

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник



О. Швыдя

« 7 » января 2023 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации ЛИПАТКИНА Владислава Игоревича на тему: «Повышение качества обнаружения широкополосного сигнала и точности совместного оценивания его параметров в условиях частотной дисперсии ионосферы Земли», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

В соответствии со стратегией научно-технологического развития Российской Федерации одним из приоритетных направлений научных исследований является разработка новых технологий для создания телекоммуникационных систем, обеспечивающих связанность территории страны и являющихся необходимой составляющей в процессе освоения и использования труднодоступных регионов, в том числе Арктики и Антарктики. Создание таких систем телекоммуникации предполагает поиск экономически целесообразных научно-технических решений, обеспечивающих связь на большие расстояния в регионах со слабо развитой инфраструктурой и сложными климатическими условиями. Радиосвязь декаметрового диапазона, традиционно применявшаяся для решения подобных задач, позволяет обеспечить качественную связь на значительные расстояния без необходимости вложения существенных материальных средств в развитие инфраструктуры. Ее применение, а также поиск новых подходов и решений, направленных на улучшение таких показателей, как надежность и пропускная способность каналов, представляются весьма перспективными.

Одним из основных направлений исследований в области связи декаметрового диапазона является поиск решений, позволяющих повысить пропускную способность каналов связи за счет расширения полосы сигнала. Применение широкополосных сигналов сопряжено с определенными сложностями, связанными с наличием при передаче сигнала в канале декаметрового диапазона дисперсионных искажений, под влиянием которых

Вход. № 7/23
« 30 » 01 2023
подпись

существенно снижается качество обнаружения, которое в свою очередь приводит к ухудшению качества приема искажённого сигнала. Количественной мерой, описывающей уровень дисперсионных искажений, является наклон дисперсионной характеристики (ДХ) ионосферного канала. Поэтому для повышения качества обработки широкополосных сигналов, отраженных от ионосферы Земли, помимо оценивания таких параметров сигналов, как задержка распространения, частотный сдвиг и начальная фаза требуется введение дополнительного оцениваемого параметра на этапе установления синхронизации, такого как наклон ДХ. В связи с этим тема диссертации Липаткина В.И., заключающаяся в повышении качества обнаружения широкополосного сигнала и точности совместного оценивания его параметров в условиях частотной дисперсии ионосферы Земли, является актуальной.

В результате успешного решения научной задачи, заключающейся в синтезе оптимальных алгоритмов совместного оценивания множества параметров сигнала с одновременным его обнаружением, включая оценивание наклона дисперсионной характеристики ионосферного канала, а также исследование количественных показателей эффективности полученных алгоритмов, автором получены результаты, научная новизна которых состоит в том, что:

- впервые получены аналитические выражения элементов матрицы Фишера в рамках задачи оценивания четырех параметров сигнала – начальной фазы, смещения частоты, задержки и наклона дисперсионной характеристики канала, а также выражения для дисперсий соответствующих оценок и корреляционных функций пар оценок;

- установлена корреляционная связь между оценками наклона дисперсионной характеристики канала и начальной фазой широкополосного фазоманипулированного сигнала. Установлено, что дисперсионные искажения сигнала приводят к ненулевой корреляционной связи между оценками задержки и частотного сдвига фазоманипулированного сигнала, уменьшающейся с ростом длительности сигнала;

- впервые получены аналитические выражения, позволяющие вычислить среднеквадратическое отклонение оценок начальной фазы, смещения частоты, задержки в условиях неоптимального приема, т.е. при отсутствии компенсации дисперсионных искажений;

- получены аналитические выражения для расчета вероятностей ложной тревоги и пропуска цели в задаче совместного оценивания параметров сигнала и одновременного его обнаружения, отличающиеся от известных тем, что учитывают область неопределенности оценки наклона дисперсионной характеристики.

На защиту выносятся следующие положения:

- дисперсионные искажения фазоманипулированных сигналов приводят к ненулевой корреляции оценок задержки и сдвига частоты сигнала, уменьшающейся с увеличением длительности сигнала, при этом качество оценивания задержки сигнала и сдвига частоты будет стремиться

к соответствующему значению при отсутствии дисперсионных искажений;

- оценивание параметров фазоманипулированных сигналов с одновременным оцениванием наклона дисперсионной характеристики в полосе 400 кГц позволяет получить при заданном уровне точности оценок энергетический выигрыш от 4.5 дБ до 20 дБ;

- разработанный алгоритм совместного оценивания параметров сигнала и его обнаружения в условиях дисперсионных искажений обеспечивает энергетический выигрыш порядка 2 дБ в части обнаружения при фиксированном уровне вероятности ложной тревоги 10^{-3} ;

- предложенное устройство обнаружения широкополосного сигнала в отличие от известных, позволяет в реальном масштабе времени обрабатывать сигналы длительностью до 2 с в полосе до 400 кГц с базой порядка 59 дБ и потерями в качестве оценивания относительно модели, не превышающими 1 дБ.

Теоретическая значимость диссертационного исследования «Повышение качества обнаружения широкополосного сигнала и точности совместного оценивания его параметров в условиях частотной дисперсии ионосферы Земли» заключается в полученных новых аналитических выражениях, позволяющих рассчитать дисперсию оценок параметров широкополосного сигнала в условиях дисперсионных искажений, включая дисперсию оценки наклона дисперсионной характеристики канала. Также получены новые аналитические выражения для вероятности ложной тревоги и пропуска цели при одновременном обнаружении широкополосного сигнала, прошедшего через ионосферный канал, которые учитывают дополнительный оцениваемый параметр – наклон ДХ.

Практическую значимость диссертации составляют разработанные вычислительно эффективный алгоритм и устройство обнаружения сигнала с одновременным совместным оцениванием его параметров. Алгоритм и устройство были апробированы на модельных и натурных записях сигналов. Устройство обнаружения сигнала с одновременным совместным оцениванием его параметров построено на базе графического процессора.

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 14 работах, из них 3 статьи в рецензируемых изданиях, входящих в список ВАК, 6 работ проиндексированы в базах данных Web of Science и SCOPUS (одна из которых в Q1). Материалы диссертации обсуждались на 4 научно-технических конференциях.

В автореферате имеются следующие недостатки:

- в содержании раздела 2 недостаточно подробно описаны особенности для выражений дисперсии оценок и коэффициентов корреляции в случае использования сигналов, сформированных на основе ПСП большой длины, и симметричных/антисимметричных во времени сигналов;

- в автореферате недостаточно подробно описаны параметры имитационного моделирования, которое проводилось для подтверждения теоретических выражений дисперсий оценок исследуемых параметров.

Указанные недостатки не снижают научной ценности диссертационной работы.

Диссертация на тему «Повышение качества обнаружения широкополосного сигнала и точности совместного оценивания его параметров в условиях частотной дисперсии ионосферы Земли» представляет собой законченный научный труд, соответствующий критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года с ред. от 26 сентября 2022 года, а её автор, Липаткин Владислав Игоревич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Отзыв подготовил
ведущий научный сотрудник
доктор технических наук

«23» января 2023 г.



Н.Ковалев

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании секции № 1 научно-технического совета ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ, протокол № 2023/1 от 17 января 2023 г.

Председатель секции № 1 НТС
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

Секретарь секции № 1 НТС

«23» января 2023 г.



А.Солопов



А.Леоненко