

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Никульского Игоря Евгеньевича

на диссертацию Рыбакова Алексея Игоревича

«Исследование и разработка конфигурации эквалайзера с варьируемой длиной преамбулы для систем дальнемагистральной связи декаметрового диапазона», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Актуальность темы диссертации.

Вопросы построения систем передачи дискретных сообщений по каналам дальнемагистральной связи декаметрового (коротковолнового-КВ) диапазона не теряют своей актуальности в течение ряда последних десятилетий. Это обусловлено прежде всего тем, что Россия является страной, где часто необходимо строить радиолинии перекрывающие расстояния во много тысяч километров в районах где отсутствует покрытие сетей мобильной и фиксированной связи – в Арктике, на Дальнем Севере, в Сибири, на Сев. мор. пути и в других удаленных регионах нашей огромной страны. В этих условиях применение спутниковых систем часто вызывает экономические затруднения, а КВ связь является единственным применимым видом связи.

Кроме этого данный вид связи предусматривается в качестве резервного и в условиях применения мобильных, оптических и других современных информационно-телекоммуникационных систем и технологий.

Исходя из этого особую актуальность в последние годы приобретают вопросы разработки помехоустойчивых узкополосных сигнально-кодовых конструкций, новых цифровых методов построения приемных и задающих устройств КВ-радиолиний, компьютерных средств и систем передачи дискретных сообщений, часто называемых устройствами цифровой

радиосвязи, методов цифровой передачи и обработки сигналов в условиях сильных помех, замираний, многолучевости распространения и ряда других факторов присущих дальнемагистральной КВ связи.

Поскольку диссертационная работа Рыбакова Алексея Игоревича на тему «Исследование и разработка конфигурации эквалайзера с варьируемой длиной преамбулы для систем дальнемагистральной связи декаметрового диапазона» посвящена разрешению именно этих вопросов, актуальность её темы не вызывает сомнений.

Оценка содержания диссертации.

Диссертация Рыбакова Алексея Игоревича состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и двух приложений. Работа содержит 148 страницы без учета приложений, 58 рисунков и 12 таблиц.

Глава 1 посвящена анализу физических и математических моделей ионосферного радиоканала, а также обзору методов повышения помехоустойчивости систем дальнемагистральной связи в декаметровом диапазоне (ДКМ). В ходе исследования рассматриваются ключевые рабочие параметры, используемые на практике для описания помехоустойчивости ДКМ радиолиний. Обсуждаются возможности уточнения физической модели, которая лежит в основе поведения этих параметров, что приводит к улучшению помехоустойчивости радиолиний для различных сценариев организации сеансов связи. Анализ состояния проблемы показывает, что существующие модели и методы для повышения помехоустойчивости учитывают частные параметры, такие как критическая частота и доплеровский сдвиг. Однако по сей день не были предложены методики, которые комплексно учитывали бы эти параметры для каждого слоя ионосферы с заданным отношением сигнал/шум в ДКМ радиолиниях. Отдельный учет параметров бывает неэффективным и может приводить только к приближенным расчетам поля в точке приема. В отличие от этого,

комплексный учет позволяет более гибко адаптироваться к изменяющимся условиям передачи радиосигнала.

Глава 2 сосредоточена на разработке методологии расчета напряженности поля в точке приема для радиотрассы системы дальнемагистральной связи ДКМ диапазона. В ней учитывается комплекс параметров, включая критическую частоту, доплеровский сдвиг для каждого слоя ионосферы и заданное для сеанса связи отношение сигнал/шум.

В **Главе 3** представлено описание разработки конфигурационных файлов настройки эквалайзера с варьируемой длиной преамбулы. Учитывается соотношение размеров информационного сообщения и преамбулы с целью достижения заданной помехоустойчивости в ходе сеанса связи. Приводятся результаты моделирования эквалайзера с использованием комплексной модели ДКМ радиолинии в условиях аддитивного белого гауссовского шума (АБГШ) и рэлеевских замираний. Такой подход к моделированию позволяет эффективно решать задачи, связанные с повышением помехоустойчивости и адаптацией систем дальнемагистральной связи к изменяющимся условиям реального времени.

В **четвертой главе** представлены результаты экспериментальной апробации комплексной радиолинии дальнемагистральной связи в декаметровом диапазоне (ДКМ) и приемного эквалайзера с конфигурационными файлами настройки, использующими варьируемую длину преамбулы. Эксперименты показали возможность работы при отношении сигнал/шум от 14 дБ с вероятностью ошибки не более 10^{-3} .

После проведения моделирования и установления максимально необходимой длины преамбулы, описывается натурный эксперимент, который состоялся 28 ноября 2023 года между двумя стационарными позициями в Санкт-Петербурге и Иркутске на расстоянии 4450 км. Ионосферное распространение радиоволн с двумя точками отражения предоставило возможности для анализа реальных условий передачи сигналов на больших расстояниях. Для эксперимента был выбран сигнал с 4-позиционной фазовой

манипуляцией (QPSK) с параметрами, включающими скорость передачи данных 800 бит/с, длительность сигнала 5 секунд и частоту дискретизации 8000 Гц.

Научная новизна.

В диссертационной работе получены следующие новые научные результаты:

1. Разработанная расчетная модель радиотрассы системы дальнемагистральной связи ДКМ диапазона, которая в отличие от известных моделей учитывает комплекс параметров, включающий задаваемое для данного сеанса связи отношение сигнал/шум в ДКМ радиолинии, пересчитанные значения критических частот по прогнозам концентрации электронов, полученных из радиопрогнозов IRI (International Reference Ionosphere), а также доплеровский сдвиг для каждого слоя ионосферы.
2. Разработанные конфигурационные файлы настройки эквалайзера впервые учитывают соотношение размера информационного сообщения к размеру преамбулы для заданной в сеансе связи помехоустойчивости.
3. Экспериментальная апробация комплексной модели ДКМ радиолинии и приемного эквалайзера с конфигурационными файлами настройки и варьируемой длиной преамбулы впервые показала возможность работы при отношении сигнал-шум от 14 дБ с вероятностью ошибки не более 10^{-3} без предварительного зондирования ионосферы.

Теоретическая и практическая значимость.

Теоретическая значимость работы заключается в совершенствовании расчетных моделей радиотрасс систем дальнемагистральной связи ДКМ диапазона, учитывающих комплекс параметров, включающий критическую частоту и доплеровский сдвиг для каждого слоя ионосферы. Самостоятельную теоретическую значимость имеет научное обоснование варьирования длины преамбулы, как средства настройки эквалайзера в заданном сценарии помехоустойчивости.

Практическая значимость работы заключается в повышении точности расчета напряженности поля в точке приема с учетом задаваемого для

данного сеанса связи отношения сигнал/шум в ДКМ радиолинии. Самостоятельную практическую ценность имеет подтверждение возможности работы ДКМ радиолинии при отношении сигнал/шум от 14 дБ с вероятностью ошибки 10^{-3} без предварительного зондирования ионосферы для сеансов связи продолжительностью несколько часов.

Совокупность полученных результатов позволяет говорить о решении комплексной научной задачи разработки, реализации и экспериментальной апробации приемного эквалайзера с конфигурационными файлами настройки и варьируемой длиной преамбулы в заданном сценарии помехоустойчивости для сеансов связи продолжительностью несколько часов.

Результаты исследования внедрены в комплексной системе информационного обеспечения безопасности судоходства Северного морского пути с использованием каналов метеорной связи (СЧ ОКР «Болид») на предприятии АО Научно-производственное предприятие «Авиационная и Морская Электроника». Также результаты исследования внедрены в учебном процессе в Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича по направлению 11.05.04 – «Инфокоммуникационные технологии и системы специальной связи», профиль «Системы радиосвязи специального назначения» при изучении дисциплины «Радиоприемные устройства».

Степень достоверности и обоснованности научных положений и выводов, сформулированных в диссертации.

Степень достоверности и апробация результатов подтверждается корректным применением математического аппарата, используемых допущений и ограничений, непротиворечивостью результатов известным исследованиям, соответствием применяемых моделей физическим процессам в системах дальнемагистральной связи ДКМ диапазона, результатами имитационного моделирования и натурных испытаний экспериментальной апробации, широким спектром публикаций и выступлений на российских и международных конференциях.

Полученные результаты диссертационной работы **доклаживались и обсуждались** со специалистами на Всероссийских и Международных конференциях по проблемам развития систем радиосвязи и обработке сигналов: Международной конференции «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании» 2015-2024 гг., Научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников и аспирантов «НТК ППС» (2025 г.), на Всероссийской научно-технической и научно-методической конференции магистрантов и их руководителей «Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики» (ПКМ-2024), на Научном форуме с международным участием «Неделя науки СПбПУ» (2016 г.), на Научно-технических конференциях: “Приоритетные направления развития науки и технологий” (2016 г.), Systems of Signal Synchronization Generating and Processing in Telecommunications - SYNCHROINFO 2018 (2018 г.), «2025 Systems of signals generating and processing in the field of on board communications» - ONBOARD 2025; на 80-й Научно-технической конференции СПб НТО РЭС им. А.С. Попова, посвященной Дню радио (2025 г.).

Публикации по теме диссертации. Основные результаты диссертации изложены в 32 работах; из них 7 работ опубликованы в журналах из перечня ВАК Минобрнауки РФ; 3 работы опубликованы в трудах, индексируемых в Scopus, выполнена государственная регистрация 1 программы для ЭВМ.

Качество оформления диссертации.

Диссертационная работа оформлена в полном соответствии с ГОСТ Р 7.0.11—2011. Выдержан научный стиль повествования.

Замечания по содержанию работы.

По содержанию представленной работы могут быть сформулированы следующие замечания:

1. Сформулированная автором цель и поставленные задачи диссертационного исследования шире, чем заявленная тема диссертации. Повышение помехоустойчивости может быть достигнуто и другими способами, которым автор уделил недостаточно внимания.

2. Вводная часть, содержащая обоснование актуальности темы, излишне развёрнута и при этом не включает ясные определения и формулировки понятий, что затрудняет понимание условий решения поставленных задач и требований к результатам. Например, на многие ключевые вопросы можно получить ответ только после изучения основного текста работы.
3. На С.17 работы приводится утверждение о том, что в ситуациях возникновения коррелированных пакетных ошибок, воздействующих как на прямой, так и на обратный каналы, система с ИОС проявляет более высокую степень устойчивости к искажениям и помехам, однако при этом не упоминается, что система с ретрансляционной обратной связью не исправляет зеркальные ошибки, возникающие в каналах.
4. В тексте диссертации встречаются стилистические и терминологические шероховатости, на С.5, С.17, С19 и других.

Общее заключение.

Диссертация Рыбакова Алексея Игоревича «Исследование и разработка конфигурации эквалайзера с варьiruемой длиной преамбулы для систем дальнемагистральной связи декаметрового диапазона» является законченной научно-квалификационной работой. Диссертационная работа соответствует пунктам специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения (пункты паспорта специальности: 1, 2, 3, 13).

В диссертации решена научно-техническая задача, имеющая важное значение для информационно-телекоммуникационной отрасли, а именно – исследована и разработана конфигурация эквалайзера с варьiruемой длиной преамбулы для систем дальнемагистральной связи декаметрового диапазона. Диссертация отвечает критериям, изложенным в п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в ред. от 11.09.2021г.).

Автореферат адекватно отражает основное содержание диссертационной работы.

Несмотря на отмеченные выше замечания, диссертационная работа «Исследование и разработка конфигурации эквалайзера с варьируемой длиной преамбулы для систем дальнемагистральной связи декаметрового диапазона» оценивается положительно, а ее автор – Рыбаков Алексей Игоревич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Официальный оппонент:

главный специалист отдела 133, зам. главного конструктора,

доктор технических наук, старший научный сотрудник

 Игорь Евгеньевич Никульский 14. 11. 2025г.

Подпись И.Е.Никульского заверяю: Начальник отдела кадров
ПАО «ЦНПО Ленинец»

 Приходько Е.А.

« 17 » ноября 2025г.

Сведения об организации:

Наименование: Публичное акционерное общество «Центральное научно-производственное объединение «Ленинец».

Юридический адрес: 196066, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр. д. 212, лит. А, Холдинговая компания «Ленинец», тел. (812) 6109848, факс: (812)610-98-42, адрес электронной почты: office@npo-leninetz.ru, адрес сайта: www.npo-leninetz.ru.