

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Хасьяновой Елены Равыловны на тему: «Исследование и разработка методов компенсации погрешностей квадратурного преобразования в радиоприемниках с нулевой промежуточной частотой», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 — Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

В настоящее время производители оборудования систем цифровой радиосвязи разрабатывают приемопередающие устройства, которые способны поддерживать несколько стандартов беспроводной радиосвязи и обладают возможностью перепрограммирования в процессе использования, что позволяет облегчить задачу адаптации программных средств к изменяющимся условиям эксплуатации без замены аппаратных средств. Использование радиоприемников прямого преобразования для решения задач создания устройств, работающих в нескольких частотных диапазонах и обладающих возможностью быстрой переконфигурации, имеет потенциальное преимущество перед другими классическими архитектурами построения аппаратных средств. Поэтому актуальность работы Хасьяновой Е. Р., направленная на повышение эффективности таких радиоприемников и уменьшение ограничений, неизбежно вызываемых неидеальностью аналоговых компонентов, не вызывает сомнений.

Предложенный соискателем способ компенсации амплитудно-фазового разбаланса с применением метода анализа независимых компонент с фиксированным количеством итераций обладает явно выраженной **научной новизной** и позволяет нивелировать ограничения на применение квадратурной обработки сигналов в приемниках прямого преобразования.

При этом необходимо отметить, что автор провел неплохую аналитическую работу по исследованию современного состояния способов оценки и компенсации, результатом которой является их классификация (п. 1.3); оценил уровень влияния амплитудно-фазового разбаланса и сдвига постоянной составляющей на качество приема сигнала, с учетом влияния канала распространения сигнала и влияния фазовых шумов, для разных типов модуляции, как без кодирования, так и с его использованием (п. 2.2, 2.3) с помощью разработанной имитационной модели в среде MATLAB/Simulink (п. 2.1). Эти результаты позволили определить для каких порядков КАМ модуляции погрешности квадратурного преобразования имеют критическое значение, поскольку приводят к существенному ухудшению качества приема сигнала из-за ограниченной точности современной

Вход. № 58/19  
« 07 » 06 2019 г.  
подпись



элементной базы. Отдельного упоминания заслуживают такие особенности работы как привязка исследований разделов 2 и 3 к современной элементной базе, беглый обзор которой проведен в разделе 1 и экспериментальная оценка разработанного компенсатора амплитудно-фазового разбаланса. Это позволило подтвердить результаты теоретических исследований и определить ресурсозатраты на реализацию алгоритма.

**Практическая значимость** диссертационной работы заключается в том, что разработанный и реализованный алгоритм компенсации амплитудно-фазового разбаланса позволяет минимизировать влияние этого фактора для сигналов с модуляцией КАМ-64...КАМ-256 в отсутствие априорных знаний о канале и повысить при этом энергоэффективность на 1,6 дБ (КАМ-128) по сравнению с классическим статистическим методом.

Все основные **результаты работы** в достаточной степени апробированы и **опубликованы**.

Диссертация Хасьяновой Е. Р. не лишена недостатков, к числу которых следует отнести:

1. При исследовании адаптивной фильтрации используется слишком большой шаг выборки, применяемой для оценки (после 5000 следует сразу 50000). Логичней было бы добавить промежуточные значения.
2. В таблицах 3.12 и 3.14, посвященных исследованию характеристик разработанного компенсатора для сигналов с модуляцией КАМ-64 и КАМ-256, отсутствуют значения результатов их работы при отношении сигнал/шум в 5 дБ.
3. Результаты экспериментального исследования разработанного компенсатора амплитудно-фазового разбаланса, которые представлены на Рис. 4.14а, были бы более информативными при приведении числовых значений амплитудного и фазового разбаланса до и после компенсации.
4. Для удобства сравнения на график Рис. 4.15 следовало бы добавить кривые вероятностей битовой ошибки, характеризующие работу приемной части в отсутствии амплитудно-фазового разбаланса и при его наличии, но до осуществления компенсации.
5. К диссертации и автореферату имеется ряд оформительских замечаний: на графиках довольно часто применяются англоязычные термины, не все графики приведены в одинаковом масштабе удобном для сравнения, таблицы 2.1, 2.2 и 3.5 смещены относительно их названия на следующую страницу.

Указанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают научной и практической ценности диссертационной работы.

Диссертационная работа является полноценным законченным научно-квалификационным исследованием и соответствует областям исследований, указанных в паспорте специальности 05.12.04. Научные положения и выводы диссертации обоснованы и подтверждены соответствующими исследованиями. Автореферат достаточно полно отражает содержание работы и основных ее результатов.

Считаю, что диссертационная работа Хасьяновой Елены Равыловны удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям согласно пп. 9-14 Положения ВАК о присуждении учёных степеней, а ее автор 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

по специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения, старший научный сотрудник, начальник научно-технического управления АО «Концерн «Созвездие»

Николай Михайлович Тихомиров

29.05.2019г.

«Личную подпись Н. М. Тихомирова удостоверяю»

Ученый Секретарь диссертационного совета

Доктор технических наук, профессор



Н. Н. Толстых

Адрес: 394018, Воронеж, ул. Плехановская, д. 14г

Телефон: +7 (473) 252-12-53

e-mail: [n.tikhomirov@bk.ru](mailto:n.tikhomirov@bk.ru)