

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, руководителя программ научно-технического управления научно-технического центра «РЭБ и спецсвязь» АО «Концерн «Созвездие» Сличенко Михаила Павловича на диссертацию Доан Тхе Туан «Обработка сверхширокополосных сигналов с неизвестными моментами появления и исчезновения на фоне помех», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. Радиофизика

Актуальность темы диссертационного исследования.

На сегодняшний день непрерывно продолжающееся развитие новых радиоэлектронных систем требует повышения пропускной способности, а при передаче информации по беспроводному каналу – расширения их возможностей и улучшения качественных характеристик. Один из возможных путей решения этой проблемы заключается в использовании сверхширокополосных сигналов (СШПС).

Физическая основа целесообразности использования СШПС состоит в том, что количество информации, передаваемой в единицу времени, прямо пропорционально полосе используемых частот. Использование СШПС в измерительных системах, медицине, радиолокации и устройствах позиционирования позволяет повысить точность измерений и увеличить разрешающую способность. В глобальной навигационной системе GPS также применяются СШПС: с помощью сети опорных сверхширокополосных (СШП) радиостанций пользователи могут точно определять свое местоположение в пределах зданий и других участков с мешающими отражениями, где приемники GPS не будут эффективно работать из-за многолучевого распространения радиосигналов.

Перспективность методов СШП радиоизмерений была известна давно и достаточно широко обсуждалась, начиная с середины 1970-х годов. Однако их практическая реализация стала возможной только после достижения соответствующего уровня развития следующих технологий:

- технологии генерации последовательностей мощных сверхкоротких (длительностью менее 1 нс) импульсов с высокой стабильностью и большой частотой повторения;
- технологии излучения таких импульсов непосредственно в пространство (СШП антенная техника);

– технологии формирования СШПС с произвольной поляризационной структурой;

– технологии скоростной цифровой обработки больших массивов информации (вычислительная техника).

Учитывая изложенное выше, а также известные из открытых источников данные о разработках СШП устройств, есть веские основания полагать, что уже в ближайшей перспективе СШП радиоэлектронные средства (РЭС) будут активнее применяться на практике в различных, в том числе новых, технических сферах.

Разработка и применение СШП РЭС представляет собой качественный скачок в развитии радиоэлектронных систем. Ожидается, что с помощью РЭС с СШПС могут более успешно, чем с узкополосными сигналами, решаться задачи, такие как радиолокационное обнаружение и распознавание объектов, в том числе замаскированных и подповерхностных, повышение объема и скрытности передачи данных в радиосвязи, увеличение точности определения местоположения в навигационных системах и пр.

В области радиомониторинга требуется осуществлять обработку сигнала неизвестных источников с целью выделения и установления местоположения РЭС. В таких случаях зачастую осуществляется угловое сканирование зон ответственности радиолокационной станции. Причем, если используется построчное сканирование изображений, то у принимаемого сигнала моменты появления и исчезновения следует считать априори неизвестными. Кроме того, оценку моментов появления и исчезновения требуется выполнять также во многих других практических приложениях радиофизики, радио- и гидролокации, дефектоскопии. Данные оценки позволяют установить наличие цели и ее информативные параметры, имеющиеся дефекты и т.д. Также задачи приема сигналов с неизвестными моментами появления и исчезновения могут найти применение в системах пожарной и охранной сигнализации. В области, контролируемой такими системами, в априорно неизвестные моменты времени может появиться и исчезнуть источник сигнала, своевременное обнаружение которого является целью функционирования данных систем.

Можно утверждать, что задача приема СШПС с неизвестными моментами появления и исчезновения является актуальной в различных практических приложениях радиофизики, радио- и гидролокации, а также навигации и управления. Тем не менее, следует отметить, что до сих пор практически отсутствует строгий методологический аппарат, на основе которого можно было бы решать задачи статистического синтеза и анализа алгоритмов обработки СШПС с неизвестными моментами появления и исчезновения при воздействии случайных искажений, а также при наличии априорной неопределенности различного уровня. В частности,

большое прикладное значение имеет задача определения степени влияния имеющихся в канале связи узкополосных помех на эффективность приема СШПС с неизвестными моментами появления и исчезновения.

Обозначенные выше обстоятельства определяют высокую актуальность темы диссертационного исследования, его теоретическую значимость и практическую ценность.

Степень обоснованности научных результатов, положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Представленные в диссертационной работе автором научные результаты следует признать в достаточной степени обоснованными. В частности, с целью подтверждения достоверности полученных результатов и работоспособности синтезируемых алгоритмов проведено статистическое моделирование на ЭВМ.

Обоснованность полученных автором результатов определяется корректным использованием аналитических и вычислительных методов современного математического аппарата статистической радиофизики и радиолокации, методов математической статистики и теории статистических решений, а также аналитических и асимптотических методов математического анализа. При получении количественных оценок и проверке теоретических результатов методики обработки сигналов в условиях воздействия узкополосных помех подвергались анализу методами математического и статистического моделирования на ЭВМ.

По теме диссертационной работы опубликовано 13 научных работ, в том числе 8 работ опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК, из которых 3 работы по специальности 1.3.4 – Радиофизика. Остальные работы опубликованы в сборниках трудов всероссийских и международных конференций.

Новизна научных результатов положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научная новизна результатов диссертации, выносимых на защиту, заключается в следующем:

1. В отличие от известных алгоритмов обнаружения СШПС разработанные алгоритмы учитывают априорное незнание их моментов появления и исчезновения.
2. В отличие от известных алгоритмов оценок моментов появления и исчезновения и ширины спектра СШПС разработанные алгоритмы учитывают априорное незнание их моментов появления и исчезновения.
3. Статистическое моделирование алгоритмов обнаружения СШПС с неизвестными моментами появления и исчезновения СШПС, в отличие от известных результатов, реализовано при наличии узкополосных помех.
4. Предложено определять координаты источников СШПС в сложной сигнально-помеховой обстановке, основываясь на трехпозиционной разностно-

дальномерной системе при квазиправдоподобных оценках моментов времени появления сигнала или двухпозиционной триангуляционной системы, в которой вместо обнаружителя-пеленгатора используется пара синхронизированных измерителей времени появления сигнала.

Значимость научных результатов, положений, выводов рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Теоретическая значимость работы заключается в том, что разработанные методики позволяют оперативно определять эффективность функционирования перспективных средств обработки СШПС, работающих в условиях повышенной априорной неопределенности, характерной для реальной радиоэлектронной обстановки. Разработанные методики, в частности, позволяют определить степень влияния имеющихся узкополосных помех на эффективность функционирования СШП РЭС.

Практическая значимость результатов диссертационной работы состоит в том, что развитые алгоритмы обработки СШПС позволяют их использовать в достаточно сложной помеховой обстановке – в условиях воздействия внешних узкополосных помех. Базируясь на полученных результатах статистического синтеза и анализа информационных систем, можно обоснованно выбирать и реализовывать соответствующие алгоритмы обработки сигналов, исходя из требований к их эффективности и наличия априорных данных о параметрах сигналов и помех.

Поставленные автором взаимосвязанные частные задачи диссертационного исследования решены, а приведенная в диссертации совокупность результатов обеспечивает достижение цели исследования и свидетельствует о вкладе автора в науку.

Диссертация Доан Тхе Туан хорошо структурирована, написана четким, ясным языком. Автор корректно ссылается на результаты исследований других авторов и приводит в диссертации результаты сравнения с ними.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации, позволяет судить о цели, задачах диссертационного исследования и результатах их решения. Приведенные в автореферате иллюстрации способствуют достоверному и критическому анализу результатов диссертации.

Замечания и недостатки диссертации.

1. В работе использован термин «гауссовская узкополосная помеха (ГУП)», но в явном виде не обозначен ее источник и характер (преднамеренный или не преднамеренный). В случае, если помеха является преднамеренной, то следует обозначить, насколько оправданной на практике является ее аппроксимация гауссовским законом.

2. Предполагается (формула 2.1.1.3, стр.29), что спектральная плотность мощности ГУП постоянна в пределах полосы частот помехи, что в большинстве практических ситуаций не справедливо. Из диссертации не ясно, можно ли использовать полученные выражения для вероятностей ложной тревоги и пропуска сигнала в случае ГУП с неравномерной спектральной плотностью, применяя при этом дополнительный коэффициент, характеризующий «эффективную» ширину полосы спектра ГУП?

3. В главе 3 рассмотрен случай оценки ширины спектра СШПС при неравномерной спектральной плотности мощности; на рис. 3.4.2 представлена зависимость проигрыша в оценке ширины спектра СШПС от наклона его спектра при различных отношениях помеха/шум. Требуется пояснения, почему данная зависимость является несимметричной относительно параметра «к», характеризующего наклон спектральной плотности мощности в пределах полосы частот сигнала.

4. В главе 4 оценивается дисперсия оценки угла прихода двухпозиционной антенной приемной системой. Не обозначен тип рассматриваемых приемных антенн, из-за чего не ясно, как в данном случае обеспечить отсутствие аномальной ошибки пеленгования с направления, симметричного к истинному направлению относительно базы пеленгования. Кроме того, не учтена погрешность синхронизации приема сигналов между двумя позициями.

5. Несмотря на практическую ориентированность работы, в ней не рассмотрены вопросы реализации на практике разработанных алгоритмов, не представлены оценки основных требований к радиоэлектронной аппаратуре. Вместе с тем следует отметить, что такого рода исследования представляют собой самостоятельную сложную задачу, решение которой опирается на результаты автора, но в целом выходит за рамки диссертации.

Указанные замечания не снижают общей ценности и положительного впечатления от диссертационной работы, которая выполнена автором на достаточно высоком научном уровне.

Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.4. Радиофизика (физико-математические науки), так как она посвящена разработке теоретических основ новых методов и систем связи, навигационных, активных и пассивных локационных систем, основанных на использовании излучения и приема волновых полей различной физической природы и освоении новых частотных диапазонов, созданию новых методов анализа и статистической обработки сигналов в условиях помех.

Выводы.

Диссертация Доан Тхе Туан «Обработка сверхширокополосных сигналов с неизвестными моментами появления и исчезновения на фоне помех» является законченной квалификационной работой, выполненной лично автором, имеет теоретическую и практическую значимость, а ее результаты обладают научной новизной.

Диссертация соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК при Министерстве науки и образования Российской Федерации, а ее автор, Доан Тхе Туан, заслуживает присуждение ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. Радиоп физика.

Официальный оппонент:
Доктор технических наук,
руководитель программ
научно-технического управления
научно-технического центра
«РЭБ и спецсвязь» акционерного общества
«Концерн «Созвездие»

(д.т.н. по специальности 6.2.12 (20.02.25)
«Военная электроника, аппаратура комплексов
военного назначения»)
Акционерное общество «Концерн «Созвездие».
Адрес: 394018, г. Воронеж, ул. Плехановская, 14.
Телефон: 8-920-412-05-50
Электронная почта: m.p.slichenko@sozvezdie.su

М.П. Сличенко

«05» июня 2025 г.

Против включения персональных данных, содержащихся в отзыве, в документы, связанные с защитой представленной диссертации, и их дальнейшей обработки не возражаю.

Подпись официального оппонента доктора технических наук, руководителя программ научно-технического управления научно-технического центра «РЭБ и спецсвязь» акционерного общества «Концерн «Созвездие» Сличенко Михаила Павловича **ЗАВЕРЯЮ:**

Заместитель генерального директора
по научно-техническому развитию
АО «Концерн «Созвездие»



Р.А. Быстрых

«05» июня 2025 г.