата непонятно, каким образом автор производит выбор модулей для кодов СОК. В тексте автореферата присутствуют стилистические и орфографические ошибки.

На все поступившие замечания соискателем даны исчерпывающие ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетенциями. ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (г. Курск) – образовательная организация, широко известная своими достижениями в области цифровой обработки сигналов, помехоустойчивого кодирования, современных систем связи и реализацией на программируемых логических интегральных схемах элементов телекоммуникационных и вычислительных систем. Наиболее близкими по тематике являются публикации ученых ведущей организации: Таныгина М.О., Довбни В.Г., Егорова С.И., Добрицы В.П. и других.

Официальные оппоненты доктор технических наук, профессор Ажмухамедов И.М., кандидат технических наук, доцент Ищукова Е.А. являются признанными специалистами в области математического моделирования и информационной безопасности, а также имеют работы в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации. Ажмухамедов Искандар Маратович занимается исследованиями в области

информационных технологий. Ищукова Евгения Александровна занимается исследованиями в области обеспечения информационной безопасности, в том числе с использованием теории чисел.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны новые принципы использования кода системы остаточных классов в блочных турбокодах, применение которого позволит повысить помехоустойчивость беспроводных систем передачи данных (БСПД) стандарта LTE-R при меньших временных затратах по сравнению с БТК на основе циклических кодов (БТК ЦК); **предложен** новый метод построения блочного турбокода, который обеспечивает более высокую помехоустойчивость по сравнению с СТК стандарта LTE-R при соизмеримых временных затратах на формирование помехоустойчивого сигнала OFDM с затратами при использовании СТК; **доказана** возможность использования разработанного метода построения блочного турбокода, обеспечивающего повышение помехоустойчивости БСПД, в котором за счет новых алгоритмов расширения кортежа остатков и коррекции ошибок в кодовых комбинациях СОК временные затраты на формирование помехоустойчивого сигнала OFDM будут соизмеримы с затратами при использовании СТК.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность применения кода СОК при построении блочных турбокодов с более высокими корректирующими способностями по сравнению с СТК и БТК ЦК, что вносит вклад в теорию помехоустойчивого кодирования; **применительно к проблематике диссертации эффективно использованы** методы системного анализа, математический аппарат непозиционной системы остаточных классов; алгоритмы расширения кортежа остатков и коррекции ошибок в кодовых комбинациях СОК; методы построения турбокодов; **изложены** принципы реализации метода построения блочного модулярного турбокода, а также новых алгоритмов расширения кортежа остатков и коррекции ошибок в кодовых комбинациях СОК, применение которых позволит повысить помехоустойчивость БСПД при соизмеримых с СТК временных затратах на формирование помехоустойчивого сигнала OFDM; **раскрыто** противоречие в теории, согласно которому, методы построения СТК, имеющие высокую скорость кодирования, не обеспечивают максимально возможную помехоустойчивость БСПД стандарта LTE-R, однако при этом известный метод построения блочного турбокода, использующий избыточные коды системы остаточных классов и обладающий большей корректирующей способностью по сравнению с СТК и меньшими временными затратами на

кодирование и декодирование по сравнению с БТК, не позволяет достичь поставленной практической цели без его усовершенствования за счет разработки новых алгоритмов расширения кортежа и коррекции ошибок, а также метода построения турбокода СОК; **изучены** подходы, обеспечивающие повышение помехоустойчивости БСПД стандарта LTE-R за счет использования сверточных и блочных турбокодов; **проведена модернизация** известных методов построения блочных турбокодов, которая за счет применения новых алгоритмов расширения кортежа остатков и коррекции ошибок в кодовых комбинациях СОК позволила повысить помехоустойчивость БСПД при соизмеримых с СТК временных затратах на формирование помехоустойчивого сигнала OFDM.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: разработанные в рамках исследования алгоритмы расширения кортежа остатков и коррекции ошибок в кодовых комбинациях системы остаточных классов, применение которых позволяет повысить скорость поиска и исправления ошибок в модулярном коде без уменьшения величины рабочего диапазона, а также метод построения турбокода СОК были **использованы** при разработке структурной схема беспроводной системы, поддерживающей стандарт LTE-R, что позволило обеспечить более высокий уровень помехоустойчивости по сравнению с СТК при соизмеримых временных затратах на формирование помехоустойчивого сигнала OFDM; **внедрены** в раздел № 3 «Повышение устойчивости радиосетей соединения на основе применения современных информационных технологий» НИР «Радиосеть-23», реализованную в ФГКВУ ВО «Военная академия Ракетных войск стратегического назначения им. Петра Великого», в городе Серпухове, в проект № 26096 «Разработка программно-технического комплекса мониторинга инфраструктуры энергетических систем на основе технологий «интернета вещей»», выполняемым ООО «Инфоком-С», а также в учебный процесс кафедры информационной безопасности автоматизированных систем института цифрового развития ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»; **определены** перспективы использования кодов системы остаточных классов для построения помехоустойчивых высокоскоростных БСПД, поддерживающих технологию OFDM; **создана** структурная схема БСПД, поддерживающей стандарт LTE-R, в которой применение турбокода СОК позволяет обеспечить более высокий уровень помехоустойчивости по сравнению с турбокодами сверточного кода при соизмеримых временных затратах на формирование помехоустойчивого сигнала OFDM; **представлены** предложения по дальнейшему повышению помехоустойчивости беспроводных систем передачи данных,

поддерживающих технологию OFDM на основе использования блочных турбокодов СОК.

Оценка достоверности результатов исследования: выявила, что: теория построена на известных и проверяемых данных, в том числе, полученных с помощью программного и схемотехнического моделирования, **согласуется** с опубликованными данными, **базируется** на анализе опубликованных работ по рассматриваемой тематике и обобщении знаний и опыта других ученых; **использованы** методы теории системного анализа, модулярного кодирования, построения турбокодов, а также алгоритмы формирования корректирующих кодов СОК; **установлено** соответствие полученных результатов известным экспериментальным данным и результатам, полученным другими учеными и опубликованным в отечественной и зарубежной научной литературе по рассматриваемой тематике.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в получении, обработке и интерпретации данных на всех этапах исследовательского процесса, личном участии в апробации результатов исследований, выполненных лично автором или при участии автора и подготовке публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. В качестве объекта исследования были выбраны беспроводные системы передачи данных стандарта LTE-R. Однако факторы, влияющие на характеристики и показатели качества информационного обмена (QoS), в диссертации не были рассмотрены.

2. В диссертации не уделено должного вниманию вопросам адаптации разработанного метода построения турбокода СОК к изменениям помеховой обстановки.

3. При анализе альтернативных методов повышения помехоустойчивости БСПД автор рассмотрел помехоустойчивые коды, которые в настоящее время используются в стандартах GSM-R и LTE-R. При этом вне анализа остались такие помехоустойчивые коды как полярные и LDPC коды.

Соискатель Ефременков И.Д. согласился с замечаниями, ответил на все заданные ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 25 июня 2025 г. диссертационный совет принял решение: за научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи, имеющей существенное значение для повышения эффективности функционирования беспроводных систем стандарта LTE-R,

присудить Ефременкову Ивану Дмитриевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 7 докторов наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки), участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: «за» 13 «против» 0.

Председатель
диссертационного совета 24.2.398.02,
доктор технических наук,
профессор



Слюсарев Геннадий Васильевич

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.2.398.02,
доктор физико-математических наук,
профессор

Шагрова Галина Вячеславовна

Дата оформления заключения
25 июня 2025 года