

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента, доктора технических наук, профессора Сеницына Евгения Александровича на диссертационную работу Киселева Виктора Юрьевича «Оценка качества траекторной обработки в радиолокационных системах управления воздушным движением», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация**

### **Актуальность темы диссертационной работы**

Актуальность темы диссертационной работы определяется необходимостью повышения качества аэронавигационного обслуживания и безопасности полетов воздушных судов (ВС) гражданской авиации.

На сегодняшний день управление воздушным движением (УВД) производится на основе данных, полученных от аэродромных и трассовых средств радиолокационного обзора воздушного пространства, с последующей выдачей информации о воздушной обстановке на обработку в автоматизированные системы (АС) УВД.

Одним из наиболее важных этапов обработки радиолокационной информации о ВС является траекторная обработка. Ее результаты непосредственно используются для отображения воздушной обстановки на рабочих местах диспетчеров АС УВД и служат основой для своевременного и объективного принятия решений по управлению ВС.

### **Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций**

Автор проводит исследования в области разработки средств объективной оценки качества функционирования системы траекторной обработки (СТО) на различных этапах ее работы.



Научной новизной обладают следующие результаты диссертационной работы:

1. Наборы показателей, характеризующих качество обнаружения и формирования треков ВС, ассоциации измерений, фильтрации треков и совместной обработки данных о ВС, поступающих от сети радиолокационных источников информации. Рассмотренные показатели позволяют провести полноценный и достоверный сравнительный анализ алгоритмов всех этапов траекторной обработки.

2. Методика статистической оценки выбранных показателей качества. Представленная методика основывается на результатах математического моделирования процесса автоматического траекторного сопровождения воздушного судна.

3. Результаты анализа наиболее часто используемых алгоритмов траекторной обработки в условиях, характерных для задач управления воздушным движением. Проведенный анализ позволяет оценить важные, с практической точки зрения, различия рассмотренных алгоритмов траекторной обработки. Даны рекомендации по выбору алгоритма обработки исходя из предъявляемых к системе траекторной обработки требований.

4. Алгоритм оценки интегрального показателя качества СТО на основе аппарата нечеткой логики. Достоинством предлагаемого алгоритма является возможность выявления недостатков СТО на уровне этапов траекторной обработки и соответствующих алгоритмов.

Достоверность представленных положений, результатов и выводов, сформулированных в диссертации, подтверждается корректным применением математического аппарата, апробацией предложенных показателей качества и методик их оценки на примере наиболее часто применяемых алгоритмов траекторной обработки, а также значительным количеством печатных работ, опубликованных по теме диссертации.

Следует особо отметить серию статей под единым названием «Оценка качества алгоритмов траекторной обработки в радиолокационных системах управления воздушным движением» в журналах издательства «Радиотехника», в которых были опубликованы основные результаты диссертационной работы. Эти публикации, безусловно, будут полезны специалистам, занимающимся разработкой алгоритмов траекторной обработки в различных радиотехнических, акустических и оптических системах.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

В диссертации для получения основных результатов используются современные методы математической статистики и математическое моделирование.

Состояние изучаемой в работе проблемы проанализировано на основе рассмотрения большого количества актуальных научных публикаций, а также оценки передового опыта отечественных и зарубежных предприятий, работающих в сфере разработки средств управления и организации движения воздушного транспорта. Список использованной литературы содержит 159 наименований и является достаточно полным.

Основные научные результаты диссертации отражены в двенадцати публикациях, среди которых четыре статьи представлены в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ. Результаты диссертационной работы рассматривались и обсуждались на международных и всероссийских конференциях и были внедрены в разработках промышленного предприятия, а также в учебном процессе ВУЗа, что подтверждает апробацию и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертации.

## **Практическая ценность результатов диссертации**

Практической ценностью обладают следующие результаты диссертационной работы:

1. Методика статистической оценки показателей качества по результатам математического моделирования процесса автоматического траекторного сопровождения воздушных судов в сценариях, характерных для задач УВД.

2. Алгоритм получения интегрального показателя качества траекторной обработки, позволяющий автоматизировать процесс принятия решения о соответствии СТО заданным требованиям.

3. Имитатор воздушной обстановки, который учитывает реальные характеристики ВС гражданской авиации и реализует сценарии наблюдения ВС, рекомендованные Европейской организацией по безопасности воздушной навигации «EUROCONTROL».

## **Замечания по диссертационной работе**

По содержанию диссертации имеются следующие замечания:

1. Представленные варианты моделируемых сценариев сопровождения воздушных судов могут оказаться недостаточными для покрытия всех возможных ситуаций и сценариев организации и управления воздушным движением.

2. Многие из предложенных показателей качества эквивалентны показателям из стандарта, разработанного «EUROCONTROL». Особенно это касается этапа фильтрации траекторий.

3. При получении результатов моделирования в диссертационной работе предполагается, что ошибки оценки координат воздушного судна описываются нормальным законом распределения, что не всегда отражает реальную ситуацию.

4. В диссертационной работе используется модель системы управления полетом, которая является «является грубым приближением реальной бортовой системы управления полетом» (стр. 174) воздушного судна. Целесообразно было бы указать на точностные параметры такого приближения при оценке характеристик положения и движения, а также траектории движения воздушного судна в сферической или декартовой прямоугольной системе координат.

5. Из диссертационной работы и автореферата не ясно, как конкретное количество объединяемых независимых источников радиолокационных данных о положении воздушного судна в пространстве влияет на качество траекторной обработки с оценкой количественных и вероятностных характеристик.

Отмеченные недостатки не снижают научную ценность и общую положительную оценку диссертации.

### **Заключение по диссертационной работе**

В целом диссертация является структурированной и законченной научно-квалификационной работой, выполненной на требуемом научном уровне.

Работа содержит новые теоретические результаты по систематизированному исследованию всех этапов траекторной обработки, а также практические рекомендации по выбору алгоритмов траекторной обработки.

Особый практический интерес представляет алгоритм получения интегральной оценки качества СТО, используемых в задачах УВД.

Автореферат соответствует основным положениям диссертации и отражает решенные автором задачи, полученные результаты и выводы.

Диссертация отвечает критериям, изложенным в «Положении о присуждении ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.

Автор работы Киселев Виктор Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 – «Радиолокация и радионавигация».

Официальный оппонент,  
начальник НИО-50811000  
АО «Ордена Трудового Красного Знамени  
Всероссийский научно-исследовательский  
институт радиоаппаратуры»,  
доктор технических наук, профессор



Е.А.Синицын

Почтовый адрес: 199106, Санкт-Петербург,  
Шкиперский проток, д. 19  
Телефон: +7 (812) 335-25-55 (доб. 4413)  
Адрес электронной почты: [esinit@yandex.ru](mailto:esinit@yandex.ru)

Подпись Е.А.Синицына удостоверяю

Учёный секретарь  
АО «Ордена Трудового Красного Знамени  
Всероссийский научно-исследовательский  
институт радиоаппаратуры»,  
доктор технических наук, профессор  
Заслуженный деятель науки РФ

Ю.Г.Шатраков