

**Отзыв**

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

Практика последнего десятилетия наглядно демонстрирует существенное увеличение возможностей летательных аппаратов и, в частности, их способность выполнять полет в режиме сверхманевренности. При этом, обнаружение и измерение параметров движения летательного аппарата усложняется применением различных методов снижения радиолокационной заметности, а беспилотные летательные аппараты принципиально характеризуются малым значением эффективной площади рассеяния.

Традиционный подход, применяемый в современных бортовых радиолокационных станциях, который заключается в разделении обработки радиолокационной информации на первичную и вторичную с оптимизацией обработки информации для каждого этапа отдельно, уже не позволяет достичь высоких значений эффективности обнаружения. Современным подходом к повышению эффективности обнаружения малоотражающих сверхманевренных летательных аппаратов является подход, основанный на совмещении первичной и вторичной обработок радиолокационной информации в один этап.

В связи с этим диссертационная работа Белокурова Владимира Александровича на тему «Методы и алгоритмы межобзорной обработки сигналов малоразмерных и сверхманевренных радиолокационных объектов с учётом бортовой навигационной информации» является актуальной и практически важной для отечественной авиации.

Как следует из автореферата, применяя и развивая методы статистической теории радиотехнических систем, теории принятия решений, методы нелинейной парциальной фильтрации, методы экстремальных статистик, описании случайных процессов в виде сферических инвариантных процессов, математический аппарат характеристических функций, методы линейной калмановской фильтрации, автор данной работы вышел на совершенно новые научные результаты в области обнаружения малоотражающих сверхманевренных объектов в бортовых радиолокационных станциях.

Достоверность научных положений диссертационной работы, основных её результатов и выводов подтверждается корректным использованием математического аппарата, близостью результатов имитационного моделирования и теоретических расчётов, а также натуральных и полунатурных экспериментов, сопоставлением полученных результатов с результатами независимых источников информации.

Научная новизна диссертационной работы состоит в разработке новых способов и комплекса алгоритмов обнаружения малоотражающих сверхманевренных объектов, основанных на комплексировании результатов

межпачечного и межобзорного накопления радиолокационной информации и информации, поступающей от навигационной системы бортовой радиолокационной станции. Концептуально разработан класс методов, позволяющих интегрировать алгоритмы первичной и часть алгоритмов, вторичной обработки радиолокационных сигналов без традиционного жесткого их разделения на этапы первичной и вторичной обработки, что является важным обобщением известных методов.

В диссертационной работе впервые получены:

- новый способ обнаружения маневрирующей цели, обеспечивающий заметный выигрыш в пороговом отношении сигнал-шум, а по сравнению с многоканальным по скорости цели алгоритмом существенный выигрыш в числе вычислительных операций;
- новый алгоритм выбора числа каналов по ускорению в многоканальном обнаружителе маневрирующей цели, который обеспечивает максимизацию средней вероятности правильного обнаружения многоканальной системы обработки;
- новый алгоритм межпачечного накопления отражённых сигналов, в режиме работы бортовой радиолокационной станции с высокой частотой повторения импульсов при обнаружении малоотражающего сверхманевренного объекта с раскрытием неоднозначности при измерении дальности;
- новый метод межобзорной обработки отражённых сигналов малоотражающего сверхманевренного объекта, учитывающий на навигационную информацию о взаимных перемещениях носителя бортовой радиолокационной станции и объекта;
- новый алгоритм межобзорной обработки зависшего беспилотного летательного аппарата, планерная составляющая отраженного сигнала которого не имеет доплеровского смещения частоты;
- новый метод вычисления порога обнаружения в алгоритме межобзорной обработки на фоне негауссовского шума;
- новый алгоритм стабилизации уровня ложной тревоги при межобзорном обнаружении, основанный на использовании метода моментов;
- новый алгоритм межобзорной обработки на фоне негауссовских коррелированных помех, который обеспечивает эффективное обнаружение сигналов на фоне широкого класса помех с различными законами распределения на основе использования математического аппарата сферических инвариантных процессов;
- новый алгоритм определения угловой ориентации высокоманевренного носителя бортовой РЛС. В отличие от известных алгоритмов предложено использовать в системе угловой ориентации летательного аппарата многомодельный фильтр Калмана с перекрёстными связями.

Научное и практическое значение полученных результатов состоит в развитии способов и алгоритмов обнаружения малоотражающих сверхманевренных объектов, учитывающих динамику носителя бортовой радиолокационной станции и основанных на межобзорном когерентном и некогерентном накоплении отражённых сигналов, что обеспечивает заметное повышение вероятности правильного радиолокационного обнаружения таких

объектов, что эквивалентно увеличению дальности действия бортовой радиолокационной станции в предельном случае до 10 %...20 %.

Материалы, представленные в автореферате, позволяют говорить о некоторых недостатках, а именно:

- на рис.1, стр.15. автор рассматривает бортовую навигационную систему, включающую аппаратуру СРНС и БИНС. Не вполне понятно рассматривал ли автор другие варианты построения бортовой навигационной системы и как они сказываются на результатах исследований;

- результаты седьмой главы диссертации в автореферате раскрыты не в полной мере.

Указанные недостатки не снижают научной и практической значимости работы. Автореферат оформлен в соответствии с требованиями ВАК РФ и дает вполне четкое и понятное представление о диссертационной работе. Автор показал умение решать сложные научные проблемы.

На основании автореферата, можно сделать вывод о том, что диссертационная работа удовлетворяет требованиям ВАК РФ, соответствует заявленной научной специальности 2.2.16 «Радиолокация и радионавигация», а ее автор, Белокуров Владимир Александрович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.16 «Радиолокация и радионавигация».

Заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования воздушного транспорта» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА)

Доктор технических наук, доцент

Боделов Эдуард Анатольевич

125993, г. Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20  
e.bolelov@mstuca.aero  
(+7) 916-275-31-84

« 12 » сентябрь 2022 г.

Подпись Боделова Э.А. заверяю

Проректор по НР  
д.т.н., профессор



В.В. Воробьев