

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 219.001.04 НА БАЗЕ
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАР-
СТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫС-
ШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ», ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 22 сентября 2016 г. № 2

О присуждении Головкину Илье Владимировичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка и исследование сигнально-кодовых конструкций на основе турбо-подобных кодов и дискретных частотных сигналов для систем коротковолновой связи» по специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения, принята к защите 1 июля 2016 г., протокол № 4, диссертационным советом Д 219.001.04, созданным на базе ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (МТУСИ), Федеральное агентство связи, 111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, д.8а, приказ о создании диссертационного совета - № 244/нк от 03.03.2016 г.

Соискатель Головкин Илья Владимирович 1979 года рождения, в 2002 году окончил магистратуру Московского Энергетического Института с присвоением квалификации магистра техники и технологий по направлению «Электроника и микроэлектроника». В 2008 году окончил аспирантуру ФГБУН ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН по специальности 05.12.04 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук (Фрязинский филиал).

Научный руководитель - доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН Назаров Лев Евгеньевич.

Официальные оппоненты:

1 Егоров Сергей Иванович, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет», профессор кафедры «Вычислительная техника»;

2. Овечкин Геннадий Владимирович, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет», профессор кафедры «Вычислительная и прикладная математика»; дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - Федеральное Государственное Унитарное Предприятие Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт радио (ФГУП НИИР), г. Москва, в своем положительном заключении, заслушанном и одобренном на заседании секции научно-технического совета Научно-технического Центра анализа электромагнитной совместимости ФГУП НИИР, подписанном Лемешко Николай Васильевичем, доктором технических наук, главным научным сотрудником НТЦ анализа ЭМС ФГУП НИИР; Симоновым Михаилом Михайловичем, кандидатом технических наук, ведущим научным сотрудником НТЦ анализа ЭМС ФГУП НИИР; Старченко Сергеем Ивановичем, кандидатом технических наук, доцентом по кафедре радиотехнических систем посадки, начальником лаборатории НТЦ анализа ЭМС ФГУП НИИР и утвержденном Врио. генерального директора ФГУП НИИР Сподобаевым Михаилом Юрьевичем указала, что диссертация выполнена автором самостоятельно на высоком научном уровне. В рамках паспорта научной специальности 05.12.04 соискателем решена актуальная научная задача разработки сигнально-кодовых конструкций с использованием турбо-подобных кодов и дискретных частотных сигналов. Результаты диссертационного исследования рекомендуется использовать при разработке аппаратуры для приема и обработки сигнальных конструкций на основе турбо-подобных кодов и дискретных частотных сигналов в системах связи ВЧ диапазона, в организациях, занимающихся разработкой новых перспективных технологий радиосвязи в ВЧ диапазоне.

Соискатель имеет 33 опубликованные работы, из них в рецензируемых научных изданиях из списка ВАК при Минобрнауки РФ – 16 работ. Общий объем - 9,3 печатных листа, авторский вклад составляет более 80 процентов. При подго-

товке научных работ соискатель внес определяющий вклад в разработку сигнально-кодовых конструкций с использованием турбо-подобных кодов и дискретных частотных сигналов (ДЧ), активно участвовал в постановке задач и анализе полученных результатов. Разработка нового класса турбо-подобных кодов на основе блоковых кодов, соответствующих функциям Уолша и сверточного рекурсивного кода с числом состояний решетки два, разработка алгоритма итеративного некогерентного приема сигнально-кодовых конструкций на основе предложенных турбо-подобных кодов и M-ичных сигналов, методика оценки вероятностно-энергетических характеристик сигнально-кодовых конструкций с использованием турбо-подобных кодов и ДЧ сигналов для упрощенной модели КВ канала, алгоритм квази-когерентного приема ДЧ сигналов в канале с многолучевым распространением принадлежат лично соискателю.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Назаров Л.Е., Головкин И.В. Класс турбо-кодов с пониженной сложностью алгоритмов декодирования //Электросвязь. 2010. №7. С. 12-14.
2. Назаров Л.Е., Головкин И.В. Последовательные турбо-коды с пониженной сложностью алгоритмов приема // Радиотехника и электроника. - 2010. - Т. 55, N 10. - С. 1193-1199.
3. Головкин И.В., Маныкин Д.Н., Елсуков Б.А., Клоков С.С. Сигнально кодовая конструкция с использованием ортогональных сигналов и турбо-подобных кодов для некогерентного приема. //Т-Comm – Телекоммуникации и транспорт. – 2014. – №10. – С. 15-20.
4. Головкин И.В. Способ приема дискретных частотных сигналов первого порядка в канале с многолучевостью //Журнал радиоэлектроники (электронный журнал). 2015. – № 5. – URL: <http://jre.cplire.ru/jul12/5/text.pdf>
5. Головкин И.В. Методика оценивания вероятностных характеристик сигнально-кодовых конструкций с использованием турбо-подобных кодов и дискретных частотных сигналов в КВ канале //Журнал радиоэлектроники (электронный журнал). 2015. – № 9. – URL: <http://jre.cplire.ru/sep15/8/text.pdf>
6. Головкин И.В. Исследование сходимости итеративных алгоритмов обработки сигнально-кодовых конструкций с использованием дискретных частотных

сигналов и турбо-подобных кодов //Т-Comm – Телекоммуникации и транспорт. – 2016. – №3. – С. 21-28.

7. Назаров Л.Е., Головкин И.В., Данилович Н.И., Моисеев Н.И., Романовский М.И. Устройство для приема дискретных сигналов Патент на изобретение №248083907.03.2012 Опубликовано 27.04.2013 бюл. №12.
8. Головкин И.В. Сигнально-кодовая конструкция с использованием дискретных частотных сигналов для сложной помеховой обстановки //Труды конференции “Радиолокация и связь”. 25-27 ноября 2013. Москва. С.269-272.
9. Головкин И.В., Маныкин Д.Н. Сравнительный анализ помехоустойчивых кодов для систем с использованием дискретных частотных сигналов и некогерентным приемом //Сборник докладов 16-ой Международной конференции “Цифровая обработка сигналов и ее применение”. Москва, 2014. С.228-230
10. Головкин И.В. Сравнительный анализ помехоустойчивых кодов для систем с использованием дискретных частотных сигналов и итеративной обработкой в каналах с замираниями //Труды 69-й Научной сессии, посвященной Дню Радио. 21-23 мая 2014. С.203-205
11. Головкин И.В. Квазикогерентный прием сигнально-кодовых конструкций с использованием дискретных частотных сигналов и турбо-подобных кодов в КВ канале //Труды 9 Всероссийской научно-технической конференции «Радиолокация и связь». 23 -25 ноября. 2015 г. Москва. С.15-18.

На диссертацию поступили отзывы:

1. От оппонента д.т.н., доцента Юго-Западного государственного университета Егорова Сергея Ивановича. Отзыв положительный и содержит следующие замечания: 1). Из названия диссертации следовало бы убрать первые два слова. Они дают мало информации и только удлиняют и утяжеляют название; 2). Названия второй главы «Теория турбо-кодов и турбо-подобных кодов с алгоритмами итеративного приема» и третьей главы «Теория дискретных частотных сигналов» звучат слишком обще. Эти названия следовало бы сформулировать ближе к решаемым задачам; 3). В тексте диссертации присутствуют некоторые стилистические погрешности. Например, на странице 38 говорится о «достиже-

нии высоких информационных скоростей передачи(до 250 Мб/сек и выше)». Одновременное использование предлога «до» и наречия «выше» позволяет отнести к высоким скоростям все скорости передачи; 4). Для ряда рисунков нет описания параметров всех используемых кодов и алгоритмов декодирования, что усложняет анализ представленных результатов; 5). В пятой главе диссертации, посвященной разработанным устройствам, следовало бы дать их структурно-функциональную организацию, проиллюстрированную структурными и функциональными схемами; 6). В диссертации не даны числовые оценки вычислительной сложности предлагаемых алгоритмов декодирования и сложности их аппаратной реализации; 7). Не приведено сравнение предложенных турбо-подобных кодов с недвоичными кодами (NBLDPC, Рида-Соломона) допускающими использование алгоритмов декодирования с мягкими решениями.

2. От оппонента д.т.н., доцента Рязанского государственного радиотехнического университета Овечкина Геннадия Владимировича. Отзыв положительный и содержит следующие замечания: 1) В тексте диссертации присутствуют: - грамматические и орфографические ошибки (например, на стр. 30 «известен метод приема основан на...»; «.. для двоичных двоичных кодов..» на стр.14; на стр. 26,27,34 доплеровский сдвиг, доплеровское уширение; неверно употребляется понятие размерности массива на стр.48,75,86); -обозначения и аббревиатуры которые в тексте диссертации не определены (например, на стр.21 не определена величина τ_M ; в формуле (1.12) не определен параметр L, не расшифрована аббревиатура ЧВС на стр.83); - не корректны ссылки на формулы и рисунки (например, формулы (1.8),(1.9) на стр.67, рисунок 3.1 на стр. 82); 2) В формулах (2.6), (2.7) на стр. 48 неверно указаны пределы суммирования; 3) Не приведено сравнение вероятностно-энергетических характеристик предложенных турбо-подобных кодов с известными турбо-кодами, имеющими эквивалентные параметры; 4) В тексте диссертации указывается, что разработанные турбо-подобные коды имеют пониженную сложность приема, но нет численной оценки требуемого числа операций на бит; 5) Для ряда рисунков нет описания условий моделирования, а также параметров всех используемых кодов и алгоритмов декодирования, что усложняет анализ представленных результатов; 6) Есть незначительные отличия

в формулировках научной новизны и положений, выносимых на защиту в тексте диссертации и автореферата.

3. От ведущей организации ФГУП НИИР. Отзыв положительный и содержит следующие замечания: 1). Не рассмотрены различные способы комбинирования лучей при квазикогерентном приеме дискретных частотных сигналов в многолучевом канале; 2). На рисунках в ряде случаев используются подписи на английском языке; 3) Отсутствуют рекомендации по дальнейшему направлению исследований; 4) В описании реализованных устройств не приведены сведения по требуемым аппаратным ресурсам.

На автореферат поступили 9 положительных отзывов –«Московский институт электронной техники»; ИСС имени академика М.Ф. Решетнева; АО «НПЦ Вигстар»; «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана »; 18 ЦНИИ МО РФ; БФУ им. И. Канта; НИИП им.В.В. Тихомирова; «Национальный исследовательский университет «МЭИ»; АО «НПО «ИСТОК».

Замечания, полученные в отзывах на автореферат, представлены в следующем обобщенном виде: описание методики обработки входных реализаций, в частности процедур синхронизации, представляется не достаточно полным; из приведенной в автореферате структурной схемы алгоритма квазикогерентного приема дискретных частотных сигналов не очевиден принцип алгоритма; в явном виде нет сравнения разработанных турбо-подобных кодов с известными современными схемами помехоустойчивого кодирования (турбо-коды , LDPC коды); не ясно, какие требования предъявляются к вычислительной мощности аппаратных средств для разработанного алгоритма некогерентного приема сигнально-кодовых конструкций с использованием турбо-подобных кодов и M-ичных сигналов; не указано, на основе каких методов синтеза и критериев выбираются новые виды сигнально-кодовых конструкций, или же эти методы являются эвристическими; отсутствует ясность в вопросе выбора начальной итерации при приеме, т.е. непонятно, зависит ли результат итерационной обработки от выбора начальных условий; на стр.13 указано что приведены результаты компьютерного моделирования, но нет по ним никаких выводов; нет сравнения результатов по кривым BER на рис.3 и 5 и соответствующих выводов. Это же относится и к сравнению с кривыми на рис.9.; положения, выносимые на защиту(стр.6), не имеют характера таковых в соответствие с рекомендациями ВАК, а просто пере-

числяют сделанное в диссертации, что не позволяет развернуть по ним дискуссию на Совете; в выводах по диссертации на стр.21 отсутствуют количественные оценки предлагаемых методов и их преимуществ перед известными ранее; автор заявляет о пониженной сложности декодирования СКК но количественной оценкой это не подтверждается; при формировании цели работы автор указывает на необходимость достижения высокой надежности связи, но при анализе экспериментальных данных обозначено лишь снижение вероятности ошибки на кодовый блок; формулировка научной новизны практически полностью совпадает с положениями выносимыми на защиту, отличие от известных решений и положительный эффект не приводятся; малое количество экспериментальных исследований, разработанные алгоритмы кодирования и обработки, требуют всесторонней экспериментальной проверки их эффективности в связи с большим разнообразием ионосферных условий; для графиков вероятностно-энергетических характеристик исследуемых конструкций, приведенных в автореферате (рисунки 3,5,9,11) не указан доверительный интервал и доверительная вероятность; не ясно каковы требования к точности систем синхронизации при использовании предложенного алгоритма квазикогерентного приема.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующими обстоятельствами:

1. Доктор технических наук, доцент Егоров Сергей Иванович является крупным специалистом в области помехоустойчивого кодирования. В сфере научных интересов Егорова С.И. также находятся вопросы построения алгоритмов обработки сигнальных конструкций с мягкими решениями, лежащие в основе диссертационного исследования Головкина И.В. Его работы по тематике диссертационного исследования опубликованы в ведущих отечественных изданиях.

2. Доктор технических наук, доцент Овечкин Геннадий Владимирович является крупным специалистом в области теории и практики помехоустойчивого кодирования. В сфере научных интересов Овечкина Г.В., в частности находятся вопросы, связанные с итеративной обработкой в современных схемах помехоустойчивого кодирования, которые являются одним из важных аспектов диссертационного исследования Головкина И.В. Его работы по тематике диссертационного исследования опубликованы в ведущих отечественных изданиях.

3. Ведущая организация - Научно-исследовательский институт радио (ФГУП НИИР) известен своими работами как в области ВЧ систем связи, так и работами в области помехоустойчивого кодирования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложен новый класс турбо-подобных кодов с пониженной сложностью алгоритмов приема на основе блоковых кодов, соответствующих функциям Уолша и сверточного рекурсивного кода с числом состояний решетки два, незначительно уступающий по вероятностным характеристикам турбо-кодам на основе сверточных кодов, при когерентном приеме в канале с АБГШ, но имеющий более низкую вычислительную сложность процедур обработки (~ 50% от сложности обработки cdma2000 турбо-кода с эквивалентными параметрами);

разработан новый алгоритм итеративного некогерентного приема сигнально-кодовых конструкций на основе предложенных турбо-подобных кодов и М-ичных сигналов, использующий совместную обработку сверточного кода и М-ичных сигналов, быстрое преобразование Уолша при обработке блоковых кодов входящих в состав турбо-подобного кода, позволяющий получить энергетический выигрыш (до 2,25 дБ) относительно алгоритма отдельной обработки М-ичных сигналов и предложенных турбо-подобных кодов;

разработана методика оценки вероятностно-энергетических характеристик сигнально-кодовых конструкций с использованием турбо-подобных кодов и дискретно частотных сигналов для упрощенной модели КВ канала, основанная на аддитивной границе и полученной в диссертации верхней оценке вероятности ошибки приема дискретных частотных сигналов при использовании некогерентного приема;

предложен новый алгоритм квазикогерентного приема ДЧ сигналов в канале с многолучевым распространением позволяющий получить энергетический выигрыш относительно алгоритма полностью некогерентного приема (до 1,8 дБ).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что, применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы теории передачи информации, методы теории цифровой обработки сигналов ;

предложен новый класс турбо-подобных кодов на основе блоковых кодов, соответствующих функциям Уолша и сверточного рекурсивного кода с числом состояний решетки два;

раскрыты и изучены причины эффективности совместной обработки М-ичных сигналов и предложенных турбо-подобных кодов;

предложена методика оценки вероятностно-энергетических характеристик сигнально-кодowych конструкций с использованием турбо-подобных кодов и ДЧ сигналов для упрощенной модели КВ канала.

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

- предложенный новый класс турбо-подобных кодов с пониженной сложностью алгоритмов приема на основе блоковых кодов, соответствующих функциям Уолша и сверточного рекурсивного кода с числом состояний решетки два, может быть использован при построении систем связи с ограничениями по мощности используемых вычислительных средств;

- разработанный новый алгоритм итеративного некогерентного приема сигнально-кодowych конструкций на основе предложенных турбо-подобных кодов и М-ичных сигналов, использующий совместную обработку сверточного кода и М-ичных сигналов, быстрое преобразование Уолша при обработке блоковых кодов входящих в состав турбо-подобного кода, может быть применен при реализации систем связи использующих псевдослучайную перестройку рабочей частоты, при реализации систем связи, с прямым расширением спектра, работающих в условиях высокой скорости изменения доплеровского сдвига частоты;

- предложенный новый алгоритм квазикогерентного приема ДЧ сигналов в канале с многолучевым распространением может быть применен в системах КВ связи с повышенной скрытностью;

- результаты, полученные в диссертации, использованы в АО «ИСС им. академика М.Ф. Решетнева» при реализации устойчивого к подавлению канала связи в ОКР «Цифирь», а также использованы в НИР «Москвичка-МЦОС» выполняемой НИЧ МТУСИ. Полученные теоретические и практические результаты работы подтверждаются соответствующими актами.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- **теоретические исследования** проведены корректно с применением методов теории информации, теории вероятности, математического и компьютерного моделирования;

- **результаты обоснованы** использованием полученных в диссертации алгоритмов и сигнально-кодовых конструкций в ОКР «Цифирь» и НИР «Москвичка-МЦОС».

Личный вклад соискателя состоит:

- в **разработке** нового класса турбо-подобных кодов с пониженной сложностью алгоритмов приема на основе блоковых кодов, соответствующих функциям Уолша и сверточного рекурсивного кода с числом состояний решетки два;

- **разработке** нового алгоритма итеративного некогерентного приема сигнально-кодовых конструкций на основе предложенных турбо-подобных кодов и М-ичных сигналов;

- **разработке** методики оценки вероятностно-энергетических характеристик сигнально-кодовых конструкций с использованием турбо-подобных кодов и ДЧ сигналов для упрощенной модели КВ канала;

- **разработке** нового алгоритма квазикогерентного приема ДЧ сигналов в канале с многолучевым распространением;

- **исследовании** сходимости алгоритмов приема сигнально-кодовых конструкций с использованием турбо-подобных кодов и ДЧ сигналов;

- **непосредственном участии** в реализации устройства формирования и приема сигнально-кодовой конструкции с использованием турбо-подобного кода и ансамбля ДЧ сигналов, в реализации устройства формирования и некогерентного приема сигнально-кодовых конструкций с использованием турбо-подобных кодов и ансамбля ортогональных сигналов.

- апробации результатов исследования на 17 научно-технических конференциях и форумах, подготовке 33 публикаций по результатам диссертационного исследования, 8 из которых подготовлены без участия соавторов.

На заседании 22 сентября 2016 г. диссертационный совет Д 219.001.04 пришел к выводу о том, что диссертация Головкина И.В. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней и принял решение присудить Головкину И.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по профилю защищаемой диссертации, участ-

вовавших в заседании из 21 человека, входящих в состав совета проголосовали: за присуждение ученой степени -16, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель

диссертационного совета Д 219.001.04  Аджемов Артём Сергеевич

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 219.001.04  Терешонок Максим Валерьевич

« 22 » сентября 2016 г.