

ОТЗЫВ

официального оппонента

кандидата технических наук, доцента Храмова Константина Константиновича
на диссертационную работу **Герасименко Евгения Сергеевича**
**«Быстрые цифровые алгоритмы когерентной демодуляции сигналов
с амплитудной и фазовой манипуляцией»**, представленную
на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

Актуальность темы.

Цифровая обработка сигналов (ЦОС) лежит в основе современных систем передачи дискретной информации. При этом важным фактором, определяющим выбор конкретного алгоритма ЦОС, является возможность его реализации с помощью доступных вычислительных средств. Известные цифровые алгоритмы обработки сигналов (согласованная фильтрация, быстрое преобразование Фурье, свертка) часто требуют значительных вычислительных затрат и труднореализуемы при потоковой обработке высокочастотных радиосигналов. Поэтому актуальной задачей является разработка алгоритмов цифровой обработки сигналов, обладающих высокой вычислительной эффективностью.

Предметом диссертационного исследования Герасименко Е.С. являются процедуры цифровой когерентной обработки радиосигналов с амплитудной и фазовой манипуляцией, а также свойства и характеристики алгоритмов и устройств их демодуляции. Это дает основание утверждать об актуальности темы исследований.

Содержание диссертационной работы.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 107 наименований, и приложений.

Во введении обоснована актуальность, теоретическая и практическая значимость выбранной тематики, приведены цель работы и решаемые научные задачи, а также сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ радиосигналов с фазовой манипуляцией (ФМн), относительной фазовой манипуляцией (ОФМн), многопозиционной амплитудной модуляцией (АМн) и квадратурной амплитудной модуляцией (КАМ), рассмотрены их свойства и методы демодуляции. Рассмотрены модели канала связи и приемного радиотракта. Предложена цифровая модель узкополосного радиотракта для исследования свойств алгоритмов демодуляции рассматриваемых сигналов. Проведен анализ методов синхронизации

демодуляторов, сформулированы требования к погрешностям оценки фазы принимаемого сигнала. В результате анализа определены подходы к разработке быстрых цифровых алгоритмов когерентной демодуляции сигналов с ФМн, ОФМн, АМн и КАМ.

Во второй главе рассмотрен базовый быстрый цифровой алгоритм когерентной демодуляции радиосигналов, исследованы его свойства и характеристики. Проведено моделирование алгоритма, в том числе в условиях воздействия на входе аддитивной смеси сигнала и шума, которое показало, что он обладает частотной селективностью и высокой эффективностью. Предложены алгоритмы и соответствующие им устройства когерентной демодуляции двоичных и четырехпозиционных сигналов с фазовой и относительной фазовой манипуляцией, а также сигналов с многопозиционной амплитудной и квадратурной амплитудной модуляцией. Рассмотрены вопросы аппаратной реализации быстрых цифровых алгоритмов когерентной демодуляции сигналов.

В третьей главе проведен анализ помехоустойчивости предложенных алгоритмов когерентной демодуляции. Получены выражения для вероятностей ошибок в условиях гауссовских помех, проведен их анализ. Автором показывается, что рассматриваемые алгоритмы демодуляции обеспечивают минимальные вероятности ошибок, то есть обладают потенциальной помехоустойчивостью. Рассмотрено влияние параметров узкополосного приемного тракта на форму откликов демодулятора и его помехоустойчивость. Показано, что при использовании предлагаемых алгоритмов демодуляции ослабляются требования к частотной селективности приемного радиотракта.

В четвертой главе проведено исследование свойств и статистическое имитационное моделирование рассмотренных алгоритмов когерентной демодуляции сигналов с ФМн, ОФМн, АМн и КАМ. Полученные результаты свидетельствуют об их высокой помехоустойчивости и эффективности. Результаты моделирования хорошо согласуются с теоретическими расчетами вероятностей ошибок. Проведено исследование влияния на работу демодуляторов узкополосного радиотракта. Рассмотрены вопросы и представлены результаты аппаратной реализации предлагаемых алгоритмов демодуляции на базе современных программируемых логических интегральных схем (ПЛИС).

В заключении подведены итоги диссертации в целом, сформулированы основные результаты и выводы.

Научная новизна.

Научная новизна работы заключается в разработке автором быстрых цифровых алгоритмов когерентной демодуляции сигналов с двоичной фазовой

и относительной фазовой манипуляцией, с четырехпозиционной фазовой и относительной фазовой манипуляцией, многопозиционной амплитудной манипуляцией и квадратурной амплитудной модуляцией, требующих выполнения минимального числа простых арифметических операций; в разработке структурных схем цифровых когерентных демодуляторов и цифровой модели узкополосного радиотракта на базе рекурсивного цифрового фильтра; в полученных результатах исследования помехоустойчивости предлагаемых демодуляторов при воздействии шумовых помех; в разработке программ статистического имитационного моделирования предлагаемых демодуляторов и их результатах; в разработке варианта аппаратной реализации демодулятора четырехпозиционных ФМ-сигналов на базе ПЛИС.

Достоверность представленных результатов.

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждена корректным использованием математического аппарата, результатами имитационного моделирования, демонстрирующими эффективность предложенных цифровых алгоритмов когерентной демодуляции, а также их апробацией на научных конференциях различного уровня.

Теоретическая и практическая ценность результатов исследования.

Теоретическая ценность результатов диссертационной работы определяется развитием методов цифровой обработки сигналов, а также предложенными и исследованными алгоритмами когерентной демодуляции сигналов с бинарной фазовой и относительной фазовой манипуляцией, с четырехпозиционной фазовой и относительной фазовой манипуляцией, многопозиционной амплитудной манипуляцией и квадратурной амплитудной модуляцией.

Практическая значимость проведенных в ходе выполнения работы исследований заключается во внедрении их результатов в образовательную деятельность ФГКОУ ВО «Воронежский институт МВД России» и ФГБОУ ВО «Дальневосточный юридический институт МВД России». Результаты диссертационного исследования внедрены также в производственную деятельность ООО «Сайком», ООО «НПП «ТЕТА» и ООО «БГ-Оптикс».

Автореферат.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы. В нем обоснована актуальность темы исследования, поставлена цель и задачи, сформулирована научная новизна и положения, выносимые на защиту, приведено основное содержание работы и заключение, представлен перечень основных публикаций.

Апробация работы и публикации.

Результаты работы докладывались и обсуждались на нескольких научных и научно-технических конференциях различного уровня. По теме диссертации опубликована 31 научная работа, из них 11 статей – в изданиях из Перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК, 1 публикация включена в международную наукометрическую базу Scopus. Получены 2 патента РФ на изобретение и 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Замечания по диссертационной работе.

В качестве замечаний по диссертационной работе можно отметить следующее:

1. В параграфе 1.6 недостаточно обоснован выбор полосового фильтра и его параметров для реализации цифровой модели радиочастотного тракта.
2. График на рис. 1.14а не корректно отображает спектр амплитуд моделируемого белого шума (с. 32).
3. Из результатов работы не ясно, является ли обязательным требование, чтобы число отсчетов N на каждый символ было кратно степени числа 2 и возможно ли обеспечить это условие при когерентной работе для конкретного значения частоты входного радиосигнала.
4. В диссертации не сформулированы конкретные требования к минимальной разрядности шины данных, при которой обеспечивается функционирование демодулятора.
5. Отсутствует сравнение предложенных цифровых алгоритмов когерентной демодуляции по каким-либо характеристикам и критериям (например, быстродействию, вычислительной эффективности и т.д.) с известными методами демодуляции, которое подтвердило бы эффективность этих алгоритмов.
6. В работе имеется несколько стилистических ошибок и опечаток:
 - «различные значений» (с.30);
 - пропущен множитель 2π в формуле 1.10 (с.23);
 - отсутствует индекс у параметра N_M (с.30, с.31);
 - ошибочная ссылка на источник [56] (с.98);
 - недочеты в оформлении списка литературы, например, не указано количество страниц в источниках 12 и 13.

Указанные замечания в целом не мешают восприятию изложенного материала, не затрагивают основных защищаемых положений и не снижают ее достоверность, научную и практическую ценность.

Заключение.

Диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком уровне, и соответствует паспорту специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения. В целом работа производит положительное впечатление и подтверждает высокую квалификацию соискателя.

Считаю, что диссертационная работа соответствует основным требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Герасименко Евгений Сергеевич, заслуживает присуждение искомой ученой степени по специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Официальный оппонент,
кандидат технических наук, доцент,
декан факультета информационных технологий
и радиоэлектроники Муромского института
ФГБОУ ВО «Владимирский государственный
университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых»

Константин
Константинович
Храмов



Адрес организации: 606264, Владимирская обл., г. Муром, ул. Орловская, д.23
Телефон: 8(49234)77233,
E-mail: fit@mivlgu.ru

Подпись К.К. Храмова заверяю
Директор института, профессор

А.Л. Жизняков

02.09.2022г.

