

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

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

Решение диссертационного совета от 27 июня 2019 года, протокол № 55, о присуждении Хасьяновой Елене Равыловне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация на тему «Исследование и разработка методов компенсации погрешностей квадратурного преобразования в радиоприемниках с нулевой промежуточной частотой» по специальности «05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» принята к защите 24 апреля 2019, протокол №53/1 диссертационным советом Д.219.001.04 на базе ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Федеральное агентство связи, 111024, г. Москва, ул. Авиамоторная 8а, Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 03 марта 2016 г. №244/нк, изменения в составе утверждены Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 37нк от 30.01.2019 (далее – диссертационный совет).

**Соискатель**, Хасьянова Елена Равыловна, 1989 года рождения, в 2011 году окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (МТУСИ) с присуждением квалификации «Инженер» по специальности «Радиотехника». В 2016 году окончила очную аспирантуру МТУСИ по научной специальности «05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Работает научным сотрудником в ООО «Радиокомп».

Диссертация выполнена на кафедре радиооборудования и схемотехники МТУСИ.

**Научный руководитель** - доктор технических наук, профессор Пестряков Александр Валентинович, декан факультета «Радио и телевидение» МТУСИ.

**Официальные оппоненты:**

1. Тихомиров Николай Михайлович – доктор технических наук, старший научный сотрудник, начальник научно-технического управления АО «Концерн «Созвездие»;

2. Мазепа Роман Богданович – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Радиосистемы и комплексы управления, передачи информации и информационная безопасность» Московского авиационного института (национального исследовательского университета).

**дали положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация** – федеральное государственное унитарное предприятие Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт радио, г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном начальником испытательного центра ФГУП НИИР, к. т. н., доцентом Кокосшкиным И. В., утвержденном первым заместителем генерального директора ФГУП НИИР, к. т. н. Сподобаевым М. Ю., указала, что диссертационная работа Хасьяновой Елены Равыловны является законченной научно-квалификационной работой. Все полученные результаты являются новыми и актуальными. В диссертации приведены все необходимые ссылки на авторов и источники заимствования, в том числе и на научные работы соискателя. Диссертация соответствует специальности «05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения». В достаточной мере содержание работы отражено в автореферате.

Соискатель имеет 13 опубликованных работ по теме диссертации, включая свидетельство о регистрации программы для ЭВМ, из них 5 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК. Общий объем работ составляет 76 страниц (4,75 п. л.), авторский вклад 87 %.

#### **Основные публикации:**

1. Косичкина, Т. П. Анализ влияния характеристик квадратурных преобразователей на работу радиоприемных устройств цифровых сигналов радиосвязи и телерадиовещания / Т. П. Косичкина, **Е. Р. Хасьянова** // Т-Comm – Телекоммуникации и транспорт. – 2013. – № 9. – С. 100-103. (0,3 п. л.).

Хасьянова Е. Р. разработала модель для исследований, провела исследования, обработала и проанализировала полученные результаты. Личный вклад Хасьяновой Е. Р. составляет 80%

2. Пестряков, А. В. Упрощенные алгоритмы компенсации искажений КАМ-сигнала, наблюдаемого на фоне аддитивного шума / А. В. Пестряков, Н. Е. Поборчая, **Е. Р. Хасьянова** // Электросвязь. – 2016. – № 4. – С.35-40. (0,7 п. л.). Хасьянова Е. Р. участвовала в постановке задачи, проведении моделирования и формировании выводов по полученным результатам. Личный вклад Хасьяновой Е. Р. составляет 60%.

3. Khasianova, E.R. The modern state analysis of digital signal processing applying due to the quadrature downconversion inaccurates compensation at the zero-if receivers / E. R. Khasianova // T-Comm-Telecommunications and their Application in Transport Industry, 2017. – Vol. 11. – № 11. – P. 84-88. (0,5 п. л.)

4. Khasianova, E.R. Investigation of analog downconversion imperfections degree of influence on the reception quality of the zero-if receivers / E. R. Khasianova // T-Comm- Telecommunications and their Application in Transport Industry. – 2018. — Vol. 12. – № 3. – P. 82-88. (0,4 п. л.)

5. Khasianova, E. R. Experimental investigation of quadrature downconversion impairments estimation and compensation methods to the M-QAM signals / **E. R. Khasianova**, M. O. Sedov // SYNCHROINFO 2017 – Systems of Signal Synchro-

nization, Generating and Processing in Telecommunications. – Kazan, 2017. – P. 381-383 (0,4 п. л.).

Хасьяновой Е. Р. принадлежит постановка задачи эксперимента, предварительное моделирование, алгоритм проведения эксперимента, анализ полученных результатов. Личный вклад Хасьяновой Е. Р. составляет 90 %.

6. Priputin, V. S. Fixed-Point ICA Compensator of I/Q Imbalance in Direct-Conversion Receivers / V. S. Priputin, **E. R. Khasianova** // SYNCHROINFO – 2018 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications. – Minsk, 2017. – P. 528-532. (0,3 п. л.)

Хасьяновой Е. Р. предложен компенсатор амплитудно-фазового разбаланса на основе анализа независимых компонент с фиксированным количеством итераций, разработано программное обеспечение для исследований, проведена обработка результатов. Личный вклад Хасьяновой Е. Р. составляет 90 %.

**Недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, отсутствуют.**

**На диссертацию и автореферат поступили 7 положительных отзывов:**

от ГУАП, МГТУ им. Баумана, ПГУТИ, АО НПП «Радар ммс», «Балтийского федерального университета им. Иммануила Канта, ЯрГУ им. Демидова, НИУ МЭИ.

Были сделаны следующие замечания:

1. При исследовании алгоритма линейной адаптивной фильтрации не рассмотрены иные, кроме метода наименьших квадратов способы поиска весовых коэффициентов.
2. В большей части рисунков, а также в тексте автореферата использованы не только русскоязычные, но и англоязычные обозначения и не все из них расшифрованы.

3. В тексте автореферата отсутствует информация о выбранных параметрах моделирования, в частности типа канала, параметров кодеков, используемых для оценки уровня влияния амплитудно-фазового разбаланса и сдвига постоянной составляющей на качество работы радиоприемного устройства;
4. Графики автореферата содержат англоязычные подписи, что может затруднять их восприятие.
5. В тексте автореферата отсутствуют сравнительные оценки сложности разработанного алгоритма с другими анализируемыми в работе методами.
6. Рисунки 7 и 8 недостаточно хорошо читаемы. Помимо того, в них присутствуют англоязычные обозначения.
7. В заключении не обозначены направления дальнейших исследований.
8. В выражениях (2а), (2б) и (3) нет единообразия в применениях индексов при знаках суммирования.
9. Неоднозначно применяется термин «разбаланс» - в пояснениях к выражениям (2) «значение амплитудного разбаланса записано», как  $(1+g$  и  $1-g)$ , а в выражении (3) «величина разбаланса» определена просто символом « $g$ ». В первом случае «разбаланс» стремится к 0, во втором – к 1.
10. название диссертации претендует на некоторое обобщение, касающееся целого направления цифровых систем связи с приёмными устройствами на основе прямого преобразования частоты; в то же время в автореферате количественные результаты и выводы в основном касаются сигналов с квадратурной амплитудной модуляцией; возникает вопрос об обоснованности выводов.
11. из автореферата неясно, какова роль разбаланса в условиях канального кодирования, как правило, применяемого в современных системах передачи; кодирование может быть двоичным, а может быть недвоичным (Рида-Соломона).
12. в автореферате много сказано о роли фазового шума в разбалансе; в то же время известен сложный полиномиальный характер спектральной плотности, зависящий в том числе от параметров обработки сигнала (времени);

насколько оправдано с научной точки зрения применение модели фазового шума, заимствованной у конкретного синтезатора?

13. Во втором разделе приводятся значения необходимого отношения сигнал/шум на бит для влияния отдельно заданных параметров погрешностей, но нет результатов комплексного влияния этих величин на ухудшение помехоустойчивости приема.

14. В автореферате сказано, что при использовании линейной адаптивной фильтрации в сочетании с усреднением можно добиться улучшения результатов оценки разбаланса (с. 15). Однако отсутствуют количественные данные для подкрепления этого вывода.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** их высокой компетентностью, опытом исследований и наличием публикаций в соответствующей области.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

- **выявлено** влияние амплитудно-фазового разбаланса на изменение уровня помехоподавления в приемниках прямого преобразования;

- **найденны** граничные значения погрешностей квадратурного преобразования для класса сигналов с квадратурной амплитудной модуляцией, позволяющие судить о необходимости их компенсации или отсутствии таковой с учетом технологических погрешностей современной элементной базы.

- **доказана** перспективность использования метода анализа независимых компонент (АНК) применительно к решению задачи компенсации амплитудно-фазового разбаланса;

- **предложен** алгоритм компенсации амплитудно-фазового разбаланса, использующий алгоритм «АНК с фиксированным количеством итераций», который способен обеспечить компенсацию амплитудно-фазового разбаланса без использования тестовой последовательности.

**Теоретическая значимость** работы состоит в обосновании необходимости разработки метода компенсации амплитудно-фазового разбаланса, доказательстве эффективности применения алгоритма компенсации амплитудно-фазового разбаланса, основанного на методе анализа независимых компонент.

**Практическая значимость** работы заключается в выработке практических рекомендаций по применению проанализированных и предложенных автором для применения алгоритмов компенсации, в доведении до возможности реализации на современной элементной базе разработанного алгоритма компенсации амплитудно-фазового разбаланса квадратурных составляющих. Выигрыш при его использовании по энергоэффективности в сравнении с методом статистического усреднения может составлять до 1,6 дБ.

Результаты работы использованы в учебном процесса кафедры РОС, при выполнении ГБ НИР «Комплекс» и в СЧ ОКР «УКЛ», выполненный в ООО «Радиокомп».

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается корректностью применения математического аппарата и соответствием экспериментальных данных результатам имитационного моделирования. Полученные данные обсуждались со специалистами на международных научных конференциях.

**Личный вклад соискателя** состоит в проведении теоретических исследований, постановке задачи на разработку модели, непосредственно разработке имитационной модели, проведении компьютерных экспериментов и реализации предложенного алгоритма, анализе результатов и формировании выводов.

В диссертации содержится решение научно-технической задачи повышения помехоустойчивости приемников прямого преобразования, за счет компенсации амплитудно-фазового разбаланса и сдвига постоянной составляющей с применением исследованных в работе алгоритмов.

На заседании 27 июня 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Хасьяновой Е. Р. ученую степень кандидата технических наук. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 20, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель

диссертационного совета

Артем Сергеевич Аджемов

Ученый секретарь

диссертационного совета

Максим Валерьевич Терешонок



Заключение совета составлено 27 июня 2019 г.