

Утверждаю  
Заместитель начальника ВУНЦ ВВС «ВВА»  
(г. Воронеж) по учебной и научной работе  
кандидат военных наук, доцент

В.Казаков

« 09 » 2022 года

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Белокурова Владимира Александровича на тему: «Методы и алгоритмы межобзорной обработки сигналов мало-размерных и сверхманевренных радиолокационных объектов с учетом бортовой навигационной информации», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.16 – «Радиолокация и радионавигация»

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью обнаружения и определения параметров малоразмерных маневрирующих воздушных целей на большой дальности с помощью импульсно-доплеровских бортовых радиолокационных станций (БРЛС) летательных аппаратов (ЛА) и невозможностью обеспечить требуемые показатели эффективности обнаружения указанных целей с использованием существующих алгоритмов первичной обработки отраженных радиолокационных сигналов.

Возможным путем преодоления указанного недостатка является создание и реализация так называемых алгоритмов «сопровождения до обнаружения» целей, совмещающих этапы первичной обработки сигналов и вторичной обработки информации БРЛС. Созданные до настоящего времени алгоритмы «сопровождения до обнаружения» не в полной мере учитывают движение носителя БРЛС, что приводит к потерям в пороговом отношении сигнал-шум (ОСШ) и, как следствие, уменьшению энергетической дальности действия радиолокационных станций.

Таким образом, тема диссертации Белокурова В.А. «Методы и алгоритмы межобзорной обработки сигналов малоразмерных и сверхманевренных радиолокационных объектов с учетом бортовой навигационной информации», направленная на увеличение энергетической дальности действия БРЛС путем межобзорного накопления отраженных сигналов с учетом параметров движения ЛА, носит актуальный характер.

Наиболее значимые научные результаты исследования. На наш взгляд, наиболее значимыми научными результатами работы, обладающими высокой степенью научной новизны, являются:

- способ инвариантного обнаружения малоотражающего сверхманевренного объекта на основе многоканального по ускорению накопления мультипликаций, отличающийся адаптивной перенастройкой приемных каналов по ускорению, обеспечивающий выигрыш в пороговом ОСШ по сравнению с алгоритмом, основанным на разбиении принимаемой пачки импульсов на сегменты, и выигрыш в числе вычислительных операций по сравнению с многоканальным по скорости и ускорению алгоритмом;

- метод межобзорной обработки сигналов малоотражающего сверхманевренного объекта, отличающийся учетом информации об углах ориентации носителя в

обеспечения МАИ

«04» 10 2022 г.

пространстве и обеспечивающий расширение сферы применения межобзорного накопления сигналов на БРЛС высокоманевренных ЛА;

- метод аналитического вычисления порога обнаружения малоотражающего сверхманевренного объекта при межобзорной обработке сигналов на фоне негауссовского шума, отличающийся правилом нахождения функции распределения достаточной статистики и обеспечивающий существенное сокращение вычислительных затрат при определении порога обнаружения;

- алгоритм обнаружения и оценки параметров движения малоотражающего сверхманевренного объекта, отличающийся совместным использованием процедур многомодельной калмановской и гауссовской парциальной фильтрации и обеспечивающий кратное увеличение точности оценки параметров движения;

- алгоритм определения угловой ориентации высокоманевренного носителя БРЛС с коррекцией дрейфа микромеханических гироскопов, отличающийся использованием процедуры многомодельной калмановской фильтрации и обеспечивающий уменьшение ошибок угловой ориентации носителя БРЛС при интенсивных маневрах.

Указанные результаты соответствуют направлениям исследования, определенным паспортом специальности 2.2.16 – «Радиолокация и радионавигация»:

- по пункту 3 (в части разработки и исследования новых методов радиолокации, позволяющих повысить эффективность радиолокационных систем);

- по пункту 4 (в части разработки и исследования методов синтеза радиолокационных систем и устройств);

- по пункту 5 (в части синтеза и анализа алгоритмов обработки сигналов и информации в радиолокационных и радионавигационных системах и устройствах);

- по пункту 7 (в части разработки и исследования новых систем и устройств радиолокации с целью увеличения дальности действия, точности и разрешающей способности);

- по пункту 8 (в части разработки и исследования систем и устройств радионавигации с целью повышения точности угловой ориентации объектов в пространстве).

Теоретическая значимость работы заключается в развитии методических основ синтеза алгоритмов функционирования импульсно-доплеровских радиолокационных станций, реализующих межобзорную обработку отраженных сигналов.

Практическая значимость диссертации состоит в обосновании технических решений по созданию приемных каналов импульсно-доплеровских радиолокационных станций с межобзорной обработкой отраженных сигналов, а также в сравнительной оценке показателей достоверности обнаружения и точности сопровождения малоотражающих сверхманевренных объектов при использовании известных и предлагаемых алгоритмов обработки радиолокационных и навигационных данных.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается применением теоретически обоснованных и прошедших апробацию методов статистической радиотехники, теории принятия решений, нелинейной парциальной фильтрации, экстремальных статистик и интегрального исчисления;

Она подтверждается наглядной физической трактовкой выявленных закономерностей и эффектов, совпадением результатов теоретических исследований с дан-

ными полунатурного эксперимента, а также соответствием частных результатов, полученных диссертантом, с результатами, содержащимися в работах других авторов.

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

Замечания и недостатки. К наиболее существенным недостаткам диссертации, по нашему мнению, относятся следующие.

1. Из материала автореферата неясно, являются ли работоспособными предлагаемые алгоритмы межобзорной обработки сигналов в многоцелевой и сложной помеховой обстановке, при наличии в амплитудных спектрах принимаемых сигналов каждого канала дальности одной угловой пачки нескольких планерных, компрессорных и комбинационных составляющих, встречного излучения, а также преднамеренных радиопомех.

2. Неясно, каким образом выполняется оптимизация числа циклов обзора, по результатам которых выполняется обнаружение малоотражающего сверхманевренного объекта.

3. Не в полной мере понятно, каким образом в работе выбираются условные вероятности изменения состояний многомодельных фильтров Калмана при оценке параметров движения малоотражающего сверхманевренного объекта и угловой ориентации носителя БРЛС.

Вместе с тем, указанные недостатки не снижают качества выполненной работы и не ставят под сомнение ее положительную оценку.

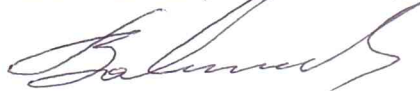
#### Выводы.

1. Диссертация «Методы и алгоритмы межобзорной обработки сигналов малоразмерных и сверхманевренных радиолокационных объектов с учетом бортовой навигационной информации» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема, имеющая значение для повышения энергетической дальности действия БРЛС высокоманевренных ЛА.

2. Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты, соответствующие пунктам 2, 4, 5, 7 и 8 раздела «Направления исследований» паспорта специальности 2.2.16 – «Радиолокация и радионавигация», нашедшие практическое использование при разработке технических решений по созданию приемных каналов импульсно-доплеровских радиолокационных станций с межобзорной обработкой отраженных сигналов 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».

Профессор 102 кафедры авиационных систем и комплексов радионавигации и радиосвязи ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)  
доктор технических наук (20.01.12), профессор (20.01.12)



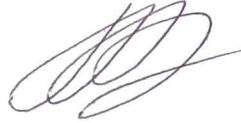
Миронов Владимир Александрович

« 12 » сентября 2022 года

Отзыв обсужден и одобрен на расширенном заседании 101 кафедры авиационных радиоэлектронных комплексов факультета авиационного радиоэлектронного оборудования ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж) 12 сентября 2022 года, протокол № 2.

Начальник 101 кафедры авиационных радиоэлектронных комплексов  
ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)  
кандидат технических наук (20.02.14, 20.01.09),  
доцент (20.02.14)

« 12 » сентября 2022 года



Аврамов Андрей Викторович

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