



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«РОСТОВСКИЙ-НА-ДОНУ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ РАДИОСВЯЗИ»
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР
Российская Федерация,
344038, г. Ростов-на-Дону, ул. Нансена, д. 130
тел. (863) 2000-555, 2555-311, факс 2000-500
ОКПО 07522991, ОГРН 1026103711204
ИНН/КПП 6152001024/615250001

Секретарю диссертационного совета
Д 212.125.03 Горбунову А.А.

125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,
Волоколамское шоссе, д.4.

«17» декабря 2020 г. №110/1009 - 15384

на № _____ от _____

Высылаем отзыв на автореферат диссертации Сапронова Д.И. «Совместное оценивание дальности в радиолокационных системах с использованием сверхширокополосных дискретно-кодированных по частоте сигналов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 - Радиолокация и радионавигация.

Приложение.

1. Отзыв на автореферат

в 2 экз. на 7 листах каждый.

С уважением,
Первый заместитель директора

И.С. Омельчук

Отдел документационного
обеспечения МАИ
Вх. № _____
«28» 12 2020

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного
унитарного предприятия «Ростовский-на-
Дону научно-исследовательский институт
радиосвязи» Федерального научно-
производственного центра, к.т.н.

Отзыв



А.А. КОСОГОР
« / » декабря 2020 г.

на автореферат диссертации Сапронова Данила Игоревича
«Совместное оценивание дальности и скорости в
радиолокационных системах с использованием
сверхширокополосных дискретно-кодированных по частоте
сигналов», представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности: 05.12.14 –
Радиолокация и радионавигация.

Актуальность темы диссертации

В теории и практике проектирования современных радиолокационных систем (РЛС) различного назначения широкое применение получили сверхширокополосные (СШП) РЛС. Данный тип РЛС в настоящее время широко используется в решении задач обнаружения и распознавания малоразмерных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в условиях плохой видимости. Исследования показали, что для этого необходимы сигналы, обладающие разрешающей способностью от метров до нескольких единиц сантиметров. Актуальной задачей при обнаружении малогабаритных БПЛА является их селекция на фоне неподвижных объектов. Данная проблема возникает из-за недостаточно высокой скорости перемещения БПЛА, не превышающей обычно нескольких десятков метров в секунду. Другим важным направлением в использовании СШП сигналов является подповерхностная радиолокация, решающая задачу высокоточного определения близко расположенных малых объектов внутри или за

Отдел документационного
обеспечения МАИ

28 / 12 2020

пределами радиопрозрачных конструкций. На использовании СШП радиосигналов основано направление подповерхностной радиолокации - «Биорадиолокация», где по сигналу, отраженному от тела животного или человека осуществляется его обнаружение под завалами или за стенами во время спасательных и контртеррористических операций.

Известны три группы СШП сигналов: видеоимпульсные, шумовые и многочастотные. В первом случае в передатчике генерируется периодическая последовательность сверхкоротких видеоимпульсов с длительностью от десятков пикосекунд до сотен наносекунд. Второй вид СШП сигналов - шумовые СШП сигналы синтезируются в передатчике с использованием генератора хаотичных колебаний. В своей работе автор особо остановился на рассмотрении третьего вида СШП сигналов. Они представляют собой набор отдельных элементарных радиоимпульсов с различным частотным заполнением. Такие сигналы относятся к дискретно-кодированным по частоте сигналам (ДКЧС), обладающими большей потенциальной энергией, более низкими требованиями к быстродействию АЦП и возможностью гибкой настройки спектра. Однако им свойственны и недостатки, например, сложная схема генератора и необходимость дополнительной обработки в цифровой области.

Вопросу применения СШП сигналов уделено большое внимание в работах как зарубежных, так и отечественных ученых и специалистов: Дж. Д. Тейлора, М.А. Амина, С. Юргена, Л.Ю. Астанина, А.А. Костылева, А.С. Бугаева, С.И. Ивашова. Анализ их работ показал, что основное внимание ими было уделено вопросам формирования и обработки видеоимпульсных радиосигналов. Однако рассмотрению использования ДКЧС сигналов в РЛС для решения задачи совместного оценивания дальности и скорости должного внимания не уделялось

Цель диссертации - разработка и анализ метода совместного оценивания дальности и скорости в РЛС с использованием СШП ДКЧС с неравномерной частотно-временной матрицей, применение которого

позволит улучшить характеристики оценивания дальностей и скоростей объектов.

Достоверность полученных в диссертации результатов обеспечивается физически обоснованной аналитической моделью приёмопередающего тракта РЛС с использованием СШП ДКЧС; численном сравнении значений полученного выражения функций неопределённости со значениями функции неопределённости в общем виде; согласованностью с положениями теории сигналов, теории СШП РЛС и устройств СВЧ; сравнением полученных экспериментальных данных с теоретически рассчитанными, ожидаемыми данными от подвижной цели.

Новизна основных выводов и результатов диссертации состоит:

- получено аналитическое выражение функции неопределённости сверхширокополосных дискретно-кодированных по частоте сигналов (СШП ДКЧС) с неравномерной частотно-временной матрицей;
- с помощью полученного выражения функции неопределённости СШП ДКЧС показана зависимость уровня боковых лепестков (УБЛ) ФН от количества дискретов N (пропорциональная $N(-1/3)$) при равномерной сетке частот и зависимость УБЛ сечения ФН по дальности от N (пропорциональная $N(-1/2)$) при неравномерном псевдослучайном изменении шага по частоте;
- показано отсутствие преимуществ сигналов Костаса по сравнению с другими псевдослучайными кодами частоты для получения кнопочной формы функции неопределённости СШП ДКЧС;
- предложено выражение двумерной цифровой функции сжатия, позволяющее реализовать метод совместного оценивания дальности и скорости в РЛС с использованием СШП ДКЧС с неравномерной частотно-временной матрицей, и учитывающее цифровые калибровочные коэффициенты, компенсирующие неравномерности в КЧХ приёмопередающего тракта РЛС.

Практическая значимость полученных результатов состоит:

- разработана структурная и принципиальные схемы, а также топология печатной платы приёмопередатчика РЛС с использованием СШП ДКЧС с псевдослучайным кодированием частоты;
- разработаны скриптовые файлы на языке MATLAB, позволяющие производить оценку характеристик сжатия СШП ДКЧС в математических моделях РЛС, а также обрабатывать цифровые радиолокационные данные с выхода приёмного тракта спроектированного макета РЛС;
- произведены экспериментальные испытания макета РЛС с использованием СШП ДКЧС с сеткой частот 752 МГц, 757 МГц, ..., 4947 МГц и полной длительностью сигнала 38 мс и показано, что применение полученного выражения двумерной цифровой функции сжатия позволяет производить совместное оценивание дальности и скорости цели по однократному зондированию;
- произведён расчёт статистических характеристик абсолютной ошибки оценивания скорости в РЛС с использованием СШП ДКЧС. Показано, что переход к псевдослучайному кодированию частоты и применение цифровых калибровочных коэффициентов позволяет уменьшить среднее квадратическое отклонение (СКО) оценки скорости цели не менее чем в 1,5 раза по сравнению с сигналами со ступенчатой частотной модуляцией.

Замечания и рекомендации:

1. На с.7 указано, что «РЛС работает на малых дальностях в квазинепрерывном режиме, при котором излучение и прием текущего дискрета происходит одновременно». Однако при выводе выражения для функции неопределенности (ФН) сверхширокополосного дискретно-кодированного по частоте сигнала не учитывается, что принимаемый сигнал является суперпозицией отраженного от цели

сигнала и сигнала, просочившегося с выхода передающей антенны на вход приемной антенны.

2. Не проведено также исследование влияния просачивания сигнала с выхода передатчика на вход приемника на динамический диапазон и другие параметры СШП РЛС. Это целесообразно сделать, поскольку выбран режим работы РЛС с одновременными передачей зондирующих квазинепрерывных сигналов и приемом отраженных от цели сигналов.
3. В работе получены численные оценки уровней боковых лепестков (УБЛ) ФН СШП ДКЧС с равномерной и неравномерной сеткой частот (до минус 28 дБ). Однако не проведен сравнительный анализ УБЛ с ФН других классических форм зондирующих сигналов, используемых в радиолокации, например, с пачкой ЛЧМ импульсов. Достижимые на практике при использовании зондирующих импульсов с ЛЧМ уровни УБЛ ФН находятся в пределах минус 80... минус 90 дБ. Таким образом, для обнаружения слабых целей на фоне сильных предпочтительнее использовать пачку ЛЧМ импульсов в качестве зондирующего сигнала. Следовало бы более четко указать область применения в качестве зондирующих сигналов СШП ДКЧС (например, априори известно, что в области поиска РЛС находится точно одна цель и т.д.).

Вывод.

1. Несмотря на отмеченные замечания диссертация выполнена на требуемом научно-техническом уровне и соответствует специальности 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация. Замечания носят, в целом, рекомендательный характер и могут быть учтены автором при подготовке доклада, представляемого к защите.

2. Диссертация «Совместное оценивание дальности и скорости в радиолокационных системах с использованием сверхширокополосных дискретно-кодированных по частоте сигналов» представляет собой научно-

квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной научной задачи, имеющей значение для развития технической отрасли знаний. Основные положения и результаты достаточно полно опубликованы в 2 статьях в рецензируемых журналах, в 2 журналах, индексируемых в международной научной базе Scopus, а также в 5 докладах на международных научно-технических конференциях.

3. Диссертация «Совместное оценивание дальности и скорости в радиолокационных системах с использованием сверхширокополосных дискретно-кодированных по частоте сигналов» удовлетворяет требованиям пункта 9 (п.п.1) «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

4. Сапронов Данил Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Начальник НТК
ФГУП «РНИИРС» ФНПЦ

Митькин А.С.

Начальник отдела
ФГУП «РНИИРС» ФНПЦ

Вахтин Ю.В.

Ведущий научный сотрудник, д.т.н.,
доцент ФГУП «РНИИРС» ФНПЦ

Погорелов В.А.

Начальник управления подготовки кадров
высшей квалификации, д.т.н., профессор,
ФГУП «РНИИРС» ФНПЦ

Хуторцев В.В.

ФГУП «РНИИРС» ФНПЦ 344038, г. Ростов-на-Дону, Ростовская область, ул.
Нансена, д. 130