

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО
РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ
КОММУНИКАЦИЙ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ордена Трудового Красного Знамени
федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ СВЯЗИ И
ИНФОРМАТИКИ»
(МТУСИ)



MINISTRY OF DIGITAL
DEVELOPMENT,
COMMUNICATIONS
AND MASS MEDIA OF
THE RUSSIAN FEDERATION

MOSCOW TECHNICAL
UNIVERSITY
OF COMMUNICATIONS
AND INFORMATICS
(MTUCI)

ул. Авиамоторная, д. 8а, Москва, 111024,
www.mtuci.ru; мтуси.рф; e-mail: kanc@mtuci.ru
Телефон (495) 957-77-31; факс (495) 957-77-36

ОГРН 1027700117191; ИНН/КПП 7722000820/772201001; ОКПО 01179952;
ОКВЭД 85.22, 46.19, 58.19, 61.10, 68.32, 72.19, 85.21, 85.23, 85.42.9, 71.20, 33.13, 26.60 ; ОКТМО 45388000

УТВЕРЖДАЮ

_____ 20 _____ № _____

На № _____ от _____

Ректор МТУСИ

« техн. наук, доцент

С.Д. Ерохин



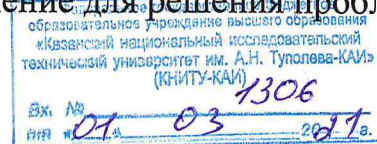
» 02 _____ 2021

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу **Овчинникова Владимира Викторовича** на тему «Адаптивное эквалайзирование сигналов с быстрой ППРЧ для преодоления дисперсионных искажений и повышения скрытности широкополосной КВ связи», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

Актуальность темы исследования

В настоящее время в стране существует достаточно большое число пользователей коротковолновой связи: МЧС; предприятия - разработчики систем связи; Росгидромет; организации, участвующие в освоении Арктики; авиа и морская связь; добывающие и энергетические отрасли. Кроме того, дальняя беспроводная связь играет решающее значение для решения проблем



связанности обширной территории России. Такая связь является дешевой, быстро разворачиваемой и мобильной, что определяет её основные преимущества перед другими видами связи.

Однако, системы ближней (NVIS) тактической и дальней стратегической КВ связи работают в одном из самых сложных радиоканалов – ионосферном из-за множества негативных эффектов, включая частотную дисперсию, межмодовую и внутримодовую многолучевость, временную изменчивость среды распространения. Считается, что по этой причине связь обладает недостаточной надежностью и эффективностью. Однако, в настоящее время возможности КВ связи существенно расширяются, благодаря широкому применению цифровых методов синтеза и обработки сигналов.

Среди актуальных современных задач КВ связи одной из наиболее важных является создание широкополосных систем. Однако при этом требуется преодолеть негативный эффект частотной дисперсии ионосферы. Одним из способов решения этой проблемы является применение адаптивного эквалайзирования частотной дисперсии.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-технической задачи повышения эффективности функционирования и скрытности широкополосной КВ связи в системах информационного обмена с быстрой ППРЧ путём преодоления дисперсионных искажений за счёт разработки комплекса методов, алгоритмов и программ, реализующих адаптивное SDR-эквалайзирование амплитудно-фазовой частотной дисперсии.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 159 наименований и приложений. Она изложена на 159 страницах машинописного текста, приведено 53 рисунка и 9 таблиц.

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 27 работах, в том числе: 4 – в журналах, рекомендованных ВАК, 13 – в

изданиях, индексируемых международными базами цитирования, 6 – в изданиях, индексируемых РИНЦ, 4 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Структура диссертации обеспечивает последовательное изложение проделанной работы и выделяет ее основные результаты. Содержание методически правильно и достаточно полно раскрывает решение поставленных научных задач. Оформление работы соответствует установленным нормам. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Научная новизна полученных результатов

Научная новизна полученных результатов заключается в том, что:

1. Разработанный метод и реализующий его алгоритм адаптивного SDR-эквалайзирования для компенсации амплитудно-фазовой частотной дисперсии в канале связи при работе системы информационного обмена с широкополосной быстрой ППРЧ, отличаются примененным методом описания дисперсионной характеристики и предусматривают одновременный учёт дрожания фазы элементов сигнала с ППРЧ и вариаций АЧХ во всей полосе широкополосного канала.

2. Разработанный метод и реализующий его алгоритм режима обучения SDR-эквалайзера, отличаются используемыми моделью и методом получения отсчётов частотной характеристики широкополосного канала связи.

3. В разработанном методе и реализующем его алгоритме фильтрации помех и шумов в парциальных каналах при приёме широкополосных сигналов, предложена оригинальная последовательность осуществления операций обработки данных, включая впервые применённый для решения задачи тестирования широкополосных радиоканалов метод CFAR.

4. Создана, математически обоснована и апробирована физическая модель широкополосного связного КВ сигнала с быстрой ППРЧ, путем применения непрерывного LFMCW сигнала. Предложено при приёме

информации применять парциальный анализ примыкающих элементов непрерывного модельного сигнала.

5. Экспериментально на реальной КВ радиотрассе протяжённостью 2600 км доказана эффективность разработанных методов и алгоритмов для решения задачи эквалайзирования сигнала с широкополосной быстрой ППРЧ.

6. Впервые установлены характеристики широкополосных каналов с дисперсией из диапазонов одномодового распространения (ДОР). Получены новые данные о характеристиках ДОР на среднеширотной радиолинии протяжённостью 2600 км. На основе полученных данных в работе выявлены оптимальные параметры SDR-эквалайзера.

7. Впервые на основе экспериментальных данных в работе получены диапазоны увеличения скрытности ионосферной широкополосной КВ связи с быстрой ППРЧ при коррекции дисперсии.

Достоверность и обоснованность полученных результатов

Степень достоверности полученных результатов, выводов и рекомендаций обеспечивается использованием адекватного математического аппарата, статистически достаточным набором экспериментальных данных, соответствием результатов, полученных путем аналитического и экспериментального моделирования, результатам экспериментальных исследований, выполненных в рамках данной работы, а также проверкой на соответствие независимым выводам других авторов; повторяемостью результатов на больших объемах экспериментальных данных. Основные положения и результаты диссертационной работы были представлены и обсуждались на научно-технических конференциях и симпозиумах всероссийского и международного уровней.

Теоретическая и практическая значимость результатов, полученных автором диссертации

Теоретическая значимость результатов заключается в разработке и научном обосновании комплекса методов и реализующих их алгоритмов, обеспечивающих адаптивный режим работы системы коррекции амплитудно-фазовой частотной дисперсии в широкополосных ионосферных каналах КВ связи и позволяющих существенно расширить полосу неискаженной передачи значениями больше полосы когерентности канала применительно к связи широкополосными сигналами с быстрой ППРЧ для повышения эффективности функционирования и скрытности в целях обеспечения информационной безопасности. В разработке физической модели широкополосного связного КВ сигнала с быстрой ППРЧ на основе сигнала типа LFMCW, которая позволила осуществлять тестирование широкополосного канала с целью получения для него комплексных отсчётов ЧХ.

Практическая значимость работы заключается в создании программно-аппаратного комплекса тестовой установки SDR-эквалайзера, обеспечивающего адаптивную коррекцию амплитудно-фазовой частотной дисперсии в широкополосном канале КВ связи, с возможностью совмещения комплекса с системой связи.

В экспериментах по верификации разработанных методов и алгоритмов адаптивной коррекции амплитудно-фазовой частотной дисперсии в широкополосных КВ каналах установлено, что:

- применение адаптивного SDR-эквалайзирования приводит к уменьшению длительности ИХ канала до значений ~ 1 мкс, соответствующих случаю отсутствия дисперсии в ионосферном КВ канале с полосой пропускания 1 МГц;

- потери от обратной фильтрации в широкополосном канале 1 МГц с величиной вариаций АЧХ до 20 дБ составили 5 дБ;

- при скорости передачи информации 100 бит/с и полосе носителя 1 МГц, диапазон увеличения скрытности системы связи с широкополосной ППРЧ составит 35 дБ, при условии совпадения мощности и длительности бита, переносимого радиосигналом с информационной полосой и с расширенной;

- экспериментальное определение закона дополнительной модуляции широкополосного сигнала диспергирующей средой позволяет дополнительно повысить структурную скрытность системы информационного обмена.

Результаты, полученные автором, использованы при выполнении: проектной части государственного задания Минобрнауки России на тему «Теория и методы диагностики и компенсации нелинейной частотной дисперсии радиоканалов для повышения помехоустойчивости и скорости передачи информации в системах сверхширокополосной когнитивной декаметровый связи», проекта по гранту Российского научного фонда на тему «Развитие концептуальных и теоретических основ устойчивой работы систем широкополосной и сверхширокополосной КВ связи в условиях нормальной и аномальной дисперсии ионосферного канала с учётом солитонного режима распространения», а также внедрены в учебный процесс в Поволжском государственном технологическом университете при подготовке обучающихся по направлению «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», что подтверждается полученными актами.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Разработанные в диссертации новые методы, алгоритмы и программы, реализующие адаптивное SDR-эквалайзирование амплитудно-фазовой частотной дисперсии, работоспособность которых верифицирована натурными экспериментами на реальной КВ радиолинии, могут быть использованы при разработке новых радиотехнических систем различного назначения.

Замечания по диссертационной работе

По представленной диссертационной работе имеются замечания:

1. В 1 главе автор недостаточно конкретно описал особенности технологии программно-конфигурируемого радио в задаче совмещения создаваемого комплекса с системой декаметрового радиосвязи.

2. В главе 2 приводится методика режима обучения SDR-эквалайзера для обеспечения его адаптивности к изменяющимся параметрам канала. При этом недостаточно обоснованы факторы влияющие на период актуализации (обучения).

3. В главе 3 на рисунках 3.4 и 3.5 по оси значений сигнала указана «Мощность, дБ», однако, из-за применения в работе комплексного алгоритма обнаружения сигнала (рис. 3.6) на этапе медианного эквалайзирования получаются отсчеты «С/Ш, дБ». Хотелось бы уточнить в чем причина данного недостатка.

4. В работе показано что адаптивный SDR-эквалайзер содержит набор полосовых фильтров, настроенных на каждый парциальный подканал. Однако из работы не понятен алгоритм его реализации.

5. В тексте диссертации говорится о возможном дополнительном повышении "структурной скрытности" при работе в широкополосном канале с частотной дисперсией. Этот эффект является новым и важным для практики. Однако представленное описание алгоритма и его реализации не дает полного представления по данному вопросу.

6. В работе корректирующие коэффициенты SDR-эквалайзера для его обучения рассчитываются на основе экспериментально измеренной комплексной частотной характеристики канала, которая неизбежно будет содержать погрешности. Это означает, что коррекция принимаемого широкополосного связного сигнала не будет полной.

7. К замечаниям общего характера следует отнести:

- На оси графика ФЧХ, изображённого на рис. 1.4 (стр. 31) отсутствуют единицы измерения;

- в выражении для безразмерной величины амплитуды ИХ на стр. 30 и в формуле (4.10) на стр. 128 не указано основание логарифма.

Необходимо отметить, что представленные замечания не снижают научную новизну, теоретическую и практическую значимость результатов диссертационной работы.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности

Диссертация Овчинникова Владимира Викторовича на тему «Адаптивное эквалайзирование сигналов с быстрой ППРЧ для преодоления дисперсионных искажений и повышения скрытности широкополосной КВ связи» соответствует паспорту специальности 05.12.13 – Системы сети и устройства телекоммуникаций по следующим пунктам: № 1 «Исследование новых физических процессов и явлений, позволяющих повысить эффективность работы сетей, систем и устройств телекоммуникаций»; № 2 «Исследование процессов генерации, представления, передачи, хранения и отображения аналоговой, цифровой, видео-, аудио- и мультимедиа информации; разработка рекомендаций по совершенствованию и созданию новых соответствующих алгоритмов и процедур»; № 10 «Исследование и разработка новых методов защиты информации и обеспечение информационной безопасности в сетях, системах и устройствах телекоммуникаций»; № 11 «Разработка научно-технических основ технологии создания сетей, систем и устройств телекоммуникаций и обеспечения их эффективного функционирования».

Заключение по диссертационной работе

В целом, диссертация Овчинникова В.В. представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему. Выводы и рекомендации обладают достаточной обоснованностью, а результаты – достоверностью.

На наш взгляд, работа соответствует пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», определяющих характер работы. То есть в диссертации Овчинникова В.В. изложены новые научно обоснованные технические решения, имеющих существенное значение для развития страны.

Диссертационная работа Овчинникова В.В. «Адаптивное эквалайзирование сигналов с быстрой ППРЧ для преодоления дисперсионных искажений и повышения скрытности широкополосной КВ связи» отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а её автор Овчинников Владимир Викторович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Материалы диссертации и отзыв на неё заслушаны и обсуждены на НТС МТУСИ, протокол № 3 от 11 февраля 2021 г.

Отзыв составлен:

Кандидат технических наук, доцент,
Лобов Евгений Михайлович,
доцент кафедры «Радиотехнические системы»,
ордена Трудового Красного Знамени
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения
«Московский технический университет связи и информатики»

Сведения о ведущей организации
Наименование: ордена Трудового Красного Знамени
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский технический университет связи и информатики»
Юридический адрес: 111024, г. Москва, улица Авиамоторная, 8а
Телефон: +7(495)957-79-17, +7(495)673-51-39
E-mail: mtuci@mtuci.ru