

# ТУСУР

Министерство науки и высшего образования РФ

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования

**Томский государственный университет систем  
управления и радиозлектроники**

ОКПО 02069326, ОГРН 1027000867068,  
ИНН 7021000043, КПП 701701001

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40

тел: (382 2) 413670

факс:

e-mail: office@tusur.ru

http:// www.tusur.ru

27/12/2024 г.

Санкт-Петербургский государственный  
университет аэрокосмического  
приборостроения.

Ученому секретарю диссертационного  
совета 24.2.384.01

Сергееву Александру Михайловичу

190000, Санкт-Петербург, ул. Большая  
Морская, д. 67

## ОТЗЫВ

доктора технических наук, профессора Тисленко Владимира Ильича 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 работы.

Бортовые радиолокационные высотомеры (РВ) малых высот являются составной частью навигационных комплексов, пилотируемых и беспилотных, воздушных и космических аппаратов. Бортовой комплекс обеспечивают решение задач навигации и управления летательных аппаратов (ЛА). Достижение требуемой точности измерения текущей высоты полета осложняется тем, что сигнал на выходе приемной антенны подвижного РВ формируется в результате отражений от пространственно распределенной области на шероховатой подстилающей поверхности.

В итоге частотно-временная структура сигнала биений в РВ малых высот, являясь случайной, оказывается достаточно сложной. Строгое решение задачи статистического синтеза оптимального алгоритма оценки высоты ЛА в этих условиях в ряде случаев приводит к достаточно сложным в вычислительном плане структурам. В связи с этим поиск и исследование алгоритмов близких по своим свойствам к оптимальным представляет важную для практических применений научную задачу. Исследования по анализу и синтезу таких алгоритмов оценки текущей высоты полета ЛА в указанных условиях безусловно актуальны.

В диссертационной работе автора поставлена и решена задача разработки и оптимизации алгоритма обработки сигнала и функциональной схемы РВ малых высот, в котором оценка текущей высоты формируется в режиме слежения. При этом в следящем контуре реализуется автоматическая подстройка фазы опорного сигнала дискриминатора и дополнительно подстройка его частоты во внешнем контуре.

Во второй главе работы автор выполнил глубокий и содержательный сравнительный анализ статистических характеристик оценок высоты полета и предложил модифицировать контур слежения, что обеспечило снижение смещения и СКО оценок. В итоге показано, что в случае точечного отражателя и наличия собственного шума приемника, РВ со следящим контуром ФАПЧ реализует на (10 – 15) % более высокие показатели точности оценок по сравнению с традиционными вариантами обработки.

Третья глава работы посвящена сравнительному анализу погрешности оценок высоты в следящей системе с контуром ФАПЧ и в традиционных системах в условиях наличия отражений от шероховатой подстилающей поверхности. Путем прямого моделирования структуры сигнала биений с использованием адекватных моделей формирования отраженного сигнала, убедительно показано, что предложенный в работе алгоритм имеет на порядок более высокие характеристики точности оценок.

В четвертой главе работы выполнены исследования по оптимизации параметров петлевых фильтров с астатизмом 1 –го, 2 –го порядка и сравнение характеристик точности оценок при включении в контур фильтра Калмана, а также получены содержательные результаты по обоснованию вида ЧМ излучаемого сигнала. В главе для случая точечного отражателя получены соотношения, определяющие потенциальную точность оценок в виде нижней границы дисперсии несмещенных оценок для разных видов ЧМ. Показано значимое преимущество сигнала с ГЧМ, причем и в том случае, когда сигнал биений образован отражением волны от шероховатой поверхности.

Пятая глава работы содержит результаты эксперимента, выполненного с макетом образца РВ. Показано, что с учетом объективных ограничений, связанных с условиями выполнения измерений, полученные теоретические результаты находятся в хорошем соответствии с данными эксперимента.

Изучение автореферата и диссертации позволяет сделать следующие замечания.

1. В диссертации по существу не обсуждается вопрос о математической модели информативного процесса – процесса изменения истинной высоты. Действительно, допустим выполняется посадка ВС в условиях значимого вертикального ветра. Очевидно, что вариации высоты (их скорость и интенсивность) зависят от типа ВС. Аналогично и при посадке вертолета на палубу корабля при волнении моря. Следует ли при этом корректировать параметры следящего контура?
2. В 3-й главе сделан вывод о том, что контур ФАПЧ с фильтром Калмана (ФК) дает, при заданных параметрах, больший уровень как систематической, так и случайной ошибок. Однако в итоге, очевидно, все-таки, важна общая погрешность, включая и динамическую. И по критерию общей погрешности ФК (по определению) есть оптимальный. Возможно, не адекватно были заданы параметры статистической модели сигнала на выходе дискриминатора при синтезе фильтра? Они оказались верны при большом отношении С/Ш.
3. Статистическое моделирование и выводы о соотношении ошибок исследуемых величин получены для ансамбля из 500 реализаций. Само по себе это не есть


аргумент в пользу достоверности выводов, особенно при близких значениях величин. Какова статистическая достоверность ?


4. В тексте встречаются описки. В частности, в записи выражения дискриминационной характеристики ФД не указано комплексное сопряжение одного из сигналов.

Указанные выше замечания не определяют научную и практическую значимость исследований автора и работы в целом. В итоге выводы по представленной к защите диссертации следующие.

1. Содержание работы и полученные автором результаты безусловно представляют научный и практический интерес. Проведенные исследования выполнены грамотно на должном научном уровне и полученные результаты корректны в научном плане. Они представлены в публикациях автора.
2. Диссертационная работа «Оценка высоты воздушного судна методом фазовой автоподстройки опорного сигнала в радиовысотомере непрерывного излучения», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.16 – «Радиолокация и радионавигация» соответствует паспорту указанной специальности и пункту 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., в действующей редакции, а ее автор Тарасенков А. А. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.16 – «Радиолокация и радионавигация».

Профессор кафедры радиотехнических систем  
Томского государственного университета систем  
управления и радиоэлектроники, доктор  
технических наук Тисленко Владимир Ильич

 /Тисленко В.И./

Подпись Тисленко В.И. удостоверяю  
Секретарь ученого совета ТУСУРа  
 /Прокопчук Е.В./

