

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«Рязанский государственный
радиотехнический университет**

имени В.Ф. Уткина»

(ФГБОУ ВО «Рязанский государственный
радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина»,

ФГБОУ ВО «РГРТУ», РГРТУ)

Гагарина ул., 59/1, г. Рязань, 390005

Телефон: (4912) 72-03-03

Факс: (4912) 92-22-15

E-mail: rgtu@rsreu.ru

На №

08-12 2020 г. № 4548/53

от

Ученый совет Московского авиационного
института (национального
исследовательского университета).
Председателю диссертационного совета Д
212.125.03 проф. Ю.В. Кузнецову

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

Направляю отзыв официального оппонента проф. В.И. Кошелева на диссертацию Д.И. Сапронова "Совместное оценивание дальности и скорости в радиолокационных системах с использованием сверхширокополосных дискретно-кодированных по частоте сигналов", представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 "Радиолокация и радионавигация"..

Приложение. Отзыв в 2-х экз. на 5 стр. каждый.

Проректор по научной работе и инновациям



С.И. Гусев

Отдел документационного
обеспечения МАИ

11 12 2020

О Т З Ы В

официального оппонента доктора технических наук, Кошелева Виталия Ивановича на диссертацию Сапронова Данила Игоревича на тему «Совместное оценивание дальности и скорости в радиолокационных системах с использованием сверхширокополосных дискретно-кодированных по частоте сигналов», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности

05.12.14 – «Радиолокация и радионавигация»

Оппоненту были представлены: Диссертационная работа на 112 листах из четырёх глав со списком литературы из 50 наименований и автореферат диссертации.

Актуальность темы. Цель, поставленная в диссертации Д.И. Сапронова, состоит в повышении точности совместного оценивания дальности и скорости объектов в РЛС с неоднозначностью измерений. Для ее решения автор выбрал перспективное направление исследования, связанное с применением сверхширокополосных (СШП) сигналов и радиолокационных систем (РЛС) на их основе. РЛС, использующие СШП сигналы позволяют также обнаруживать малоразмерные объекты и решать задачи распознавания образов распределённых целей, совместно обрабатывая информацию нескольких смежных элементов разрешения, в которых предположительно присутствует цель. Исследования в области синтеза радиолокационных сигналов с «кнопочной» функцией неопределенности (ФН) стимулировала публикация в 1984 г. известной работы Д.П. Костаса по исследованию сигналов с квазиоптимальной ФН в координатах "дальность–доплеровская частота". Среди известных видов СШП сигналов особый интерес представляют многочастотные сигналы или дискретно-кодированные по частоте сигналы (ДКЧС), обладающие возможностью гибкой настройки частотных и временных параметров для решения конкретной задачи. Благодаря потенциальной универсальности и вариативности таких сигналов они привлекают повышенное внимание исследователей. Однако, несмотря на это, до сих пор в достаточной мере не изучены вопросы зависимости характеристик РЛС при применении таких сигналов от параметров частотно-временной матрицы СШП ДКЧС. Кроме того, в большинстве источников в качестве исследуемых сигналов выбираются сигналы с линейным кодированием частоты и постоянной длительностью дискретов сигнала. Поэтому представляют научный и практический интерес сигналы с неравномерной частотно-временной матрицей и их применение в перспективных РЛС.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

« 11 » 12 20 20

В работе Сапронова Д. И. исследуются современные методы формирования и обработки сверхширокополосных дискретно-кодированных по частоте сигналов в задачах оценивания дальности и скорости цели по однократному зондированию, что является важным и перспективным направлением развития теории и техники радиолокации.

Таким образом, тема диссертационной работы Сапронова Даниила Игоревича является актуальной и соответствует специальности 05.12.14 – «Радиолокация и радионавигация».

Содержание автореферата соответствует основным идеям и выводам диссертации и правильно отражает содержание работы.

Основное научное содержание диссертации верно отражено в положениях, выносимых на защиту.

В первой главе диссертационной работы автор приводит основные математические формулы для анализа функции неопределённости (ФН) сигналов и при некоторых ограничениях им получено выражение ФН СШП дискретно-кодированных по частоте сигналов (ДКЧС) удобное для компьютерного моделирования СШП ДКЧС с неравномерной частотно-временной матрицей сигнала. Используя нулевое сечение по скорости в полученном выражении ФН СШП ДКЧС, автор получает зависимости разрешающей способности по дальности и интервала однозначного оценивания дальности от шага по частоте и количества дискретов сигнала.

Вторая глава диссертационной работы посвящена исследованию зависимости уровня боковых лепестков ФН от кода частоты и неравномерности шага частот. Известно, что для узкополосных дискретно-кодированных по частоте сигналов, соответствующих массивам Костаса, можно получить идеальный «кнопочный» вид функции неопределённости, с относительным уровнем боковых лепестков (УБЛ), не превышающим $1/N$ (N – количество дискретов сигнала). Автор исследовал все комбинации кодов частоты для ограниченного количества размерностей и нашел другие комбинации, обладающие минимальным УБЛ. Представляют научный интерес аппроксимации характера зависимостей пикового значения УБЛ ФН от размерности (N) СШП ДКЧС, которые оказываются пропорциональными $N^{-1/3}$. Для уменьшения УБЛ, ограничивающих интервал однозначного оценивания дальности, им предложено перейти к неравномерной сетке частот с псевдослучайным изменением шага по частоте, что увеличивает интервал однозначного оценивания дальности в N раз. При этом УБЛ в сечении ФН при нулевой скорости при этом становится пропорциональным $N^{-1/2}$.

Третья глава носит практический характер. В ней описывается реализация согласованного фильтра сжатия СШП ДКЧС. Автор использует генератор, объединяющий генераторы прямого цифрового синтеза и генератор на петле фазовой автоподстройки частоты и квадратурного модулятора, что позволяет формировать СШП ДКЧС с псевдослучайным кодированием частоты и неравномерной частотно-временной матрицей. Далее им используется двумерная цифровая функция сжатия, позволяющая получить карту значений в координатах дальность-скорость и оценить дальность и радиальную скорость цели по положению локального максимума этой функции.

Четвёртая глава содержит анализ результатов эксперимента, полученного на базе разработанного макета РЛС ближнего действия. Автором приводятся оценки совместного оценивания дальности и скорости качающегося отражателя. Оценивались значения мгновенных скоростей, полученные с использованием предложенного метода и вычисленные теоретически по математической модели маятника, а также значения скорости, полученные с использованием вычисления скорости по изменению дальности за период зондирования. Сравнение позволило сделать вывод о снижении среднеквадратической ошибки оценивания скорости примерно в 2 раза при одинаковой точности оценивания дальности. Использование калибровочных коэффициентов в сочетании с псевдослучайным кодированием частоты позволило автору дополнительно уменьшить СКО в 1,5 раза.

Считаю, что **основные положения диссертации доказаны автором**, прошли необходимую апробацию и достаточно полно опубликованы в научно-технических изданиях, из которых 2 статьи в рецензируемых журналах перечня ВАК, 2 работы в изданиях, индексируемых международной научной базой IEEE Xplore Digital Library (Scopus), а также 5 тезисов в сборниках международных научно-технических конференций.

Полученные результаты отличаются **научной новизной**, которая, прежде всего, состоит во всестороннем анализе применения сверхширокополосных дискретно-кодированных по частоте сигналов с неравномерной частотно-временной матрицей, получении зависимостей уровня боковых лепестков от количества дискретов при произвольной сетке частот и решении научно-практической задачи оценивания дальности и скорости целей.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций не вызывает сомнений, т.к. они проверены теорией и экспериментом, непротиворечивы и **внедрены практически** в изделие «Отражение МЧ» предприятия АО «Радий ТН».

Значимость диссертации Д.И. Сапронова для науки и практики состоит в полученных алгоритмах оценивания дальности и скорости, отличающихся повышенной по сравнению с аналогами точностью измерений.

Возможны пути дальнейшего использования результатов диссертации для проектирования высокоточных РЛС, использующих СШП сигналы с ДКЧС, а общетеоретические результаты целесообразно применить при подготовке магистров и аспирантов по радиотехническим специальностям.

Качество оформления диссертации и автореферата в основном соответствует требованиям, предъявляемым к научно-исследовательским работам и диссертациям.

Результаты диссертационной работы представляются достаточно обоснованными и достоверными, так как получены с применением физически обоснованной аналитической модели приёмопередающего тракта РЛС с СШП ДКЧС, согласованы с положениями теории сигналов, теории СШП РЛС, результаты сопоставлены с теоретическими расчетами и экспериментальными данными.

Положительные стороны работы состоят в ее цельности, завершенности, логической последовательности изложения научно-технических результатов, во взаимосвязи теоретических и практических результатов, подтверждении выводов экспериментом на разработанном автором макете РЛС, позволяющем формировать и обрабатывать СШП ДКЧС.

Вместе с тем по работе имеется ряд замечаний:

- автором практически одинаково определяются объект и предмет исследования;
- основное внимание в работе уделено свойствам СШП ДКЧС и анализу данных эксперимента, полученным на упрощенном макете радиолокатора, но в работе недостает расчетных или модельных результатов по применению исследуемых сигналов в импульсно-доплеровских РЛС близким по назначению и параметрам к реально существующим РЛС;
- автором не указаны параметры антенных систем, используемых в макете для излучения и приёма исследуемых сигналов.
- отсутствуют данные о помехоустойчивости РЛС, использующей исследуемые сигналы;
- утверждение автора о том, что "РЛС работает в квазинепрерывном режиме на малых дальностях, при котором излучение и приём текущего дискрета происходит одновременно" приближенно, т.к. правильнее писать "с перекрытием во времени";

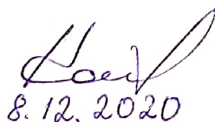
- в диссертации используются непринятые в научных работах выражения, например, «..сигнал прямого пролаза..», «..дрожанию значений положения максимума в медленном времени..» (стр. 82) и др.

Заключение о соответствии диссертации критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней. Таким образом, результаты и выводы диссертационной работы, состоящие в **решении актуальной прикладной научной задачи** – использования сверхширокополосных дискретно-кодированных сигналов для оценивания дальности и скорости цели по однократному зондированию решают важную научную задачу и позволяют повысить качественные характеристики РЛС, что имеет важное хозяйственное значение.

Отмеченные выше недостатки не сказываются на общей положительной характеристике диссертационной работы Сапронова Д.И., которая представляет собой завершенную самостоятельно выполненную научно-квалификационную работу, удовлетворяющую требованиям Положения ВАК РФ о порядке присуждения учёных степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор — Сапронов Данил Игоревич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация.

Отзыв подготовил официальный оппонент, доктор технических наук, заведующий кафедрой радиотехнических систем федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина».

д-р техн. наук, проф.


8.12.2020

Виталий Иванович Кошелев

(koshelev.v.i@rsreu.ru Тел.: +7(4912) 72-03-59)

Личную подпись проф. В.И.Кошелева
удостоверяю.

ученый секретарь ученого Совета РГРТУ



В.Н. Пржегорлинский

Адрес организации: 390005, Рязань, Сагарина, 59/1. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина" ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ.

Тел.: +7(4912) 72-03-03 Факс: +7(4912) 92-22-15 E-mail: rgrtu@rsreu.ru