



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР»  
(ФГБНУ «Аналитический центр»)

Талалихина ул., д. 33, стр. 4, Москва, 109316  
Тел. (495) 663-20-13, факс (495) 663-38-97.

30.04.26 № 235/26

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Отзыв официального оппонента  
на диссертацию Варламова В.О.

### ОТЗЫВ

официального оппонента Скрипачева Владимира Олеговича на диссертационную работу Варламова Владимира Олеговича «Повышение помехоустойчивости широкополосных цифровых радиолиний передачи речевой информации в диапазоне декаметровых волн», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника в том числе системы и устройства телевидения»

#### **Актуальность темы диссертационного исследования**

Задача организации цифровых широкополосных систем подвижной связи для передачи речевой информации в настоящее время является актуальной и востребованной. Декаметровый диапазон позволяет реализовать систему, в которой каждый из узлов способен поддерживать соединение на больших расстояниях за счет приема сигнала, отраженного от ионосферного слоя атмосферы Земли. Существуют широкополосные радиостанции, использующие эффект квазизенитного распространения, однако, в силу сложных условий в канале (обусловленных как дисперсионными искажениями принимаемого сигнала, так и многолучевым распространением) присутствует потенциал к улучшению характеристик существующих алгоритмов их формирования и обработки за счет учета большего числа известных свойств и статистически описанных особенностей распространения. Таким образом, задача повышения

Вход. № 27/26  
«12» 05 2026  
подпись

помехоустойчивости широкополосных цифровых радиолиний передачи речевой информации в диапазоне декаметровых волн является востребованной, а выбранное направление решения задачи, в виде синтеза алгоритмов формирования и обработки, является актуальным.

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

В диссертации автором вполне правомерно сделан вывод о необходимости синтеза алгоритмов когерентного приема, использующих априорные сведения о природе ионосферного канала и, соответственно, описывающей его математической модели. Также была справедливо отмечена необходимость учета возможности распространения радиосигнала на средних дальностях не только по ионосферному каналу, но и вдоль поверхности Земли, поскольку для этих случаев характер искажений, вносимых в канал, существенно отличается.

В результате проведенных исследований, направленных на изучение возможности повышения помехоустойчивости широкополосных цифровых радиолиний передачи речевой информации, автором была разработана методика определения кодовой скорости помехоустойчивого кода при условии ограничения на длительность радиограммы, учитывающая результаты прогнозирования распространения сигнала вдоль поверхности Земли и при отражении от ионосферы. По результатам моделирования было показано, что разработанная методика позволяет снизить излучаемую мощность на 2.8 дБ по сравнению с прототипом при сохранении аналогичной вероятности приема радиограммы. Также был разработан алгоритм когерентной обработки сигналов из ансамбля широкополосных недвоичных сигнально кодовых конструкций, который за счет применения оптимальной оценки коэффициентов передачи канала по результатам моделирования показал выигрыш до 2.7 дБ по отношению сигнал/шум при сохранении вероятности декодирования кодового блока на требуемом уровне.

Для проверки работоспособности предложенного алгоритма когерентной обработки автор разработал программную модель устройства приема сигналов широкополосной цифровой радиолинии передачи речевой информации. По результатам тестирования указанной модели с использованием модели ионосферного канала автором были предложены обоснованные рекомендации по применению разработанного алгоритма когерентного приема в составе модема широкополосной цифровой радиолинии. На основе предложенного алгоритма и с учетом рекомендаций разработан макет устройства, который был апробирован на записях эфира, полученных в ходе натуральных испытаний. По данным записям было проведено сравнение с прототипом, которое показало выигрыш в 1.45 раз по доле некорректно принятых радиограмм.

При проведении исследований автор использовал известные теоретические методы исследования, такие как методы цифровой обработки сигналов, теории статистической радиотехники, теории вероятностей и математической статистики, имитационного компьютерного моделирования.

Сформулированные автором в диссертации научных положения, выводов и рекомендаций являются обоснованными.

### **Научная новизна**

В диссертационной работе получены **новые** результаты, в частности:

1. Разработана методика определения параметров радиограммы для широкополосных цифровых радиолиний передачи речевой информации. Новизна методики относительно известных заключается в совместном учете результатов прогнозирования для распространения сигнала вдоль поверхности Земли и при отражении от ионосферы при оценке вероятности приема, а также учетом накладываемых ограничений на максимальную задержку передачи речи.

2. Разработан алгоритм когерентной обработки широкополосных недвоичных сигналов в условиях многолучевого распространения в ионосферном канале. Алгоритм предполагает вычисление набора апостериорных вероятностей для каждого варианта принимаемого недвоичного символа с учетом когерентного оптимального сложения многолучевых компонент сигнала, с использованием оптимальной фильтрации оценок коэффициентов канала при априорной неопределенности относительно передаваемых данных, что является его отличительной особенностью от известных и обуславливает его новизну.

3. Разработаны новые научно-обоснованные рекомендации по применению разработанного алгоритма когерентной обработки в реальных условиях ионосферного канала, предполагающие априорную неопределенность относительно скорости замираний сигнала.

**Теоретическая значимость** диссертационной работы заключается в новых аналитических выражениях, позволяющих рассчитать параметры радиограммы для широкополосных цифровых радиолиний передачи речевой информации, а также новом алгоритме когерентного приема широкополосных недвоичных сигнально-кодовых конструкций в условиях многолучевого распространения сигнала в ионосферном канале. Полученные результаты вносят вклад в теорию обработки сигналов в декаметровом диапазоне длин волн. Результаты диссертационной работы внедрены при выполнении НИР (получен акт использования результатов), что подтверждает их теоретическую значимость.

**Практическая значимость** диссертационной работы заключается в возможности применения разработанного алгоритма когерентного приема для повышения помехоустойчивости широкополосных цифровых радиолиний декаметрового диапазона. Программная модель устройства приема сигналов позволяет оценивать помехоустойчивость радиолинии передачи речевой информации и сравнивать ее с аналогами при ведении разработок и исследований. Разработанный макет макета устройства приема сигналов цифровой радиолинии передачи речевой информации, реализующий указанный

алгоритм, апробирован на натуральных записях эфира. Результаты диссертационной работы использовались при выполнении СЧ ОКР (получен акт использования результатов), что подтверждает их практическую значимость.

Все вышеуказанные результаты получены автором лично.

### **Достоверность результатов**

Достоверность проведенных автором исследований подтверждается корректностью применения математического аппарата и согласованностью результатов, полученных путем теоретического анализа, имитационного моделирования и натурального эксперимента.

Полученные результаты обсуждались со специалистами в области радиотехники и телекоммуникаций на 4 профильных научных конференциях. Автор опубликовал результаты своих исследований по теме диссертации в 4 изданиях, рецензируемых ВАК, получил 1 свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ. Также 7 работ автора проиндексированы в базах данных Web of Science и SCOPUS.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. Методика определения параметров радиограммы для широкополосных цифровых радиолиний передачи речевой информации использует методы прогнозирования уровня сигнала без учета возможного появления спорадического слоя E.

2. В диссертации рассматривается использование только недвоичных LDPC кодов. Не приводится, например, результаты расчета параметров радиограммы для недвоичных полярных или турбо-кодов.

3. В диссертации недостаточно подробно рассмотрено решение проблемы оценки и компенсации смещения частоты принимаемого сигнала.

4. В диссертации проведены исследования только для двухлучевого ионосферного канала. Не приводятся результаты для случая большего числа лучей. Автор не поясняет, каким образом изменятся результаты исследований при увеличении числа многолучевых компонент.

### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Диссертационная работа Варламова В.О. является законченной научно-квалификационной работой. Предложенные автором методика и алгоритм позволяют повысить помехоустойчивость широкополосных цифровых радиолиний передачи информации декаметрового диапазона. Разработанный макет радиолинии показал лучшую помехоустойчивость в сравнении с прототипом. Работа написана на хорошем научном уровне, производит положительное впечатление своей законченностью, ясностью основной идеи и грамотным изложением материала. Автореферат диссертации корректно отражает содержание исследования, основные положения и выводы диссертации чётко сформулированы.

