

УТВЕРЖДАЮ

Врио заместителя начальника
Тихоокеанского высшего военно-
морского училища имени С.О. Макарова
по учебной и научной работе
кандидат технических наук, доцент

В. Бакуев

«09» ноя 2016 г.



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации ЧУРИКОВА Дмитрия Викторовича
**"Методы цифровой обработки сигналов на основе атомарных и
R-функций, вейвлетов в радиофизических приложениях"**,
представленной к защите на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.03 – «радиофизика»

С учетом существенного роста динамики и сложности решаемых задач радиолокации, связанных с повышенной скоростью средств доставки поражающих объектов и самолётов, а также с широким применением малоразмерных беспилотных летательных аппаратов и средств радиопротиводействия важным требованием для перспективных радиолокационных систем (РЛС) является обработка данных в режиме реального времени с заданной точностью вычислений в условиях ограниченности исходных данных, а также при воздействии различных мешающих факторов.

Из вышеперечисленных условий, при разработке и проектировании современных РЛС необходимо учитывать множество параметров объектов радиолокации, среды распространения радиоволн и трактов обработки сигналов с целью улучшения качества работы таких систем.

Возможности современных РЛС, построенных на основе традиционных методов обработки сигналов, весьма ограничены и в редких случаях позволяют в полном объеме выполнять поставленные задачи, в связи с чем разработка и внедрение новых методов обработки для выполнения современных требований к радиолокационным системам является **актуальной задачей**.

На данном этапе оперативному решению сложных многофункциональных радиолокационных задач способствует развитие вычислительной техники, которое предопределяет активное развитие и внедрение новых методов цифровой обработки сигналов в современные системы радиолокации. В данных условиях для решения поставленных задач могут служить тракты циф-

ровой обработки многомерных сигналов, построенные на базе современных вычислительных методов и многопараметрических алгоритмов. Для повышения эффективности работы эти тракты могут быть выполнены, как предлагает автор работы, на базе использования кратномасштабного вейвлет-анализа, многомерных весовых функций и вейвлетов со специальными формами опорных областей, методов R-функций, которые позволят варьировать физическими характеристиками, а также режимами работы РЛС в целом.

В работе Чурикова Д.В. приведен обзор рассмотренных методов весовой обработки радиолокационных сигналов и конструкции весовых функций. Показаны новые конструкции КИХ-фильтров на основе атомарных функций и проведен их физический анализ. В качестве примера показаны результаты исследования непараметрического оценивания функции плотности вероятности и её производных 1- и 2-го порядков последовательностей случайных величин с помощью предложенных весовых функций.

В автореферате автор показал принцип построения ортогональных WA-систем функций и их применение в цифровой обработке сигналов и изображений. В качестве прикладного применения WA-систем функций, в работе приведены результаты анализа временных рядов радиоастрономических и климатических данных.

Также в работе отражен анализ теории R-функций и синтеза многомерных цифровых фильтров Кравченко-Рвачева со сложной геометрией опорных областей. Автор предлагает варианты практического применения этих функций, на основе которых представлены разработанный алгоритм построения двумерных КИХ-фильтров и аналитические двумерные WA-системы функций.

В конце автореферата проведены результаты исследования возможностей применения предложенных весовых функций для цифровой обработки сигналов в радарах с синтезированной апертурой. Автор рассматривает применение функций Кравченко-Кайзера в задачах весового усреднения разностной частоты. Предлагает и обосновывает обобщение функции неопределенности по времени и частоте на основе семейства атомарных функций применительно к цифровой обработке сигналов в антенных системах. Также в работе рассмотрены комбинированные методы корреляционной обработки радиолокационных сигналов, основанные на теории атомарных и WA-системах функций.

Практическая значимость полученных результатов заключается в реализации прикладных алгоритмов для цифровой обработки радиолокационных сигналов и в развитии теорий атомарных и R-функций для различных радиофизических приложений. Также, разработанные методы и алгоритмы могут найти применение при решении широкого класса задач радиофизики, включая задачи обработки сигналов в РЛС с синтезированием апертуры, радиовидении, радиоастрономии, дистанционном зондировании, моделировании прохождения сигналов в слоистых структурах, ионосфере и тропосфере и других средах.

Достоверность научных выводов подтверждено строгим математическим обоснованием и использованием известных методов обработки сигналов в РЛС, представленных в российской и зарубежной литературе; апробацией научных ре-

зультатов докладами и обсуждениями на Международных и Федеральных научных конференциях.

Все защищаемые положения диссертации в достаточном объеме опубликованы в статьях и хорошо апробированы на различных научных конференциях. Так, по теме диссертации автором опубликовано 120 научных работ, из которых 36 в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК, 64 в трудах Международных конференций и 14 в трудах Всероссийских конференций.

К недостаткам работы, судя по автореферату, можно отнести **замечания общего характера**:

1. На стр. 6 допущена опечатка в тесте: «... по сравнение с функцией *Уиттекера-Котельникова-Котельникова...*»

2. В тесте автореферата автор не раскрыл все аббревиатуры, что затрудняет восприятие содержания с первого чтения. В частности, на страницах 6, 7, 16 и 17 не расшифрованы аббревиатуры: ВФ, АФ, ЗС, ФНК и ФН.

И в качестве пожеланий, с учетом приведенных примеров прикладного применения результатов исследований, для *большой убедительности* желательнее было бы в выводах автореферата сделать *акцент на полученные выигрыши и ограничения* применения предложенных методов и алгоритмов цифровой обработки сигналов по отношению с ранее используемыми методами, в процентных или иных количественных показателях.

Подводя итог следует отметить, что вышеуказанные *замечания не снижают* качество и уровень диссертационных исследований. Работа является законченным научным исследованием. Совокупность разработанных теоретических положений диссертационной работы по актуальности, научной новизне и практической значимости имеют большое значение, и вносят вклад в решение широкого класса задач радиофизики, включая задачи обработки сигналов в радиолокационных системах, радиовидении, радиоастрономии, дистанционного зондирования, и задачи моделирования прохождения сигналов в слоистых структурах, ионосфере и тропосфере и в других средах.

Кроме того, вероятнее всего, результаты исследований автора могут быть использованы для решения других прикладных задач, в частности, для повышения скорости обработки сигналов в телекоммуникационных системах с большой пропускной способностью за счет потенциальной возможности снижения порядка цифровых фильтров, синтезированных на основе применения предложенных автором *весовых функций*.

В положительную сторону, хотелось бы особо отметить *большой объем и высокий уровень* публикаций автора, представившего результаты исследования в журналах рекомендованных *ВАК РФ* и в изданиях, включенных в международные системы цитирования *Web of Science* и *Scopus*, что говорит о зрелости автора работы.

Текст автореферата написан профессиональным и грамотным языком, стиль изложения корректный и доказательный. Диссертация соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор ЧУРИКОВ Дмитрий Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «радиофизика».

Профессор кафедры боевого применения средств связи Федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Тихоокеанское высшее военно-морское училище имени С.О. Макарова» Министерство обороны Российской Федерации (г. Владивосток) (адрес организации: 690062, Приморский край, г. Владивосток, ул. Камский переулок, дом 6, тел. 84232360950, vunc-vmf-tovmi@mil.ru).

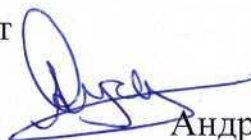
доктор технических наук, профессор



Игорь Михайлович Орошук

Доцент кафедры радиоэлектронного оборудования (авиации ВМФ) Федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Тихоокеанское высшее военно-морское училище имени С.О. Макарова» Министерство обороны Российской Федерации (г. Владивосток) (адрес организации: 690062, Приморский край, г. Владивосток, ул. Камский переулок, дом 6, тел. 84232360950, vunc-vmf-tovmi@mil.ru).

кандидат технических наук, доцент



Андрей Николаевич Сучков