

ности действия бортовых РЛС летательных аппаратов, позволившем выполнять обнаружение малозаметных сверхманевренных воздушных объектов с использованием навигационной информации. Решение данной проблемы имеет значение для развития отраслей науки, связанных с радиолокацией и радионавигацией.

Основное содержание работы заключается в синтезе и анализе процедур цифровой обработки радиотехнических сигналов. При этом автором обоснованы критерии сравнения эффективности функционирования предложенных и существующих РЛС, проработаны вопросы их реализации для обнаружения воздушных объектов на фоне помех.

Наиболее значимыми научными результатами работы, обладающими, на наш взгляд, высокой степенью научной новизны, являются:

- синтез квазиоптимальных алгоритмов обнаружения малозаметных сверхманевренных объектов на этапе первичной обработки радиолокационной информации, которые обеспечивают выигрыш в пороговом отношении сигнал-шум, при ограничениях на ресурсы бортовых вычислительных устройств, а также алгоритмов накопления информационных сигналов в режимах устранения неоднозначности по дальности в РЛС воздушных судов;

- разработка метода межобзорного накопления сигналов бортовых РЛС при обнаружении малозаметного сверхманевренного объекта при их взаимном перемещении на основе использования информации об угловой ориентации, позволившей обеспечить выигрыш в пороговом отношении сигнал-шум;

- построение алгоритма межобзорного когерентного накопления информационных сигналов при обнаружении малозаметного сверхманевренной цели, позволяющего повысить отношение сигнал-шум по сравнению с алгоритмами некогерентного накопления сигналов;

- разработка способа аналитического вычисления порогов обнаружения в алгоритмах межобзорного накопления на фоне негауссовских шумов, реализуемого в реальном масштабе времени, а также алгоритма межобзорного накопления сигналов на фоне негауссовских пространственно-коррелированных помех;

- разработка алгоритма сопровождения малозаметного сверхманевренного объекта на основе использования многомодельного фильтра Калмана и гауссовского парциального фильтра, позволяющего повысить точность оценки координат объекта;

- разработка алгоритма определения угловой ориентации носителя бортовой РЛС с повышенной точностью на основе использования многомодельного фильтра Калмана со сниженными потерями порогового отношения сигнал-шум.

Указанные результаты соответствуют областям исследований, определенных паспортом специальности 2.2.16 – Радиолокация и радионавигация:

- по пункту 3 «Разработка и исследование новых методов и принципов радиолокации и радионавигации, позволяющих повысить эффективность радиолокационных и радионавигационных систем»;

- по пункту 7 «Разработка и исследование новых систем и устройств радиолокации с целью увеличения дальности действия, точности и разрешающей способности, повышения помехозащищенности и помехоустойчивости, увеличения быстродействия».

Теоретическая значимость работы заключается в совершенствовании методических основ исследования технических путей обнаружения малозаметных сверхманевренных объектов на основе первичной обработки радиолокационной информации и совмещения данных процедур с операциями вторичной обработки и межобзорным накоплением отражённых сигналов при использовании навигационной информации о текущем местоположении носителя бортовой РЛС. Автором обоснованы и развиты методические приемы синтеза и анализа алгоритмов межобзорного когерентного накопления информационных сигналов в различных условиях сигнально-помеховой обстановки, способствующие увеличению дальности обнаружения и точности оценки параметров пространственного положения радиолокационных целей.

Практическая значимость диссертации состоит в обосновании рекомендаций по построению перспективных радиолокационных систем для оснащения современных и перспективных летательных аппаратов, а также совершенствованию методов и алгоритмов межобзорного когерентного накопления информационных сигналов для обнаружения малозаметных сверхманевренных объектов с учетом динамики носителей бортовых РЛС.

Полученные результаты могут быть использованы для определения тактико-технических характеристик радиолокационных систем воздушных судов и параметров способов и алгоритмов обнаружения малозаметных сверхманевренных объектов для увеличения дальности действия бортовых РЛС, которое в предельном случае может составлять (10...20)% от достижимых в настоящее время значений.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается:

- применением теоретически обоснованных и прошедших апробацию методов математического моделирования радиотехнических процессов и устройств, синтеза и анализа алгоритмов обнаружения и оценки параметров информационных сигналов РЛС;

- корректным выбором ограничений, допущений и исходных данных из практики разработки радиолокационных и радионавигационных систем летательных аппаратов.

Она подтверждается:

- соответствием значений характеристик обнаружения сверхманевренных объектов мобильными РЛС, полученных с применением разработанных автором методов и алгоритмов, результатам их статистических оценок и показателям, полученным из практики разработки и применения радиолокационных систем летательных аппаратов;

- наглядной физической трактовкой выявленных закономерностей межобзорного накопления сигналов бортовых РЛС, обнаружения и определения местоположения малозаметного сверхманевренного объекта;

- совпадением частных результатов исследования, используемых для верификации методов и алгоритмов, а также выполненных на их основе контрольных расчетов, с результатами, содержащимися в работах других авторов.

Научные положения, выводы и рекомендации, представленные в работе, обоснованы и критически оценены по сравнению с известными аналогами.

Замечания и недостатки. Однако, как можно судить из автореферата, диссертация не лишена недостатков. К наиболее существенным из них, по нашему мнению, относятся следующие.

1. При обосновании актуальности темы диссертационного исследования не представлены противоречия в теории и практике создания радиолокационных систем летательных аппаратов. Отсутствуют численные оценки степени несоответствия характеристик созданных в настоящее время бортовых РЛС предъявляемым к ним тактико-техническим требованиям. Для подтверждения факта достижения цели исследования необходимо привести численные значения характеристик обнаружения, улучшение которых позволило удовлетворить предъявляемым требованиям. Констатация факта, что дальность действия РЛС в предельном случае увеличивается на (10...20)% по сравнению с достигнутыми значениями, в полной мере не свидетельствует о факте достижения цели, поскольку в работе не представлены требуемые характеристики дальности.

2. При формулировке научной проблемы не указаны принципиальные противоречия, требующие разрешения для «повышения качественных показателей обнаружения ... объектов в перспективных бортовых РЛС».

3. Не определены условия решения научной проблемы и задач, составляющих основу диссертационного исследования. В частности, не указаны конкретные требования к бортовому радиоэлектронному комплексу, используемому для радиолокационного наблюдения и навигации. Было бы желательно конкретизировать основные тактико-технические характеристики аппаратуры и оценить возможности реализации разработанных алгоритмов радиолокационного обнаружения объектов с применением вычислительных процессоров, используемых в составе воздушных судов.

4. В автореферате отсутствует однозначное соответствие между формулировками задач исследования и научными положениями, выдвигаемыми для защиты. Положения, выдвигаемые для защиты, целесообразно сформулировать в виде научных результатов или утверждений. Авторские оценки научной новизны требуется сформулировать для каждого научного результата, указав оригинальные методические приемы, разработанные и примененные автором, не ограничиваясь обобщенной формулировкой для работы в целом.

5. На стр. 21 автореферата указано, что в разработанных методиках выбора моделей движения летательного аппарата используется матрица переходов, ориентированная на односвязную марковскую последовательность, однако аналитические выражения для получения и численные значения оценок требуемой связности отсутствуют.

6. Преимущества в вычислительной эффективности разработанных квази-оптимальных алгоритмов зачастую не сопоставляются с показателями, достижимыми при реализации оптимальных процедур. Не приводятся потери эффективности по сравнению с потенциальной системой. Данные обстоятельства позволяют оценить достигнутую автором степень приближения к потенциальной эффективности (например, в отношении сигнал-шум или вероятности правильного обнаружения).

7. Из автореферата не вполне ясно, насколько существенно удалось увеличить дальность обнаружения малоконтрастных и малоподвижных объектов на фоне морской поверхности, отражения от которой представляют собой негауссовские коррелированные помехи.

Тем не менее, указанные недостатки, непосредственно не охватывающие положения, выдвигаемые для защиты, не снижают качества выполненной работы и не ставят под сомнение ее положительную оценку.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней. На основании изучения автореферата диссертации Белокурова В.А. сделаны следующие выводы.

1. Диссертация «Методы и алгоритмы межобзорной обработки сигналов малоразмерных и сверхманевренных радиолокационных объектов с учетом бортовой навигационной информации» является завершенной научно-квалификационной работой. В ней на основании выполненных автором исследований решена научная проблема повышения дальности действия бортовых РЛС летательных аппаратов и улучшения показателей эффективности обнаружения малозаметных сверхманевренных воздушных объектов с использованием навигационной информации, имеющая значение для развития отраслей науки, связанных с радиолокацией и радионавигацией.

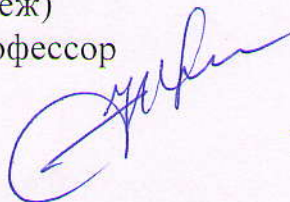
2. Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты, соответствующие областям исследований, определенным паспортом специальности 2.2.16 – Радиолокация и радионавигация по пунктам 3 и 7, нашедших практическое использование при обосновании рекомендаций по созданию и совершенствованию радиолокационных систем летательных аппаратов и свидетельствующие о вкладе автора в науку.

3. Работа удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Белокуров В.А. достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.16 – Радиолокация и радионавигация.

Лица, подписавшие отзыв на автореферат, выражают согласие на обработку и включение в аттестационное дело соискателя ученой степени своих персональных данных.

Профессор кафедры автоматизации управления
летательными аппаратами (и вычислительных систем)
ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)
доктор технических наук, профессор

«29» августа 2022 года



Ус Николай Александрович

Доцент кафедры автоматизации управления
летательными аппаратами (и вычислительных систем)
ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)
доктор физико-математических наук, доцент

«29» августа 2022 года



Разиньков Сергей Николаевич

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры автоматизации управления летательными аппаратами (и вычислительных систем) ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж) 29 августа 2022 года, протокол № 14.

Начальник кафедры автоматизации управления
летательными аппаратами (и вычислительных систем)
ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)
кандидат технических наук, доцент



Рубинов Владимир Иванович

«29» августа 2022 года

ВОЕННЫЙ УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ВОЕННО-ВОЗДУШНЫХ СИЛ
«ВОЕННО-ВОЗДУШНАЯ АКАДЕМИЯ ИМЕНИ ПРОФЕССОРА
Н.Е.ЖУКОВСКОГО И Ю.А.ГАГАРИНА» (Г. ВОРОНЕЖ)
394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а,
тлф. 8-(473)-244-78-25, E-mail: vaiu@mil.ru