



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ РАДИО
(ФГУП НИИР)

Казакова ул., д. 16, Москва, 105064
Телефон: (499) 261 36 94, для справок: (499) 261 63 70,
Факс: (499) 261 00 90, E-mail: info@niir.ru
<http://www.niir.ru>
ОКПО 01181481, ОГРН 1027700120766
ИНН/КПП 7709025230/997750001

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор ФГУП НИИР, д.т.н.

В.В. Бутенко

2018 г.

« 26 / 10 »

№ _____

На № _____

от _____

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного унитарного предприятия «Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт радио» на диссертацию Наталии Евгеньевны Мирошниковой на тему «Исследование методов построения слепых эквалайзеров для систем когнитивной ионосферной радиосвязи», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

1. Актуальность темы исследования

К настоящему времени назрел вопрос о построении оснащенной единой государственной автоматизированной адаптивной сети ионосферной КВ радиосвязи как резервной (а порой и основной) стратегической системы двойного назначения, обеспечивающей как необходимый уровень информационной безопасности, так и организацию связи для своевременного оповещения в случае чрезвычайных ситуаций. Такая сеть может быть построена с использованием технологии когнитивного радио. Ионосферный канал связи является нестационарным, характеризуется многолучевостью и глубокими замираниями, и как следствие, высоким уровнем межсимвольной интерференции (МСИ). Для обеспечения надежности, оперативности и достоверности связи по стохастическим ионосферным каналам, требуется решить задачу разработки и совершенствования способов автоматического установления и адаптивного ведения связи. Для успешного восстановления сигнала, переданного через многолучевой канал, требуется коррекция искажений вызванных МСИ. Качество восстановления сигналов будет влиять на качество работы управляющих блоков когнитивной системы. Таким образом, для решения задачи управления параметрами радиосвязи в зависимости от состояния нестационарного ионосферного канала с применением методов когнитивного радио, в первую очередь, необходимо на физическом уровне сети решить вопросы идентификации канала и построения адаптивного эквалайзера.

Всего: № 140/18
29.10.18

В настоящее время в ионосферных системах связи используются эквалайзеры, чей алгоритм работы основан на критерии минимума среднеквадратической ошибки. Данные методы предполагают использование в сигнале псевдослучайной тестовой последовательности для оценки канала и «тренировки» эквалайзера. Для ионосферных систем связи, эта тестовая последовательность может занимать от 20 до 50 % передаваемого кадра в зависимости от выбранной скорости передачи, что существенно ограничивает информационную скорость. Кроме того, при смене условий в канале, требуется время на перенастройку на новый формат кадра. Таким образом, актуальной становится задача поиска новых методов построения эквалайзеров для реализации когнитивных ионосферных систем связи. Одним из перспективных подходов к построению когнитивных систем является использование на физическом уровне так называемых методов «слепой» обработки сигналов. Использование в приемнике «слепого» эквалайзера позволяет отказаться от передачи тренировочной последовательности для идентификации канала и подстройки эквалайзера, тем самым увеличить информационную скорость передачи и построить систему, способную работать без априорного знания параметров передаваемых сигналов в условиях нестационарного канала передачи, что является ключевым условием для когнитивных систем.

2. Структура и основные результаты работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения.

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель работы и решаемые задачи, указаны научная новизна и значение полученных соискателем результатов для практики, представлены сведения о структуре работы и приведены основные положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** выполнен анализ состояния современных адаптивных систем ионосферной радиосвязи и уровня развития концепции когнитивного радио. Рассмотрены вопросы развития адаптивных ионосферных систем в России и алгоритмы функционирования адаптивных радиолиний, предусмотренные зарубежными стандартами, а также рекомендации МСЭ-Р по работе адаптивных систем ионосферной связи. Определено понятие «когнитивности» и рассмотрены основные особенности когнитивных систем радиосвязи. Определена структура когнитивного радиоустройства. Выполнен анализ возможностей улучшения адаптивных систем ионосферной радиосвязи за счет применения концепции когнитивного радио, в том числе посредством мониторинга спектра и повышения эффективности синхронизации в когнитивных системах.

Во **второй главе** проведен анализ методов построения слепых эквалайзеров и анализ эффективности их использования в приемных устройствах когнитивных систем ионосферной радиосвязи в свете постановки задачи построения «слепого» эквалайзера. Рассмотрены методы построения «слепых» эквалайзеров посредством математических моделей на основе критерия делимости: с использованием алгоритма «постоянного модуля», методов основанных на вычислении кумулянтов высокого порядка, энтропийных методов. Выполнен анализ методов «слепого» разделения сигналов: AMUSE, SOBI, JADE, EFICA и их связи с методами построения «слепых» эквалайзеров, а также сравнительный анализ методов построения «сле-

пых» эквалайзеров: методов взаимных отношений, максимального правдоподобия, канального подпространства.

В **третьей главе** решена задача разработки метода построения адаптивного «слепого» эквалайзера для когнитивных систем ионосферной связи. Определена целевая функция, обоснованы вид её нелинейности и способ оптимизации. Разработан и сформулирован метод, оптимизирующий построение адаптивного «слепого» эквалайзера для когнитивных систем ионосферной связи. Выполнен анализ его рабочих характеристик.

В **четвертой главе** выполнен анализ эффективности разработанного метода построения «слепого» эквалайзера на основе имитационного моделирования с использованием имитатора ионосферного канала. Приведена структурная схема имитационной модели, включая модель канала. Приведены результаты работы моделируемого алгоритма, верифицированные результатами проверки его работы на реальном радиоканале.

В **заключении** сформулированы основные научные и практические результаты диссертационной работы, рекомендации по их использованию и перспективные направления дальнейшей разработки темы исследования.

3. Научная новизна диссертационной работы состоит в развитии методов построения «слепых» эквалайзеров для когнитивных систем ионосферной радиосвязи. Разработанный метод построения эквалайзера основан на математическом аппарате «слепого» разделения сигналов, который ранее не применялся в данной области. Адаптивный эквалайзер, построенный с использованием разработанного метода и алгоритма, отличается от существующих возможностью работы без передачи тренировочной последовательности в условиях нестационарного ионосферного канала и априорной неопределенности параметров полезных сигналов, что позволяет повысить скорость передачи на 10-50% и увеличить доступность ионосферных каналов связи. Теоретическая значимость работы состоит в сформулированных требованиях к структуре «слепого» эквалайзера и к методу его построения для когнитивных систем ионосферной радиосвязи. Разработанный метод построения «слепого» эквалайзера позволяет работать в условиях нестационарного ионосферного канала и априорной неопределенности параметров полезных сигналов.

4. Практическая ценность результатов диссертационной работы не вызывает сомнений и заключается в том, что разработанный в диссертации метод позволяет:

- повысить скорость передачи в каналах ионосферной декаметровый радиосвязи за счет отсутствия передачи тренировочной последовательности от 10 до 50 %;
- работать в условиях априорной неопределённости параметров принимаемых сигналов;
- организовать устойчивую работу алгоритмов управления параметрами радиосвязи, требуемую в когнитивных системах связи.

5. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается корректностью применения математического аппарата и согласованностью результатов, полученных с помощью разработанных методик, с результатами теоретического

анализа и имитационного моделирования. Полученные результаты обсуждались со специалистами на научных конференциях.

6. Личный вклад автора

Все выносимые на защиту результаты и положения, составляющие основное содержание диссертационной работы, разработаны и получены автором лично.

7. Соответствие работы заявленной специальности

Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

8. Апробация результатов работы

Уровень апробации результатов диссертационной работы на международных и всероссийских конференциях, а также их опубликования в отечественных периодических научных изданиях представляется вполне достаточным и удовлетворяет требованиям положения о присуждении ученых степеней. Материалы диссертационной работы доложены и одобрены на 7 международных отраслевых научно-технических конференциях. Основные научные результаты диссертации опубликованы в 7-ми статьях в рецензируемых журналах, входящих в Перечень ВАК, в тезисах докладов 5-ти научных конференций и 2-х отчетах по ГБ НИР ПВШ. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

9. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Основные положения, результаты и выводы диссертационной работы рекомендуется использовать при разработке приемных устройств ионосферных систем радиосвязи.

10. Замечания по диссертационной работе

К замечаниям диссертационной работы следует отнести:

- отсутствует сравнение «слепого» эквалайзера и технологии OFDM с точки зрения эффективности их применения для борьбы с межсимвольной интерференцией;
- объем описания натурных испытаний в разделе 4 недостаточен; в частности, не указано, на каких трассах производились испытания;
- не приведен анализ вычислительной сложности разработанного алгоритма работы «слепого» эквалайзера.

11. Общее заключение по работе

Перечисленные замечания не снижают общую положительную оценку выполненного диссертационного исследования. Работа изложена на высоком научном уровне.

Автореферат диссертации адекватно отражает содержание исследования, четко формулирует его основные положения и выводы.

Диссертационная работа полностью удовлетворяет требованиям ВАК при Минобрнауки России, предъявляемым к квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук и соответствует пункту 8 паспорта спе-

специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций. Автор диссертации, Мирошникова Наталия Евгеньевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Отзыв подготовили:

Юдин Вячеслав Викторович, доктор технических наук, профессор, 05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии», начальник лаборатории, Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт радио» (ФГУП НИИР), Самарский филиал (филиал ФГУП НИИР – СониИР), Россия, 443011, г. Самара, ул. Советской армии, 217, тел.: +7 (846) 933-86-17, e-mail: uvv@soniir.ru.

Маслов Евгений Николаевич, кандидат технических наук, 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций», ученый секретарь НТС филиала, Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт радио» (ФГУП НИИР), Самарский филиал (филиал ФГУП НИИР – СониИР), Россия, 443011, г. Самара, ул. Советской армии, 217, тел.: +7 (846) 926-21-90, e-mail: maslov@soniir.ru.

Диссертация, автореферат и отзыв на диссертацию обсуждены на заседании научно-технического совета Самарского филиала ФГУП НИИР – СониИР (протокол заседания НТС № 9/18 от 23 октября 2018 г.).

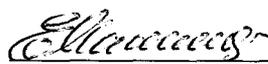
Начальник лаборатории филиала

ФГУП НИИР – СониИР, д.т.н., профессор

 /В.В. Юдин/
«23» 10 2018 г.

Ученый секретарь НТС филиала

ФГУП НИИР – СониИР, к.т.н.

 /Е.Н. Маслов/
«23» октября 2018 г.

Подписи В.В. Юдина, Е.Н. Маслова заверяю.

Директор службы персонала ФГУП НИИР

 /В.А. Тютюнова/
«26» октября 2018 г.