



Акционерное общество
«Научно-производственное предприятие «Радар ммс»

197375, Россия, Санкт-Петербург
ул. Новосельковская, д. 37, литера А
тел.: +7 (812) 777-50-51
факс: +7 (812) 600-04-49
e-mail: radar@radar-mms.com
www.radar-mms.com



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Тарасенкова Андрея Александровича
«Оценка высоты воздушного судна методом фазовой автоподстройки опорного сигнала в радиовысотомере непрерывного излучения»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.2.16 – «Радиолокация и радионавигация»

Актуальность темы диссертации

Измерение высоты полета на борту воздушных судов осуществляется аэрометрическими и радиотехническими системами. Каждая из этих систем призвана решать определенный круг задач. К бортовым радиотехническим средствам определения высоты полета относятся системы спутникового навигации, а также бортовые радиовысотомеры. Последние характеризуются высокой степенью надежности, автономностью и точностью, что делает их незаменимыми в современной авиации. Несмотря на широкое распространение систем спутникового позиционирования, позволяющих с высокой точностью оценивать координаты воздушного судна, существует ряд задач, для решения которых бортовые радиовысотомеры остаются незаменимыми. Важнейшим применением этих приборов являются обеспечение посадки воздушных судов транспортной авиации и пассажирских авиалайнеров, для которых данные от бортового радиовысотомера малых высот являются важным источником пилотажной информации. Интенсивное развитие современных беспилотных летательных аппаратов также открывает для бортовых радиовысотомеров малых высот новые возможности для применения. В последнее время все больший интерес у разработчиков вызывает использование бортового радиовысотомера в составе автономной комплексной навигационной системы для измерения вектора путевой скорости и пространственных координат.

На основании изложенного можно утверждать, что цель диссертационной работы А. А. Тарасенкова, состоящая в повышении качества измерений высоты воздушного судна радиовысотомером непрерывного излучения путем слежения за фазой сигнала биений, является актуальной.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе

Достоверность основных результатов диссертации подтверждается результатами аналитических расчетов, компьютерного моделирования и экспериментальных исследований, проведенных в ходе выполнения работы.

Апробация результатов исследования

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих научно-технических конференциях: Научная сессия ГУАП, посвященная Дню космонавтики, Санкт-Петербург, 2020 г.; Международная научно-техническая конференция «Радиолокация, навигация, связь», Воронеж, 2021 г. и 2023 г.; Всероссийская научно-техническая конференция «Радиовысотометрия-2021», АО «УПКБ «Деталь», г. Каменск-Уральский, 2021 г.; Международная научная конференция «Волновая электроника и информационные системы», Санкт-Петербург, 2022 г. и 2023 г.

Научная новизна результатов диссертационной работы

Полученным результатам присуща научная новизна, требуемая для диссертаций, представляемых к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук:

1. Для обработки сигнала биений и оценки высоты в радиовысотометре непрерывного излучения предложен алгоритм и устройство, основанные на использовании контура фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) опорного сигнала.
2. Предложен способ повышения точности радиовысотометра с измерительным контуром ФАПЧ путем обработки разности фаз сигнала биений и опорного сигнала в фазовом фильтре, реализующим метод наименьших квадратов.
3. Предложен способ увеличения быстродействия измерительного контура ФАПЧ за счет применения фильтра Калмана в качестве петлевого сглаживающего фильтра.
4. Теоретически обоснованы и экспериментально подтверждены результаты по выбору типа частотной модуляции излучаемого сигнала для радиовысотометра с контуром ФАПЧ.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы заключается в следующем.

1. В работе предложен оригинальный метод обработки сигнала биений в радиовысотометре непрерывного излучения с использованием контура ФАПЧ.
2. Показано, что оценки высоты, формируемые таким измерителем, стремятся к оптимальным по критерию максимума правдоподобия.
3. Получены нижние границы Крамера-Рао для дисперсии оценки высоты при использовании разных типов частотной модуляции, доказывающие, что гармонический тип частотной модуляции обеспечивает более высокую точность по сравнению с линейными типами, традиционно используемыми в радиовысотометрах.

Практическая значимость работы заключается в следующем.

1. В процессе исследований были синтезированы математические модели радиовысотометров непрерывного излучения следающего типа, в том числе модель радиовысотометра с измерительным контуром ФАПЧ, обеспечивающие необходимый инструментарий для исследований и отладки алгоритмов обработки сигнала биений.
2. Разработаны алгоритмы и синтезирован петлевой сглаживающий фильтр для измерительного контура ФАПЧ на основе фильтра Калмана, позволяющие повысить точность и быстродействие РВ.
3. Определен тип частотной модуляции зондирующего сигнала, обеспечивающий увеличение точности оценки высоты.
4. Исследовано влияние эффекта расширения спектра сигнала биений, вызванного шероховатостью отражающей поверхности и эффектом Доплера, на точность оценивания высоты.
5. Разработан и построен макет приемопередающего устройства радиовысотометра непрерывного излучения для лабораторных и натуральных испытаний и проведены экспериментальные исследования.

Замечания и пожелания

1. Не представлена оценка влияния характеристик измерительного контура ФАПЧ на точность измерения высоты, в частности влияния фазового шума и параметров петлевого фильтра.

2. Для исследования измерительного контура ФАПЧ с петлевым фильтром Калмана выбрана простейшая модель полета на постоянной высоте, тогда как в реальной эксплуатации высота воздушного судна постоянно меняется.

3. В тексте автореферата обнаружен ряд опечаток и оформительских погрешностей.


Заключение

Указанные замечания не влияют на общую высокую оценку выполненных исследований.

В целом, представленные в диссертации теоретические положения можно квалифицировать как научное достижение, несомненно, имеющее важное значение.

Можно заключить, что диссертационная работа Тарасенкова А. А. «Оценка высоты воздушного судна методом фазовой автоподстройки опорного сигнала в радиовысотомере непрерывного излучения» выполнена на высоком научном уровне, соответствует всем требованиям ВАК РФ, включая те из них, что содержатся в п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. в действующей редакции, а ее автор, Тарасенков Андрей Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.16 - «Радиолокация и радионавигация».

Заместитель генерального конструктора
ОАО «НПП «Радар ММС»,
доктор технических наук, профессор


В. А. Сарычев

«10» 01 2025 г.

Почтовый адрес: 197375, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Новосельковская, д. 37, лит. А
Телефон: +7 (812) 777-50-51
Факс: 8 (812) 600-04-49 (факс)
Email: radar@radar-mms.com

Подпись Сарычева Валентина Александровича заверяю.

Заместитель Генерального директора по общим вопросам.


С.Н. Скребец

«10» 01 2025 г.