

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Белокурова Владимира Александровича «Методы и алгоритмы межобзорной обработки сигналов малоразмерных и сверхманевренных радиолокационных объектов с учетом бортовой навигационной информации», выполненной на соискание учёной степени доктора технических наук» по специальности 2.2.16 – Радиолокация и радионавигация.

Одно из направлений повышения эффективности систем и техники радиолокации заключается в совместной обработке радиолокационной и навигационной информации. При этом выполнение обработки информации, полученной за нескольких сеансов наблюдения, может значительно повысить тактико-технические характеристики современных радиолокационных систем. Диссертационная работа, развивая это направление, реализует цель исследования, которой является повышение эффективности обнаружения малоотражающих сверхманевренных объектов бортовыми РЛС, как в системах первичной обработки, так и с учетом их совмещения с системами вторичной обработки и межобзорным накоплением отражённых сигналов, с учётом навигационной информации носителя бортовой РЛС. В отечественной и зарубежной литературе эта научная проблема практически не исследована, а потенциальный эффект может быть существенным, что и определяет своевременность и актуальность темы диссертационной работы.

Тема диссертационной работы соответствует паспорту специальности 2.2.16 – Радиолокация и радионавигация по пунктам 9, 10, 13 и 19.

Как следует из автореферата материал диссертации состоит из семи разделов. Следует положительно отметить методически правильное построение работы - от простого к сложному и в завершение к вопросам аппаратно-программной реализации результатов диссертационной работы и подтверждению разработанных и модифицированных методов и алгоритмов.

В первой главе автор рассматривает влияние радиального ускорения цели на ряд основных характеристик систем первичной обработки. При этом синтезирован ряд многоканальных алгоритмов обнаружения маневрирующей цели и проанализирована их эффективность. Во второй главе диссертации рассмотрены разработанные алгоритмы межпачечного накопления отражённых сигналов. В третьей главе автор модифицирует алгоритмы межобзорного накопления с учётом их применения в бортовых РЛС и разрабатывает и обосновывает алгоритм межобзорного накопления на фоне негауссовских коррелированных помех. В четвертой главе диссертации рассмотрены вопросы реализации пороговой обработки при межобзорном накоплении отражённых сигналов и исследован вопрос вычисления порога обнаружения на основе использования аппарата характеристических функций. В пятой главе предложена и исследована моди-

фикация нелинейного гауссовского парциального фильтра. В шестой главе диссертации приводится синтез алгоритма определения угловой ориентации высокоманевренного носителя РЛС на основе использования фильтра Калмана. Седьмая глава посвящена рассмотрению вопросов практической реализации результатов диссертационной работы и подтверждению полученных теоретических результатов.

Новизна полученных в диссертации результатов определяется развитием способов и алгоритмов обнаружения малоотражающих сверхманевренных объектов, которые учитывают динамику носителя бортовой РЛС. Интеграция радиолокационной и навигационной информации обеспечивает заметное повышение вероятности правильного радиолокационного обнаружения малоотражающих объектов при использовании межобзорного накопления и использовании бортовой радиолокационной системы.

Достоверность научных положений диссертации, результатов и выводов, полученных в рамках исследований, подтверждается рядом факторов, а именно:

- корректностью использованием математического аппарата статистической теории радиотехнических систем;
- близостью результатов имитационного моделирования и теоретических расчётов, а также, сопоставлением результатов с известными из независимых источников информации;
- результатами натуральных и полунатурных экспериментов, которые подтверждают теоретические результаты.

Следует также положительно отметить, что предлагаемые средства обработки информации апробированы на реальных эхосигналах, полученных при различных условиях и от разнородных подстилающих поверхностей.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке новых алгоритмов, которые позволят увеличить дальность действия существующих радиолокационных систем не за счёт увеличения мощности передатчиков, а за счёт алгоритмической обработки. Кроме того, полученные результаты позволяют расширить область применения малогабаритных БПЛА за счёт установке на них РЛС меньшей мощности.

Апробация результатов диссертационной работы и опубликование полученных результатов выполнены, можно сказать, с размахом. Опубликовано 76 научных работ, в том числе получено 3 патента на новые способы и один на устройство, опубликована монография и 32 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК РФ, предназначенных для опубликования научных результатов по специальности 2.2.16, а по результатам диссертационной работы сделаны док-

лады на 26 конференциях международного и всероссийского уровня. Личный вклад автора подтверждается 16 публикациями без соавторства.

Вместе с тем, к автореферату есть и замечания:

1) в автореферате нет сведений о вычислительной сложности предложенных алгоритмов - не усложнит ли это массогабаритные параметры бортовых РЛС на БПЛА?

2) на стр. 18 автореферата приведены результаты обработки реальных данных от РЛС, при использовании одного из разработанных автором алгоритмов (выражение (10) на стр.17), но не описаны условия проведения экспериментов. Какая, например, при этом была задана вероятность ложной тревоги? При задании вероятности ложной тревоги  $10^{-2}$  не ясно, какой выигрыш в пороговом отношении будет при уменьшении вероятности ложной тревоги?

Указанные замечания не влияют на выносимые на защиту положения и на общую положительную оценку работы, поэтому считаю, что диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ и представляет собой завершённую научно-квалификационную работу по актуальной проблеме в которой изложены новые научно обоснованные решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие средств радиолокации, а ее автор – Белокуров Владимир Александрович – заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.16 – Радиолокация и радионавигация.

Самойлов Александр Георгиевич  
Заместитель директора по научной работе  
Института информационных технологий  
и радиоэлектроники ФГБОУ ВО  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая  
Григорьевича Столетовых» – (ВлГУ),  
доктор технических наук, профессор

600000, г. Владимир, Горького, 87, ВлГУ  
Тел.: +7 (4922) 534 238, +7-905-055-43-34.  
E-mail: ags@vlsu.ru

Подпись профессора Самойлова А.Г. заверяю  
Ученый секретарь Ученого совета ВлГУ

Самойлов А.Г.  
22.08.2022 г.



Коннова Т.Г.