

## ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н., профессора, заведующего кафедрой радиотехнических систем ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный радиотехнический университет» Кошелева Виталия Ивановича на диссертационную работу Сидоренко Александра Анатольевича, выполненную на тему «Разработка и исследование адаптивного кодера-декодера для локальных систем телеметрии» и представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Для оппонирования представлены: диссертация на 109 стр. (162 стр. с приложениями), автореферат диссертации, акты внедрения, копии основных публикаций автора по теме диссертации.

В настоящее время широкое применение находят цифровые системы телеметрии для обработки, регистрации и преобразования измерительной и управляющей информации, а также для обеспечения контроля функционирования управляемыми объектами. Важной задачей при разработке и проектировании подобных систем является обеспечение требуемой достоверности передаваемой информации, для чего применяют помехоустойчивое кодирование.

При всем многообразии существующих помехоустойчивых кодов, актуальной остается задача разработки кодека, который обеспечит требуемую достоверность передаваемой информации при минимуме экономических затрат, что особенно важно для разработки локальных систем телеметрии (ЛСТ). Перспективным направлением в помехоустойчивом кодировании является использование адаптивных кодирующих систем, способных подстраиваться к текущему уровню ошибок в канале связи при заданной достоверности обрабатываемой информации. Таким образом, поставленная в диссертации, научная задача разработки и исследования характеристик адаптивного кодера-декодера для ЛСТ является актуальной.

Работа соответствует специальности: 05.12.13 –Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

**Научная новизна** диссертационной работы состоит в разработке новых методов, алгоритмов и устройств, повышающих помехоустойчивость ЛТС. В работе предложен новый метод адаптивного каскадного кодирования для нерегулярных по объему информационных сообщений. Автором проведены практические исследования предложенного метода, что подтверждает **достоверность** полученных им аналитических выражений. Разработан универсальный аппаратно-программный комплекс для локальных систем телеметрии и предложены рекомендации по его практическому использованию в различных системах телеметрии. **Научные положения, выводов и рекомендаций в целом обоснованы** в диссертации.

**Значимость для науки и практики** результатов, полученных автором, заключается в том, что разработанный помехоустойчивый кодек обеспечивает значительное снижение вероятности ошибки в каналах связи даже при высоких (до  $10^{-2}$ ) вероятностях появления помех, а также в случаях пакетных (до 93 бит) ошибок, что позволяет применять его в различных системах телеметрии и ретрансляций сообщений. Выигрыш в отношении сигнал-шум, достигаемый при использовании разработанного автором кодека, составляет 2,5 дБ, что в зависимости от типа модуляции сигнала уменьшает вероятность ошибки на два – три порядка.

**Возможные конкретные пути использования** результатов диссертационной работы обозначены в диссертации и состоят в рекомендации применения их в локальных систем телеметрии с применением радиомодемов на основе программно-адаптивных кодеров-декодеров.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения. Автор логически обосновывает место каждой главы и параграфа в диссертации.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована ее цель, определена научная новизна и практическая значимость.

В первой главе описаны объекты и задачи телеметрии, проведена классификация исследуемых систем связи, показаны топологические структуры локальных систем телеметрии, проанализированы используемые в системах телеметрии каналы связи, виды сигналов, источники и виды помеховых воздействий. По результатам анализа по теме исследования конкретизированы задачи диссертационной работы и проведен выбор варианта организации передачи данных.

Во второй главе рассмотрены различные варианты повышения помехоустойчивости в локальных системах телеметрии, проанализированы методы помехоустойчивого кодирования и проведены теоретические исследования эффективности помехоустойчивых кодов, таких как коды Хеминга, Голея, БЧХ, Рида-Соломона. Показано, что для борьбы с пакетами ошибок необходимо использовать недвоичные коды, а для наиболее эффективной борьбы с одиночными ошибками применять каскадные коды. Проведены исследования различных сочетаний каскадных кодов.

В третьей главе проведена разработка программного обеспечения для помехоустойчивого кодирования и декодирования информации кодами Хемминга, Голея, БЧХ, Рида-Соломона. Представлен математический аппарат для операций в полях Галуа. Для каскадного кодека разработан комплекс программ для кодирования и декодирования нерегулярных по длине информационных сообщений различными сочетаниями каскадных кодов.

В четвертой главе проведено экспериментальное исследование разработанных каскадных кодеков. Для проведения модельных экспериментов разработано программное обеспечение, описывающее генератор информационных сообщений и генератор мешающих воздействий. Приведены сравнительные результаты исследований разработанных кодеков в случае одиночных ошибок. Показан выигрыш по соотношению сигнал/шум при использовании модуляции КАМ-16.

Исследована эффективность разработанных кодеков при наличии пакетных ошибок в канале связи. Приведен сравнительный анализ исправляющей способности разработанных кодеков, в том числе и различных сочетаний каскадных кодов. Даны рекомендации по применению разработанного каскадного кодера-декодера в различных локальных системах телеметрии.

Разработан и исследован универсальный программно-аппаратный комплекс для систем телеметрии, использующих радиомодемы. Проведены натурные эксперименты по передаче с помощью радиомодемов телеметрической информации, подтверждающие эффективность разработанных методов, алгоритмов и устройств.

В заключении приведены основные результаты проведенных научных исследований.

**Качество оформления** диссертации и автореферата в основном соответствует ГОСТ Р7.0.11—2011.

**Степень завершенности.** Диссертация Сидоренко А. А. является законченным научным исследованием, выполненным по актуальной тематике на современном уровне.

**Подтверждение опубликования основных результатов в научных изданиях.** Результаты диссертации достаточно полно отражены в 13 публикациях автора, в том числе в трех публикациях в научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ для опубликования результатов диссертаций.

**Положительные стороны работы** состоят в том, что автор не только разработал помехоустойчивый кодек, обеспечивающий снижение вероятности ошибки в каналах связи ЛСТ, но и экспериментально доказал его высокую эффективность.

## **Отрицательные стороны работы состоят в следующем.**

1. Положения, выносимые на защиту не содержат количественных оценок преимуществ разработанных методов и устройств по сравнению с существующими методами.

2. В диссертационной работе слабо отражена экономическая целесообразность выбора помехоустойчивых кодов, например, в сравнении с турбокодами или LDPC кодами.

3. При проведении модельных экспериментов рассматриваются мешающие воздействия только с нормальным законом распределения. Не рассмотрен случай одновременного действия одиночных и пакетных ошибок.

4. Не обсуждается возможность программной реализации разработанных алгоритмов адаптивного каскадного кодирования по сравнению с исключительно аппаратной реализацией, что представляет интерес для компьютерных систем телеметрии.

5. В диссертации и автореферате не обосновывается и не комментируется выбор параметров кодов при их сравнительном анализе.

6. Имеются редакционные замечания, например употребляются такие выражения, как: "коду РС все равно, сколько бит повреждено"; "символы кода берутся из конечного поля Галуа"; "поля Галуа имеют специальные правила проведения математических операций"; "...кода-декодера, показавшие эффективность его борьбы ...". Завышен объем автореферата, имеется ряд других стилистических и синтаксических погрешностей.

Указанные недостатки не снижают научную ценность и практическую значимость диссертации, которая является законченной научно-исследовательской работой, выполненной автором самостоятельно и на высоком научном уровне. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Результаты диссертации хорошо апробированы - опубликованы в открытой печати и обсуждались на конференциях. Диссертация хорошо структурирована, грамотно и аккуратно

оформлена. По каждой главе и работе в целом сделаны выводы. Автореферат соответствует **основным идеям и выводам диссертации**.

**Заключение о соответствии диссертации критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней.** Руководствуясь «Постановлением о порядке присуждения ученых степеней» № 842 от 24.09.2013 г., считаю, что диссертационная работа удовлетворяет требованиям ВАК РФ, и в ней изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны, а автор работы, Сидоренко Александр Анатольевич, заслуживает присуждение ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

### Официальный оппонент

Заведующий кафедрой  
радиотехнических систем Рязанского  
государственного радиотехнического  
университета (РГРТУ), д-р техн.  
наук, профессор

Подпись В.И. Кошелева заверяю,  
Ученый секретарь Ученого Совета  
РГРТУ, к.т.н.

  
04.05.15.

Виталий Иванович  
Кошелев  
(koshelev.v.i@rsreu.ru)  
Тел.: +7(4912) 46-03-59

В.Н. Пржегорлинский



Адрес организации: 390005, Рязань, Гагарина, 59/1. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный радиотехнический университет" ФГБОУ ВПО "РГРТУ", РГРТУ. Тел.: +7(4912) 46-03-03 Факс: +7(4912) 92-22-15 E-mail: rgrtu@rsreu.ru