

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.077.05
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ПРОБЛЕМ ПЕРЕДАЧИ
ИНФОРМАЦИИ ИМ. А. А. ХАРКЕВИЧА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета
от «14» декабря 2015 года, протокол № 7

о присуждении Крещуку Алексею Андреевичу учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка каскадных сигнально-кодовых конструкций для систем многоантенных передачи и приёма» по специальности 05.13.17 – теоретические основы информатики технические науки, принята к защите 7 октября 2015 года, протокол № 2, диссертационным советом Д 002.077.05 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем передачи информации им. А. А. Харкевича Российской академии наук (127051, Москва, Б. Каретный пер., 19, строение 1, приказ о создании диссертационного совета от «10» июля 2015 года № 784/нк).

Соискатель Крещук Алексей Андреевич, гражданин Российской Федерации 1988 года рождения, в 2011 году окончил с отличием Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)», с 10.10.2011 по 09.10.2014 обучался в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем передачи информации им. А. А. Харкевича Российской академии наук, работает младшим научным сотрудником Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем передачи информации им. А. А. Харкевича Российской академии наук.

Диссертация выполнена в секторе № 3.2 - **Прикладные проблемы теории кодирования** Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем передачи информации им. А. А. Харкевича Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор технических наук, старший научный сотрудник Зяблов Виктор Васильевич, заведующий лабораторией № 3 «Информационные технологии передачи, анализа и защиты информации» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем передачи информации им. А. А. Харкевича Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Кудряшов Борис Давидович, гражданин РФ, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры Информационных систем Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики;
2. Курмаев Олег Феатьевич, гражданин РФ, кандидат физико-математических наук, инженер ключевых проектов ООО «Техкомпания Хуавэй»;

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), г. Санкт-Петербург, в своём *положительном* заключении, подписанном заведующим кафедрой №52 Инфокоммуникационных систем, доктором технических наук, доцентом Тюрликовым Андреем Михайловичем и заместителем заведующего кафедрой №51 Безопасности информационных систем, кандидатом технических наук, доцентом Овчинниковым Андреем Анатольевичем и утверждённом ректором ГУАП, доктором экономических наук, доцентом Антохиной Юлией Анатольевной, указала, что полученные в работе вероятностные характеристики рассматриваемых кодовых систем позволяют упростить проектирование и настройку конкретных кодовых конструкций в зависимости от требуемых технических параметров систем связи, что имеет существенное значение для повышения надёжности систем связи, проектирования и построения инфокоммуникационных систем. Отзыв заслушан и одобрен на совместном заседании кафедр №51 Безопасности информационных систем и №52 Инфоком-

муникационных систем Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения «12» ноября 2015 года, протокол № 3 заседания кафедры №51 и протокол №4 заседания кафедры №52.

Основное содержание диссертации своевременно и полностью **опубликовано в 10 печатных работах**, из них 5 статей в рецензируемых изданиях, входящих в перечень ведущих научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК для опубликования результатов диссертаций, и 5 статей в сборниках трудов конференций. Общий объем публикаций по теме – 73 страниц. Основные положения диссертации полностью соответствуют опубликованным ранее статьям. В совместных публикациях научному руководителю В. В. Зяблову принадлежат постановки задач и указания основных направлений исследований, а основные результаты получены диссертантом. Им же выполнены выкладки и численные расчёты. Другим соавторам принадлежат консультации при написании работы.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Крещук А. А., Давыдов А. А., Зяблов В. В. Коды для многоантенной передачи и приема на основе ортогональных последовательностей // Проблемы передачи информации. — 2011. — Т. 47, № 4. — С. 3–26.
2. Kreshchuk A.A., Zyablov V.V. Generalized concatenated system with embedded space-time codes for MIMO systems // Journal of Communications Technology and Electronics. — 2014. — Vol. 59, no. 12. — P. 1489–1500.
3. Kreshchuk A., Zyablov V. Generalized concatenated MIMO system with GMD decoding // Turbo Codes and Iterative Information Processing (ISTC), 2014 8th International Symposium on. — Aug. 2014. — Pp. 259–263. — DOI: 10.1109/ISTC.2014.6955125.

На диссертацию и автореферат поступило 6 отзывов, включая отзывы официальных оппонентов и ведущей организации. *Все отзывы положительные.* В отзывах указывается, что материал диссертации изложен на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-техническую работу. Диссертационная работа содержит достаточную научную новизну, теоретическую и практическую ценность и соответствует специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики по техническим наукам. В целом диссертация и автореферат удовлетворяют требованиям положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г., №842.

В отзыве ведущей организации имеются следующие замечания: отсутствует формальное определение метрики, предложенной автором на стр. 54. Отсутствует оценка такой важной характеристики введённой метрики, как её влияние на вероятность ошибки декодирования (это влияние в работе оценивается опосредованно через оценку количества стёртых символов, что представляется недостаточным). Полученная автором на стр.64 нижняя граница вероятности ошибки справедлива лишь для декодирования в сфере (до половины конструктивного расстояния). Таким образом, вывод автора на стр. 74 о том, что «предложена нижняя оценка для неправильного декодирования произведения кодов», справедлив лишь для некоторого подкласса кодов-произведений. Замечание автора на стр. 74 о том, что предложенный алгоритм особенно эффективен для высокоскоростных кодов, не подтверждён в работе, т. к. коды с низкими скоростями (например, меньше 0,75) в диссертации не рассматриваются. В работе отсутствует сравнение предложенных кодов и декодеров с другими схемами кодирования, в т.ч. используемыми в современных телекоммуникационных стандартах и системах связи. На рис. 1.2-1.8 отсутствует «легенда», и параметры, соответствующие приводимым кривым, можно понять только по описаниям в тексте, что затрудняет восприятие результатов. Кроме того, таблица на стр. 39 не имеет номера и заголовка. В работе отсутствует оценка сложности всех рассматриваемых декодеров.

В отзыве **официального оппонента**, доктора технических наук **Кудряшова Бориса Давидовича** отмечены следующие недостатки: В качестве прототипов для сравнения следовало выбрать экспериментальные результаты для стандартных технических решений, известных из литературы по пространственно-временному кодированию. Результаты первой главы оказались невостребованными в третьей главе. Интересно было бы сравнить эффективность PRF и PF кодов с Золотыми кодами в рамках каскадной или обобщённой каскадной конструкции. В обзоре декларируется (на стр. 10), что для вновь построенных кодов квадрат минимального евклидова расстояния пропорционален длине кода. Этот результат является тривиально достижимым, если не оговаривается скорость кода. На стр. 12 вместо символа \mathcal{N} использован символ N . Мнимая составляющая сигнала для кодов, свободных от перестановок, просто не используется. Есть формальная неточность в определении PF-кодов. Использование для нелинейных кодов понятия спектра требует пояснений. Вывод функции правдоподобия в параграфе 1.6 интуитивно понятен, но его формальная запись неточна. Определение многомерной числовой решётки на стр. 49 не совсем полное. Ссылка на [38] на стр. 54 не совсем точна. Субоптимальный приёмник, использующий две наибольшие метрики, появился в литературе много позже, чем оптимальная схема Форни, в которой участвуют метрики всех слов. ОЛО коды попеременно называются кодами с обобщённой локализацией ошибок и обобщёнными кодами с локализацией ошибок. Правильной представляется вторая версия названия. Недостаёт ссылок на работы по декодированию итеративных кодов. Комментарий к рис. 2.3. представляется спорным. Результаты для ОЛО кодов оказались много хуже, чем для произведения кодов. Тем не менее, автор утверждает, что ОЛО коды лучше, мысленно интерполируя результаты на ту область, где моделирование невозможно из-за высокой сложности. В данном случае интерполяция была бы убедительней, если бы была подкреплена, например, расчётами по выведенным границам.

В отзыве **официального оппонента** кандидата физико-математических наук **Курмаева Олега Феатьевича** подчёркивается актуальность решения за-

дачи построения эффективной системы многоантенной передачи и приёма информации. В работе отмечены следующие недостатки: Изложение страдает от некоторой хаотичности и непоследовательности. Также нет видимой связи между главами диссертации, что затрудняет восприятие третьей главы как объединяющей результаты первых двух. Во второй главе при декодировании кодов-произведений критерий останова декодирования в пункте 3 на стр. 62 подразумевает отсутствие «осцилляций», что в работе не отмечено. Кроме того не указано, является ли этот критерий не только необходимым, но и достаточным. Может быть, для внесения стираний потребуется возврат на один или несколько шагов. ОЛЮ коды действительно эффективны в области больших отношений сигнал/шум, но могут иметь там «полку» (то есть вероятность их неправильного декодирования может слабо уменьшаться с уменьшением вероятности ошибки в канале). Она может быть оценена, но в диссертации это не сделано. Без такой оценки предпочтение ОЛЮ кодам-произведениям не столь категорично. В диссертации много «канцелярских» ошибок. Они не снижают положительного восприятия работы и могут быть игнорированы, за исключением опечатки в определении метрики надёжности на стр. 54. По определению эта «метрика» метрикой не является, поскольку неположительна.

В отзыве на автореферат кандидата физико-математических наук **Кондрашова Константина Александровича**, разработчика ООО «Яндекс» в качестве замечания указано, что предложенная верхняя граница вероятности неправильного декодирования ОЛЮ кода не применима для реальных каналов, так как для них неизвестна вероятность необнаруженной ошибки декодера кода Рида-Соломона; кроме того в автореферате не показано, какое влияние оказывает использование предложенного алгоритма декодирования кодов-произведений для декодирования внешних кодов на корректирующую способность всей обобщённой каскадной сигнально-кодовой конструкции.

В отзыве на автореферат кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Распределённые вычисления и компьютерные сети» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» **Трифонов** **Петра Владимировича** в качестве замечания отмечено, что не приведено сравнение корректирующей способности предложенных пространственно-временных кодов с опубликованными результатами для иных кодовых конструкций с аналогичными параметрами, не приведены оценки сложности предложенного алгоритма декодирования, в работе рассматривалась квазистационарная модель канала с независимыми замираниями, и неясно, как поведут себя предложенные коды и алгоритм декодирования в случае более сложных моделей канала, приближенных к реальным условиям, в автореферате присутствуют опечатки и неудачные выражения («алгоитм», «оценка для неправильного декодирования» и др.).

В отзыве открытого акционерного общества «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем», подписанного начальником отделения 011 Андреем Николаевичем Ершовым, ведущим научным сотрудником отдела 1131, кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником Юрием Павловичем Пятошиным и начальником отдела 1131 Сергеем Валерьевичем Петровым в качестве замечания отмечено, что в главе 3 не рассмотрена кодовая конструкция с внешними обобщёнными кодами с локализацией ошибок.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован тем, что

- доктор технических наук Кудряшов Борис Давидович является крупным специалистом по помехоустойчивому кодированию, кодированию источника и информационным системам,
- кандидат физико-математических наук Курмаев Олег Феатьевич является специалистом в области проектирования обобщённых кодов с локализацией ошибок,
- ведущая организация широко известна своими достижениями в области помехоустойчивого кодирования и передачи данных.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика оценивания надёжности для пространственно-временных кодов, позволяющая применить для них декодирование по обобщённому минимальному расстоянию,

доказана нижняя граница вероятности ошибки декодирования для класса произведения кодов,

разработан новый алгоритм декодирования произведений кодов, позволяющий для рассматриваемых кодов уменьшить вероятность ошибки декодирования без увеличения порядка сложности,

предложены конструкция обобщённых каскадных кодов, использующая пространственно-временные коды в качестве внутренних, для различного числа приёмных и передающих антенн и исследование их эффективности; методика выбора параметров ОЛЮ кодов, позволяющая получать сигнально-кодовые конструкции с требуемыми параметрами для различных каналов,

введён и детально исследован новый класс пространственно-временных кодов, свободных от перестановок, а также методы их построения с заданными параметрами (расстоянием, длиной и числом передающих антенн).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны границы мощности кодов без перестановок и кодов без перестановок и повторений, анализ которых в совокупности с нелинейностью PF- и PRF-кодов привёл к отказу от них в пользу линейных, допускающих каскадирование, пространственно-временных кодов,

доказана нижняя граница вероятности ошибки декодирования известной итеративной процедуры декодирования,

получены вероятностные характеристики обобщённых каскадных систем с внутренними пространственно-временными кодами,

разработаны алгоритмы кодирования и декодирования предложенных сигнально-кодовых конструкций.

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

разработаны и внедрены нижняя граница корректирующей способности итеративного декодера кодов-произведений и новый декодер, позволившие закрытому акционерному обществу «Телум» существенно повысить скорость передачи данных,

алгоритм декодирования обобщённых каскадных систем с внешним кодом-произведением был **использован** в рамках выполнения НИР по программе фундаментальных исследований Президиума РАН № 14 «Проблемы создания национальной научной распределенной информационно-вычислительной среды на основе GRID технологий, облачных вычислений и современных телекоммуникационных сетей».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

идея базируется на анализе и обобщении передовых результатов отечественных и зарубежных учёных;

теория согласуется с современными представлениями о характеристиках каскадных конструкций для систем многоантенных передачи и приёма;

использованы методы теории кодирования, комбинаторики и линейной алгебры и компьютерное моделирование.

Личный вклад соискателя состоит в самостоятельной разработке всех основных научных положений и выводов, составляющих содержание диссертации. Теоретические и практические исследования, а также вытекающие из них выводы и рекомендации проведены и получены автором лично.

По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 05.13.17 – теоретические основы информатики (п. 11 Разработка методов обеспечения высоконадежной обработки информации и обеспечения помехоустой-

чивости информационных коммуникаций для целей передачи, хранения и защиты информации; разработка основ теории надёжности и безопасности использования информационных технологий).

Диссертационный совет пришёл к выводу, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую решение актуальной задачи построения эффективной системы многоантенной передачи и приёма информации, имеющий существенное значение для теории и практики помехоустойчивого кодирования в современных и передовых каналах беспроводной связи.

По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения учёных степеней», утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2014 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук.

На заседании 14 декабря 2015 года диссертационный совет принял решение присудить Крещуку Алексею Андреевичу учёную степень кандидата технических наук по специальности 05.13.17 – теоретические основы информатики

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 27 человек, из них 6 докторов наук по специальности и отрасли наук рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 35 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 27, против присуждения учёной степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета Д 002.077.05

Кулешов А. П.

Учёный секретарь
диссертационного совета Д 002.077.05

Цитович И. И.

14 декабря 2015 г.

