

## Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу

Головкина Ильи Владимировича на тему:

«Разработка и исследование сигнально-кодовых конструкций на основе турбо-подобных кодов и дискретных частотных сигналов для систем коротковолновой связи», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

05.12.04 -Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

### **Актуальность темы диссертации.**

Развитие теории помехоустойчивого кодирования привело к появлению новых классов помехоустойчивых кодов, позволивших приблизить скорость передачи данных через каналы к их пропускной способности по Шеннону. Созданные в конце 20-го века турбо-коды положили начало развитию нового направления помехоустойчивого кодирования, основанного на методах итеративного декодирования. К настоящему времени известен широкий класс подобных кодовых конструкций, включая турбо-коды с использованием параллельного и последовательного каскадирования составляющих сверточных и блочных кодов, низкоплотностные коды, самоортогональные коды. Эти коды вследствие своей эффективности и широкого диапазона параметров (кодовые скорости, длины кодовых слов и т.п.) находят широкое практическое применение при разработке и создании цифровых систем связи различного назначения.

Современные тенденции развития этого направления заключаются в создании подобных конструкций помехоустойчивого кодирования для реальных физических каналов передачи данных, увеличении пропускной способности декодеров, уменьшением сложности их реализации на основе использования современной цифровой электроники и вычислительной

Вход. № 65/16  
« 05 » 05 2016 г.  
подпись

техники (многоядерные цифровые сигнальные процессоры, программируемые логические интегральные схемы).

Наиболее сложным является канал передачи данных в коротковолновом диапазоне. Характерной особенностью радиосвязи в коротковолновом диапазоне (до 30 МГц) является многолучевость распространения радиоволн за счет их отражения от ионосферы. Это обуславливает нестационарность каналов передачи, замирания сигналов (частотно-неселективные замирания для узкополосной передачи и частотно-селективные замирания при расширении частотной полосы сигналов), наличие межсимвольной интерференции, наличие сложных помех от других радиоэлектронных средств. Эти факторы необходимо учитывать при создании систем связи данного диапазона, в частности при создании систем передачи дискретных сообщений.

Повышение энергетической эффективности каналов передачи дискретных сообщений коротковолнового диапазона за счет применения эффективных схем помехоустойчивого кодирования в сочетании с сигнальной модуляцией является актуальной задачей.

Решению данной научно-технической задачи, имеющей теоретический и практический интерес, посвящена диссертационная работа Головкина Ильи Владимировича.

### **Структура диссертации, обоснованность и достоверность положений выводов и рекомендаций**

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы.

Введение содержит обоснование актуальности проводимых исследований. Сформулированы цели работы и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведен обзор результатов теории передачи дискретных сообщений. Приведены описания ряда моделей каналов передачи, в частности модель канала передачи коротковолнового диапазона.

Приведены требования к сигнально-кодовым конструкциям для систем передачи дискретных сообщений коротковолнового диапазона.

Во второй главе предложена схема помехоустойчивого кодирования с использованием последовательного соединения блоковых кодов на основе функций Уолша (симплексные коды, биортогональные коды, ортогональные коды) и рекурсивного сверточного кода с минимальным числом состояний, равного 2. Данная кодовая конструкция входит в класс помехоустойчивых кодов под общим названием турбо-подобные коды, которые характеризуются пониженной сложностью реализации итеративных алгоритмов декодирования по отношению к классическим турбо-кодам. Приведен алгоритм обработки рассматриваемых турбо-подобных кодов на основе процедуры быстрого преобразования Уолша-Адамара.

Третья глава содержит сведения из теории дискретных частотных сигналов. Приведено описание разработанного алгоритма квазикогерентного приема рассматриваемых сигналов в канале с многолучевым распространением. Приведены результаты имитационного моделирования.

Четвертая глава посвящена методике оценки вероятностных характеристик при некогерентном приеме сигнально-кодовых конструкций на основе турбо-подобных кодов и дискретных частотных сигналов для модели коротковолнового канала. Приведены результаты исследования сходимости итеративных алгоритмов приема рассматриваемых сигнальных конструкций, на основе турбо-подобных кодов и дискретных частотных сигналов.

Пятая глава содержит описания реализованных устройств формирования и приема конструкций на основе турбо-подобных кодов и М-ичных сигналов. Приведены результаты натурного эксперимента по апробации алгоритма квазикогерентного приема дискретных частотных сигналов.

В заключении сформулированы результаты работы.

Основные результаты диссертационной работы обоснованы, подтверждены корректным использованием математического аппарата теории вероятностей, теории информации, теории цифровой обработки сигналов.

Достоверность выводов и рекомендаций в работе подтверждается результатами сравнительного анализа полученных результатов и результатов, представленных в литературных источниках, а также сопоставлением результатов, полученных путем расчета и имитационного моделирования.

Название диссертации верно отражает ее содержание, а ее материалы достаточно полно отражены в научных публикациях автора, среди которых 16 статей в журналах из списка ВАК. Результаты исследований прошли апробацию на 17 Международных и Всероссийских научно-технических конференциях.

Автореферат правильно отражает содержание диссертационной работы.

Язык изложения диссертации и автореферата соответствует требованиям, предъявляемым к научным трудам, а используемая терминология корректно отражает предметную область.

Тематическая ориентация работы, ее содержание и основные результаты соответствуют требованиям паспорта специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

#### **Новизна исследований и результатов диссертационной работы**

В качестве новых результатов, полученных автором, можно отметить следующие:

- предложен класс турбо-подобных кодов с использованием простых составляющих блоковых кодов на основе функций Уолша и рекурсивного сверточного кода с минимальным числом состояний в кодовой решетке, равным 2;

- разработана методика оценки вероятностных характеристик сигнальных конструкций с использованием турбо-подобных кодов и дискретных частотных сигналов для модели коротковолнового канала;

- разработан алгоритм итеративной обработки при некогерентном приеме сигнально-кодовых конструкций на основе предложенных турбо-подобных кодов и M-ичных сигналов, включая дискретные частотные сигналы;

- разработан и исследован алгоритм квазикогерентного приема дискретных частотных сигналов в канале с многолучевым распространением.

### **Практическая значимость полученных результатов**

Разработанный алгоритм некогерентного приема сигнальных конструкций с использованием дискретных частотных сигналов реализован в программно-аппаратном устройстве.

Также разработаны и созданы устройства, реализующие формирование и некогерентный прием сигнальной конструкции с использованием ортогональных сигналов.

Реальность разработок подтверждается лабораторными испытаниями разработанных устройств.

Результаты диссертационной работы использованы при выполнении нескольких ОКР, что подтверждается актами внедрения.

Практическая значимость диссертации подтверждается двумя патентами РФ на изобретения, одним патентом на полезную модель и тремя свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ.

### **Критические 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 «достижении 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.

### **Заключение**

Несмотря на отдельные приведенные выше замечания, диссертация Головкина И.В. является самостоятельным и серьезным научным исследованием. Она представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи повышения эффективности каналов передачи дискретных сообщений коротковолнового диапазона.

Представляемая к защите работа соответствует требованиям ВАК Минобрнауки РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор,

Головкин Илья Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04-«Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Официальный оппонент

доктор технических наук, доцент,  
профессор кафедры вычислительной  
техники ФГБОУ ВПО «Юго-  
Западный государственный  
университет»,

Сергей Иванович Егоров

  
31.08.2016



Егорова С.И.

Подпись  
удостоверяю  
Специалист по кадрам

Ткаченко А.И.

Сведения об оппоненте:

Егоров Сергей Иванович, гражданин РФ, доктор технических наук по специальности) 05.13.05 - Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления, доцент, профессор кафедры вычислительной техники, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет», Россия, г. Курск, ул. 50-лет Октября, 94, тел. +7(4712)222665 e-mail: sie58@mail.ru.