



Акционерное Общество

# ЦЕНТРАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО АППАРАТОСТРОЕНИЯ

ул. Демонстрации, 36, г. Тула, Россия, 300034 Телефон (4872) 55-40-90 Факс (4872) 36-51-20, 36-97-12  
E-mail: cdbae@cdbae.ru ИНН 7106002868 КПП 710601001 ОГРН 1027100740941 ОКПО 07516149

от « 14 » августа 2022 г.

№ МТК-08-14/1971

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Ученому секретарю диссертационного  
совета 24.2.324.01 при ФГБОУ ВО  
«Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский  
университет)»  
Горбуновой А.А.

Волоколамское шоссе, д. 4, г. Москва,  
125993, Учёный совет МАИ

Направляю Вам отзыв на автореферат диссертация Белокурова Владимира Александровича на тему «Методы и алгоритмы межобзорной обработки сигналов малоразмерных и сверхманевренных радиолокационных объектов с учётом бортовой навигационной информации», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.16 – Радиолокация и радионавигация (технические науки).

Приложение: Отзыв 3 экз. на 5 л. каждый.

С уважением,

Главный инженер

С.С. Логвинов

Есиков О.В.  
(4872) 55-11-23

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

22 08 2022



Акционерное Общество

# ЦЕНТРАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО АППАРАТОСТРОЕНИЯ

ул. Демонстрации, 36, г. Тула, Россия, 300034 Телефон (4872) 55-40-90 Факс (4872) 36-51-20, 36-97-12  
E-mail: cdbae@cdbae.ru ИНН 7106002868 КПП 710601001 ОГРН 1027100740941 ОКПО 07516149

от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

№ \_\_\_\_\_

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_



**УТВЕРЖДАЮ**

Главный инженер, д.т.н.

С.С. Логвинов

» августа 2022 г.

## ОТЗЫВ

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

В настоящее время для широкого распространения летательных аппаратов (ЛА) пятого поколения, в условиях совместного маневрирования носителя бортовой РЛС (БРЛС) и сверхманевренных радиолокационных объектов в передней полусфере резко снижается время когерентного накопления отражённых сигналов, что приводит к уменьшению вероятности правильного обнаружения и энергетической дальности действия РЛС.

Использование известных алгоритмов, основанных на совмещении первичной и вторичной обработки радиолокационной информации, в один этап без учета навигационных параметров подвижного носителя бортовой РЛС, приводит к существенным потерям в пороговом отношении сигнал-шум и как следствие, к снижению энергетической дальности действия.

Отдел документационного обеспечения МАИ

22.08.2022

Поэтому работа Белокурова В.А., направленная на повышение эффективности обнаружения малоотражающих сверхманевренных объектов в бортовых РЛС как в системах первичной обработки, так и с учетом их совмещения с системами вторичной обработки и межобзорным накоплением отражённых сигналов, а также с учётом навигационной информации носителя БРЛС является актуальной.

**В рамках проблемы исследования** Белокуровым В.А. осуществлена разработка способов и алгоритмов обнаружения малоотражающих сверхманевренных объектов, учитывающих динамику носителя бортовой РЛС, основанных на межобзорном когерентном и некогерентном накоплении отражённых сигналов, для обеспечения существенного повышения вероятности правильного радиолокационного обнаружения таких объектов.

**Основные положения работы, выносимые на защиту, состоят в следующем:**

1. Разработаны запатентован способ и алгоритм обнаружения малоотражающих сверхманевренных объектов, обеспечивающий выигрыш в пороговом отношении сигнал-шум до 4...5 дБ за счёт уменьшения числа каналов приёма при формировании порога обнаружения, а также предложенный алгоритм межпачечного накопления с возможностью раскрытия неоднозначных измерений дальности отражённых сигналов малоотражающих сверхманевренных объектов;

2. Разработанный метод межобзорной обработки отражённых сигналов малоотражающего сверхманевренного объекта, обеспечивает выигрыш в пороговом отношении сигнал-шум до 2 дБ за счет совмещения последовательных секторов обзора в пространстве измерений на основе использования навигационной информации о положении и угловой ориентации носителя БРЛС;

3. Предложен новый алгоритм вычисления порога обнаружения при межобзорном накоплении на фоне негауссовского шума, который обеспечивают инвариантность к закону распределения шума за счёт

аналитического вычисления порога обнаружения путём аппроксимации закона распределения отсчётов при гипотезе  $H_0$ , а также снижение вычислительных затрат в 6...8 раз за счёт использования методов численного интегрирования, по сравнению с алгоритмами, которые реализуют вычисление порога обнаружения путём моделирования;

4. Экспериментально исследован алгоритм межобзорной обработки отражённых от малоотражающего объекта сигналов на фоне негауссовских коррелированных помех, инвариантный к закону распределения шума, который обеспечивает выигрыш в пороговом отношении сигнал-шум 1,5 дБ;

5. Синтезирован и экспериментально исследован алгоритм определения угловой ориентации высокоманевренного носителя бортовой РЛС, применение которого при межобзорном накоплении отражённых радиолокационных сигналов обеспечивает выигрыш в пороговом отношении сигнал-шум до 2 дБ за счёт использования многомодельного фильтра Калмана в канале обработки навигационной информации;

6. Разработан алгоритм межобзорной обработки эхо-сигнала, отраженного от зависшего БПЛА, который обеспечивает выигрыш в пороговом отношении сигнал-шум до 2 дБ по сравнению с энергетическим приёмником за счет использования априорной информации о параметрах микродоплеровской сигнатуры отраженного сигнала, а также межобзорного накопления с учётом навигационной информации о параметрах движения носителя РЛС.

**Научное и практическое значение** полученных результатов состоит в развитии способов и алгоритмов обнаружения малоотражающих сверхманевренных объектов, учитывающих динамику носителя бортовой РЛС 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 РЛС в предельном случае до 10...20 %.

**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.

Результаты, полученные в диссертационной работе, подтверждаются публикациями в научных изданиях, входящих в перечень ВАК для опубликования результатов докторских диссертаций по специальности 2.2.16, а также в изданиях, входящих в базу данных Scopus. Основные результаты также подтверждены натурными экспериментами.

Новизна полученных результатов подтверждается также полученными тремя патентами на способы. Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на международных и всероссийских конференциях.

Текст автореферата имеет четкую структуру, грамотный стиль изложения, характеризуется корректным использованием специальной терминологии. Материал автореферата диссертации отражает общую логику исследования.

В качестве недостатков отмечаем следующее.

1. В представленной работе не уделено должного внимания вопросам, связанным с применением разработанных автором алгоритмов в многопозиционных РЛС.
2. Подрисуночные надписи в автореферате носят неинформативный характер. Для рисунков 1, 3 отсутствуют описания изображенного в тексте автореферата.
3. Судя по автореферату, результаты исследования внедрены в ряд систем обработки сигналов. Однако данные о том насколько удалось повысить за счет этого эффективность функционирования

соответствующих аппаратных и программных средств, в достижение цели работы, отсутствуют.

**Выводы.**

Судя по автореферату, диссертация Белокурова В.А. является законченной научно-квалификационной работой, посвященной решению актуальной научно-технической проблемы повышения качественных показателей обнаружения малоотражающих сверхманевренных объектов в перспективных БРЛС. Диссертация «Методы и алгоритмы межобзорной обработки сигналов малоразмерных и сверхманевренных радиолокационных объектов с учётом бортовой навигационной информации» отвечает требованиям и критериям постановления Правительства РФ №842 «Положение о порядке присуждения ученых степеней» (в редакции от 1 октября 2018 г.) предъявленным к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор Белокуров Владимир Александрович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.16 – Радиолокация и радионавигация (технические науки)

Начальник отдела перспективных разработок,

Заслуженный деятель науки РФ

д.т.н., профессор

Н.С. Акиншин

Главный специалист

отдела перспективных разработок

д.т.н., профессор

О.В. Есиков