

## ОТЗЫВ

### ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата технических наук, Грачева Сергея Олеговича  
на диссертацию Голенко Дмитрия Сергеевича  
на тему «Сопровождение маневрирующих источников сигналов,  
двигающихся по баллистическим траекториям»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.12.14 «Радиолокация и радионавигация»

#### *Актуальность*

Диссертация Голенко Д.С. посвящена исследованию и разработке методов повышения точности многомодельных алгоритмов сопровождения маневрирующих баллистических объектов с помощью пассивной радиолокационной системы, в том числе на этапе входа в атмосферу и в условиях малого отношения сигнал-шум.

Результаты данной работы могут быть использованы для сопровождения баллистических ракет и баллистических ракет подводных лодок в рамках исполнения договора между Российской Федерацией и Соединёнными Штатами Америки о мерах по дальнейшему сокращению и ограничению стратегических наступательных вооружений, для проверки полноты выдачи информации, согласно договору.

Таким образом, тема диссертации, направленной на повышение точности алгоритмов и как следствие уточнение характеристик сопровождаемых объектов, является актуальной научно-технической задачей, имеющей большое значение для пассивных радиолокационных систем.

## ***Общая характеристики диссертации***

Диссертация состоит из трех глав.

В первой главе рассмотрены алгоритмы нелинейной фильтрации, такие как расширенный фильтр Калмана, сигма-точечный фильтр Калмана. Выбрано пространство измерений и состояний системы, а также описан переход к измеряемым координатам: углу азимута, углу места, частоте Доплера, с помощью функции измерений. Описаны принципы работы и приведены схемы трех типов многомодельного алгоритма, включающего различные модели движения объекта. Рассмотрены три модели движения баллистического объекта в соответствии с тремя фазами полета: разгон, свободный полет и вход в атмосферу.

Вторая глава посвящена сопровождению баллистического объекта из точки старта, когда радиолокационная станция находится на расстоянии 20 – 50 км от точки старта. Описаны различные траектории движения баллистического объекта. Предложен многомодельный алгоритм, включающий три модели движения объекта. Проведено моделирование сопровождения и анализ полученных результатов. Предложены модификации алгоритма сопровождения, повышающие его точность на различных участках полета. Рассмотрено сопровождение объекта на значительном удалении от радиолокационной станции в условиях низкого отношения сигнал-шум. Предложен алгоритм ассоциации получаемых отметок с траекторией, на основе алгоритма вероятностной ассоциации с учетом информации об амплитудах отметок.

В третьей главе рассмотрено сопровождение маневрирующего баллистического объекта на этапе входа в атмосферу, когда пассивная радиолокационная станция находится на расстоянии 20 – 50 км от предполагаемой точки падения. Предложен многомодельный алгоритм, использующий сигма-точечный фильтр Калмана. Использование сигма-точечного преобразования уменьшает вероятность расхождения при большой ошибке оценки начальной дальности до объекта.

### ***Научная новизна***

Научная новизна диссертации заключается в том, что автором получены новые результаты, к которым относятся.

1. Алгоритм ассоциации отметок, попадающих в строб отождествления, на основе алгоритма вероятностной ассоциации с учетом информации об амплитудах отметок. Алгоритм позволяет улучшить точность сопровождения в условиях низкого отношения сигнал-шум (ниже 10 дБ) на 15-30% по сравнению с известными алгоритмами вероятностной ассоциации.

2. Многомодельный алгоритм сопровождения излучающего баллистического объекта, использующий сигма-точечный фильтр Калмана, обладающий увеличенной областью устойчивости к ошибке оценки начальной дальности объекта. По сравнению с расширенным фильтром Калмана область устойчивости расширена в два раза (с 16 км до 32 км).

3. Ввод зависимости матрицы переходов от вектора состояния (состоящей из трех участков - фазы разгона, свободного полета, входа в атмосферу), которая позволяет снизить рост среднеквадратичного отклонения координат на 20-30% в фазе свободного полета.

### ***Теоретическая значимость***

Теоретическая значимость диссертации заключается в том, что полученные результаты могут быть использованы в дальнейших исследованиях многомодельных алгоритмов сопровождения.

### ***Практическая значимость***

Практическая значимость диссертации заключается в том, что разработанные автором многомодельные алгоритмы сопровождения излучающего баллистического объекта с помощью пассивной радиолокационной станции могут быть использованы при испытаниях ракет и космических аппаратов, а так же для контроля соблюдения договора между Российской Федерацией и Соединенными Штатами Америки о мерах по дальнейшему сокращению и ограничению стратегических наступательных вооружений, касаемо пусков межконтинентальных баллистических ракет и баллистических ракет подводных лодок.

### ***Достоверность и обоснованность результатов***

Достоверность и обоснованность результатов диссертации подтверждается корректным выбором и использованием методов математического анализа, теории вероятностей и математической статистики, а также результатами математического моделирования.

Результаты диссертации докладывались на научно-технических конференциях и опубликованы в четырех статьях, три из которых — в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК.

Основные положения диссертации нашли отражение в публикациях автора. Автореферат правильно передает основное содержание диссертации. Диссертация соответствует паспорту специальности 05.12.14 - «Радиолокация и радионавигация».

### ***Замечания***

В диссертации отмечены следующие недостатки.

1. Не четко сформулированы требования к точности оценки траектории и к точности оценки параметров движения баллистического объекта.

2. Не достаточно широко представлены альтернативные алгоритмы сопровождения баллистических объектов, а так же отсутствует информация о вычислительной сложности предлагаемых алгоритмов и ее сравнение с вычислительной сложностью альтернативных алгоритмов.

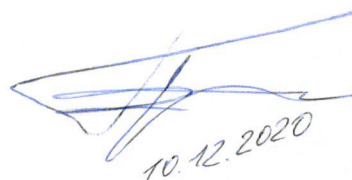
Отмеченные недостатки не являются определяющими и не снижают теоретической значимости и практической ценности диссертации.

### ***Выводы***

1. Диссертация Голенко Дмитрия Сергеевича на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой содержатся научно обоснованные решения задачи повышения точности алгоритмов сопровождения баллистических излучающих объектов, имеющие существенное значение для создания пассивных радиолокационных систем.

2. Диссертация имеет научную новизну и практическую значимость, удовлетворяет критериям положения «О порядке присуждения учёных степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует паспорту специальности 05.12.14 «Радиолокация и радионавигация», а ее автор Голенко Дмитрий Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 - «Радиолокация и радионавигация».

Официальный оппонент, к.т.н.,  
заместитель начальника СКБ  
публичного акционерного общества  
«НПО «Алмаз»



10.12.2020

С.О. Грачев

Личную подпись к.т.н. Грачева Сергея Олеговича заверяю:

Ученый секретарь  
диссертационного совета, д.т.н.



Я.И. Малашко

Адрес организации: 125190 г. Москва, Ленинградский проспект, д. 80, корп. 16.  
Телефон: +7 (499) 940-02-22, e-mail: info@raspletin.com