



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«КОНЦЕРН РАДИОСТРОЕНИЯ «ВЕГА»

Кутузовский проспект, д. 34, Москва, Россия, 121170
Тел.: +7 (499) 753-40-04
Факс: +7 (495) 933-15-63
E-mail: mail@vega.su
Web: www.vega.su

10.12.2020 № П/00-27
На № 416/3035 от 16.11.2020
420-10410 от 09.11.2020

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Сапронова Даниила Игоревича, выполненную на тему:

«Совместное оценивание дальности и скорости в радиолокационных
системах с использованием сверхширокополосных дискретно-кодированных
по частоте сигналов»

по специальности 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация

В настоящее время актуальным является вопрос обеспечения в радиолокационной станции (РЛС) совместного оперативного оценивания дальности и скорости объекта наблюдения.

Диссертационная работа Сапронова Д.И. посвящена рассмотрению кодов частоты, отличных от линейного в задачах сверхширокополосной (СШП) радиолокации. В задачах совместного оценивания дальности и скорости в РЛС с использованием ступенчатых частотно модулированных (СЧМ) сигналов важную роль начинают играть сетка частот и длительности

Отдел документационного
обеспечения МАИ
«11» 12 2020

дискретов (частотно-временная матрица сигнала). Тем не менее, в известных источниках проблематично найти сведения о СШП дискретно-кодированных по частоте сигналов (ДКЧС) с переменным шагом по частоте и неодинаковой длительностью дискретов (неравномерная частотно-временная матрица). Поэтому целесообразно проведение исследования влияния неравномерности в частотно-временной матрице сигнала на характеристики сжатия СШП ДКЧС.

В этой связи диссертационная работа Сапронова Д.И., в которой рассматривается задача экспериментальной проверки метода совместного оценивания дальности и скорости в РЛС с использованием сверхширокополосных дискретно-кодированных по частоте сигналов по однократному зондированию, является актуальной.

Научная новизна полученных результатов.

В ходе проведенных автором диссертационных исследований:

- получено аналитическое выражение функции неопределённости (ФН) сверхширокополосных дискретно-кодированных по частоте сигналов с неравномерной частотно-временной матрицей;

- 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 на основе выражения 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 приёмо-передающего тракта РЛС.

Значимость полученных автором результатов.

Предложенные автором модели и методики, а также результаты имитационного моделирования, полученные в работе, позволяют оперативно и точно проводить совместное оценивание дальности и скорости объекта наблюдения по однократному зондированию.

Теоретическая значимость полученных результатов обоснована следующим:

- получено аналитическое выражение функции неопределённости сверхширокополосных дискретно-кодированных по частоте сигналов с неравномерной частотно-временной матрицей;

- показана зависимость УБЛ ФН от количества дискретов N при равномерной сетке частот и зависимость УБЛ ФН от N при неравномерном псевдослучайном изменении шага по частоте;

- произведён расчёт статистических характеристик абсолютной ошибки оценивания скорости в РЛС, использующей СШП ДКЧС. Показано, что использование псевдослучайного кодирования частоты и цифровых калибровочных коэффициентов позволяет уменьшить СКО оценки скорости цели, не менее чем в два раза по сравнению с сигналами со ступенчатой частотной модуляцией (СЧМ).

Практическая значимость результатов проведенных работ определена следующим:

- разработана структурная и принципиальные схемы, а также топология печатной платы приёмопередатчика РЛС, использующей 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, использующей СШП ДКЧС с сеткой частот 752 МГц, 757 МГц, ..., 4947 МГц и полной длительностью сигнала 38 мс;

- результаты диссертационных исследований внедрены в разработки предприятия АО «Радий ТН». Акт внедрения соответствующих результатов работы прилагается к диссертации.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Предложенные в работе модели и методики могут быть использованы на предприятиях, занимающихся моделированием и натурными работами в части алгоритмов обработки радиолокационных сигналов, при оценке характеристик объекта наблюдения, а также при подготовке материалов учебных пособий для соответствующих учебных дисциплин в технических вузах.

По теме диссертации опубликовано достаточное количество работ (общее число составило более девяти), из них 2 статьи в рецензируемых журналах и изданиях, рекомендуемых ВАК, 2 статьи в журналах, индексируемых международной научной базой Scopus. Также 5 работ в трудах международных научно-технических конференций.

Материалы исследований по теме диссертации прошли апробацию и были опубликованы не менее чем на 5 конференциях различного уровня.

Работа представлена в виде завершеного научного исследования.

Вместе с тем по материалам представленной диссертации можно сделать следующие замечания:

1. В главе 2 работы показана зависимость уровня боковых лепестков ФН от количества дискретов N при равномерной сетке частот, представляется необходимым и целесообразным более подробно рассмотреть зависимость УБЛ сечения ФН от N при неравномерном псевдослучайном

изменении шага по частоте, поскольку в работе представлены только сечения ФН по дальности.

2. В диссертации приведен перечень сокращений, используемых, в том числе и в схемах, однако для упрощения восприятия материала целесообразно его привести в единый вид и при необходимости английские аббревиатуры указать в скобках.

3. Практическая значимость результатов работы отражена в диссертации и автореферате, тем не менее, полученные результаты позволяют сделать вывод о необходимости подготовки таких подтверждающих документов, как патент на полезную модель и/или свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ.

4. В пояснениях по тексту диссертации и в приложении к работе указывается «...на языке MATLAB...», тем не менее, в аспекте терминологии будет более корректно говорить «.. в программной среде MATLAB»

5. Не показано, для каких радиолокационных систем можно применять разработанные алгоритмы. В работе приведена функциональная схема РЛС с СШП ДКЧС, структурная схема аналоговой части приёмопередающего тракта СШП РЛС ближнего действия, однако при каких условиях наблюдения (в частности – дальность, скорость, угловые координаты цели) можно использовать представленные алгоритмы – не ясно.

6. Результаты работы с экспериментальной установкой, приведенные в главе 4 с учетом приведенных частотно-временных параметров ДКЧС показывают частный вариант использования полученных теоретических наработок, тем не менее, не дают полной комплексной картины применения представленных алгоритмов обработки сигналов. Предполагается целесообразным проведение натурных экспериментов в условиях, отличных от представленных.

7. Многократно-повторяющиеся и/или идущие последовательно друг за другом ссылки на теоретические результаты, отраженные в главах 1-3, осложняют восприятие материала и выводы, приведенные в главе 4.

8. Указан эффект увеличения точности оценивания скорости объекта наблюдения (примерно в 1.4 раза) при переходе от линейного к псевдослучайному кодированию частоты. Однако данный эффект указан с учетом частных начальных условий, в связи с чем не может рассматриваться, как однозначное следствие данного перехода от одного типа частотного кодирования к другому.

9. Эксперименты, описанные в 4 главе, проводимые при разном коде частоты имеют также разное количество зондирований. В целях сравнения результатов экспериментов проведено выравнивание числа зондирований путем «вычета лишних», тем не менее, не оговаривается вопрос энергетике сигнала в данной ситуации.

Указанные замечания снижают общее положительное впечатление от представленной работы, однако, учитывая объем проведенных автором исследований, можно утверждать, что Сапронов Д.И. продемонстрировал свою квалификацию, как научного исследователя, а также комплексный подход в процессе решения многих задач для достижения цели проведенной научной работы.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что проведенной работе присуща научная новизна, практическая значимость, творческий подход к изучению объекта и предмета исследования, а также прикладная направленность представленных материалов.

Диссертация отличается последовательным стилем изложения.

Автореферат диссертации отражает ее структуру и основное содержание, опубликованные автором работы в целом раскрывают сущность и теоретические положения исследуемых вопросов.

Суммируя сказанное, можно сделать вывод, что диссертационная работа Сапронова Д.И. соответствует п. 9 Положения ВАК о присуждении ученых степеней, а сам автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация.

Начальник отдела
по научно-исследовательской работе
Научно-образовательного центра
АО «Концерн радиостроения «Вега»,
кандидат технических наук



Е.В. Майстренко

Подпись начальника отдела Майстренко Е.В. заверяю

Заместитель начальника отдела
по работе с персоналом
АО «Концерн радиостроения «Вега»



Б.Б. Самсонов