

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

Рашича Андрея Валерьевича

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 исследования.**

Диссертация Рыбакова Алексея Игоревича на тему «Исследование и разработка конфигурации эквалайзера с варьируемой длиной преамбулы для систем дальнемагистральной связи декаметрового диапазона» посвящена повышению помехоустойчивости систем дальнемагистральной связи в декаметровом диапазоне (ДКМ) посредством разработки, программной реализации и экспериментальной апробации конфигурационных файлов настройки эквалайзера для сеанса связи с заданным отношением сигнал/шум.

Повышение помехоустойчивости ДКМ радиолиний осложняется постоянно изменяющимися параметрами ионосферного радиоканала в рамках конкретного сеанса связи. Современные усилия по совершенствованию дальнемагистральной связи ДКМ диапазона ориентированы на динамическую организацию радиолиний ионосферного канала и включают переключение радиочастот и параметров модуляции, зависящих от анализа текущей радиоэлектронной обстановки. Актуальность работы Рыбакова Алексея Игоревича обусловлена тем, что дальнемагистральная связь декаметрового диапазона в настоящее время широко используется в труднодоступной местности в Российской Федерации, а также продолжает совершенствоваться по пути поиска научно-обоснованной настройки конфигурации приемопередающего

тракта к постоянно изменяющимся параметрам ионосферного радиоканала в отдельном сеансе связи.

### **Оценка содержания диссертации.**

В диссертации содержится введение, четыре основных раздела, заключение, список сокращений и условных обозначений, библиографический список и два приложения; всего 148 страниц.

**В разделе 1** приводится обзор методов повышения помехоустойчивости систем дальнемагистральной связи в декаметровом диапазоне (ДКМ), рассматриваются рабочие параметры, используемые для описания помехоустойчивости ДКМ радиолиний. Систематизируются пути совершенствования математической модели на основе физических явлений в коротковолновых линиях радиосвязи. В разделе показано, что существующие модели и методы для повышения помехоустойчивости учитывают только частные параметры, такие как критическая частота и доплеровский сдвиг, но не содержат их комплексного учета для каждого слоя ионосферы с заданным отношением сигнал/шум. На основе этого обоснована научная задача и последующие разделы диссертации.

**В разделе 2** разработана методология расчета напряженности поля в точке приема для радиотрассы системы дальнемагистральной связи ДКМ диапазона, учитывающая комплекс параметров, включая критическую частоту, доплеровский сдвиг для каждого слоя ионосферы и заданное для сеанса связи отношение сигнал/шум. На основе этого сформулирована задача на построение имитационной модели.

**В разделе 3** формализован порядок разработки конфигурационных файлов настройки эквалайзера с варьируемой длиной преамбулы с учетом соотношения размеров информационного сообщения и преамбулы для получения требуемой помехоустойчивости в заданных условиях. Результаты имитационного моделирования эквалайзера с использованием комплексной модели ДКМ радиолинии в условиях аддитивного белого гауссовского шума

(АБГШ) и рэлеевских замираний научно обосновали пути повышения помехоустойчивости посредством варьирования длины преамбулы и информационного сообщения к изменяющимся условиям реального времени в системе дальнемагистральной связи.

**В разделе 4** приведены результаты экспериментальной апробации приемного эквалайзера с конфигурационными файлами настройки, использующими варьруемую длину преамбулы. Эксперимент от 28 ноября 2023 года между двумя стационарными позициями в Санкт-Петербурге и Иркутске на расстоянии 4450 км с функционирующим в составе комплексной радиолинии дальнемагистральной связи ДКМ диапазона эквалайзером показал возможность достижения вероятности ошибки не хуже  $10^{-3}$  при отношении сигнал/шум не менее 14 дБ.

#### **Научная новизна.**

В диссертации получены следующие новые научные результаты.

1. Разработанная модель для систем дальнемагистральной связи в ДКМ диапазоне, в отличие от существующих, учитывает множество параметров, включая заданное для конкретного сеанса связи соотношение сигнал/шум, пересчитанные критические частоты на основе прогнозов концентрации электронов, полученных из радиопрогнозов IRI (International Reference Ionosphere), а также доплеровский сдвиг для каждого слоя ионосферы, что позволяет более точно определять параметры передачи в ионосферном канале.

2. Разработанные конфигурационные файлы для эквалайзера учитывают соотношение между размером информационного сообщения и длиной преамбулы, что позволяет достигать заданной помехоустойчивости в рамках сеанса связи.

3. Экспериментальная апробация созданной модели ДКМ радиолинии и эквалайзера с конфигурационными файлами и варьруемой длиной преамбулы впервые продемонстрировала возможность функционирования при



соотношении сигнал/шум от 14 дБ с вероятностью ошибки не хуже  $10^{-3}$  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 и критическую частоту и доплеровский сдвиг для каждого слоя ионосферы.

Практическая значимость работы заключается в улучшении точности расчёта напряжённости поля на приёмной стороне с учётом заданного отношения сигнал/шум для конкретного сеанса связи в ДКМ радиолинии.

Полученные результаты позволяют говорить о решении комплексной научной задачи, связанной с разработкой, реализацией и экспериментальной проверкой приемного эквалайзера с конфигурационными файлами и варьируемой длиной преамбулы в условиях заданной помехоустойчивости для длительных сеансов связи, продолжающихся несколько часов.

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

Достоверность и обоснованность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, 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.

Достоверность и обоснованность научных положений подтверждается также опубликованными 32 научными работами в ведущих отечественных и

зарубежных научных изданиях, включая 6 статей в рецензируемых журналах, включенных ВАК в перечень ведущих периодических изданий.

Также следует отметить, что результаты исследования внедрены на предприятии реального сектора экономики «Авиационная и Морская Электроника» в комплексной системе информационного обеспечения безопасности судоходства Северного морского пути с использованием каналов метеорной связи (СЧ ОКР «Болид»).

### **Качество оформления диссертации.**

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

### **Замечания по содержанию работы.**

Замечания по работе. К содержанию работы есть следующие замечания:

1. 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.

2. Выводы и рекомендации по практическому использованию полученных результатов и разработанного программного обеспечения достаточно фрагментарны и требуют уточнения для существующих и проектируемых программно-аппаратных комплексов.

3. Материалы второй главы, посвященные разработке математической модели радиоканала декаметрового диапазона, не в полной мере учитывают некоторые физические явления, которые могут проявляться в разные времена года и время суток.

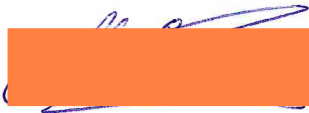
### **Общее заключение.**

Диссертация «Исследование и разработка конфигурации эквалайзера с варьируемой длиной преамбулы для систем дальнемагистральной связи

декаметрового диапазона» является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи разработки, программной реализации и экспериментальной апробации конфигурационных файлов настройки эквалайзера с варьируемой длиной преамбулы для сеанса связи с заданным отношением сигнал/шум.

Диссертационная работа «Исследование и разработка конфигурации эквалайзера с варьируемой длиной преамбулы для систем дальнемагистральной связи декаметрового диапазона» соответствует критериям, предъявляемым в отношении кандидатских диссертаций, которые установлены п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, а её автор Рыбаков Алексей Игоревич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Официальный оппонент



А.В. Рашич

25.11.2025

Кандидат технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения», ученое звание – доцент, доцент Высшей школы прикладной физики и космических технологий (ВШПФиКТ) Института электроники и телекоммуникаций Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ).

Адрес организации: 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29,  
II учебный корпус СПбПУ, к. 437

E-mail: Rashich@cee.spbstu.ru

Конт. Телефон: +7 (921) 977-04-78.

Подпись Андрея Валерьевича Рашича заверяю:

