



ФЕДЕРАЛЬНОЕ КОСМИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО

Федеральное государственное унитарное предприятие
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ» (ФГУП ЦНИИмаш)



ул. Пионерская, д. 4, г. Королёв,
Московская область, 141070

Тел. (495) 513-59-51
Факс (495) 512-21-00

E-mail: corp@tsniimash.ru
http://www.tsniimash.ru

ОКПО 07553682, ОГРН 1025002032791
ИНН/КПП 5018034218/501801001

17.03.16 исх. № 3021-44
на № _____ от _____

Ученый совет ФГБОУ «Московский
авиационный институт (национальный
исследовательский университет)» МАИ
Ученому секретарю диссертационного
совета Д 212.125.03
к.т.н., доценту
А.Н.Ульяшиной

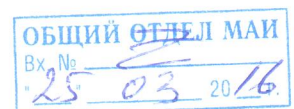
Уважаемая Алла Николаевна!

Высылаю отзыв ведущей организации «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» на диссертацию Кишко Дмитрия Владимировича «Повышение точности определения навигационных параметров вертолета при посадке на корабль», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 - «Радиолокация и радионавигация». Одновременно возвращаю диссертацию.

Приложение: 1. Отзыв, в 2 экз., на 5 листах каждый, несекретно.
2. Диссертация, 1 том.

Главный ученый секретарь института
д.т.н., профессор

Ю.Н. Смагин



Исп. Кульнев Е.В.
Тел. 8-495-513-48-54

011769 *



УТВЕРЖДАЮ
Заместитель Генерального
директора ФГУП ЦНИИмаш,
кандидат технических наук

С.Н. Карутин

2016 г

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

«Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»

на диссертацию Кишко Дмитрия Владимировича

**«Повышение точности определения навигационных параметров
вертолета при посадке на корабль»,**

**представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности**

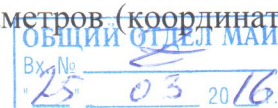
05.12.14 - «Радиолокация и радионавигация»

Актуальность темы диссертационного исследования

Задачи по укреплению обороноспособности и развитию экономики Российской Федерации формируют всевозрастающие требования к точности, непрерывности и достоверности координатно-временного и навигационного обеспечения, основой которого является космическая навигационная система ГЛОНАСС. Вследствие низкого энергетического потенциала навигационных радиополос глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) не обладают достаточной помехозащищенностью, что в условиях постановки радиопомех может привести к затруднению навигации подвижных средств. Для авиационных потребителей (самолетов, вертолетов и др.) такие нарушения могут быть критическими на этапах захода и посадки, особенно при посадке на корабль. Это обусловило выбор автором в качестве основного направления исследование вопросов, связанных с обеспечением автоматизированной посадки летательных аппаратов (вертолетов) на палубу корабля.

Одним из путей решения задачи устойчивой и высокоточной навигации на этапе захода и посадки летательных аппаратов является создание локальных радионавигационных систем (ЛРНС), обладающих большей энергетикой по сравнению с ГНСС и позволяющих обеспечить помехозащиту и автономность работы радиосистемы в условиях воздействия помех. Несмотря на наличие отечественных и зарубежных аналогов локальных РНС вопросы обеспечения высокой точности определения параметров движения летательных аппаратов при выполнении посадки в автоматизированном режиме, особенно на палубу, остаются по-прежнему важными и актуальными.

Представленная диссертационная работа посвящена исследованию и разработке методов повышения точности определения навигационных параметров (координат и



скоростей) вертолета морской авиации при выполнении захода и посадки на палубу в автоматизированном режиме с использованием корабельной локальной радионавигационной системы, что делает работу актуальной и востребованной.

Целью диссертационной работы является повышение точности определения навигационных параметров вертолета при посадке на корабль путем улучшения алгоритмов вторичной обработки сигналов ЛРНС.

Структура и содержание работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы и приложения. Работа изложена на 160 страницах машинописного текста, содержит 37 рисунков, 5 таблиц и 164 формулы, список литературы включает 69 наименования.

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы и степень ее разработанности, сформулированы цели, задачи, объект и предмет исследований, приведены основные положения, выносимые на защиту, указаны методы исследований, рассмотрена научная новизна, практическая и теоретическая значимость полученных результатов, кратко рассмотрено содержание глав диссертации.

В **первой главе** рассмотрены требования к морским навигационным системам автоматизированной посадки вертолета, и на основе обзора литературы проведен анализ современных средств и методов, обеспечивающих посадку вертолета на палубу корабля. Сделан вывод, что наиболее полно для обеспечения автоматизированного захода и посадки на палубу корабля предъявленным требованиям удовлетворяют локальные радионавигационные системы. Рассмотрены основные факторы, определяющие потенциальные характеристики ЛРНС, проведена постановка задачи повышения точности определения навигационных параметров вертолета в корабельных ЛРНС и определены пути её решения.

Во **второй главе** рассматриваются основные принципы построения и функционирования локальных радионавигационных систем посадки вертолета на палубу корабля. Предложены состав и структура ЛРНС на основе использования нескольких палубных приемо-передающих радиомодулей, работающих в диапазоне 10 ГГц, рассмотрены типы навигационных сигналов для реализации в ЛРНС, а также возможный состав измерений текущих навигационных параметров, осуществляемых ЛРНС. Описана технология функционирования ЛРНС и предложены алгоритмы обработки измерений текущих навигационных параметров для получения оценок параметров движения вертолета на этапе захода и посадки на палубу. Для различных вариантов топологии ЛРНС предложены методы синхронизации приемо-передающих модулей.

В **третьей главе** рассмотрены алгоритмы оценивания вектора координат и скоростей с использованием измерений параметров радиосигналов, в том числе представлена классификация различных алгоритмов обработки псевдофазовых измерений, позволяющих значительно повысить точность определения навигационных параметров. Представлена разработанная модификация алгоритма

многомодальной фильтрации, позволяющая увеличить область сходимости алгоритма в 1.7 раза за счет уменьшения ошибки линеаризации, изменении правила выбора наиболее правдоподобной моды, а также нормировки функции правдоподобия.

В **четвертой главе** решена задача параметрической условной оптимизации размещения навигационных приемо-передающих модулей на корабле с учетом ограниченности площади размещения на палубе и обеспечиваемой зоны полетов. Разработана методика проведения анализа работы алгоритмов обработки результатов измерений параметров радиосигналов. На основе результатов проведенного моделирования сделан вывод о том, что предлагаемые модификации алгоритма многомодальной фильтрации позволяют снизить ошибку определения координат в 10 и более раз по сравнению с фильтром Калмана, использующим обработку псевдофазовых измерений без/(с применением) процедуры разрешения целочисленной неоднозначности, для рассматриваемых условий применения. Также проведен анализ влияния смещения фазовых центров антенн навигационных модулей корабельного сегмента на погрешность определения координат вертолета, приведены рекомендации для снижения влияния данного фактора.

В заключении представлены основные результаты диссертационной работы.

В результате проведенных исследований автором получен ряд новых научных положений и результатов, которые вынесены на защиту. Основными из них являются:

1. Принципы построения и функционирования корабельных локальных радионавигационных систем повышенной помехозащищенности на основе сети самосинхронизирующихся когерентных приемо-передающих модулей, обеспечивающих высокоточное местоопределение вертолетов и посадку по псевдофазовым измерениям.

2. Методы непрерывной синхронизации пространственно-разнесенных приемо-передающих модулей корабельного сегмента в процессе его работы по целевому радиосигналу, не требующие проведения предварительной калибровки приемо-передающих трактов модулей.

3. Модифицированный алгоритм многомодальной фильтрации псевдофазовых измерений.

4. Имитационная модель корабельной радионавигационной системы захода и посадки вертолета на палубу корабля.

Научная и практическая значимость результатов

Научная значимость диссертационной работы заключается в следующем:

- 1) Предложенные методы синхронизации приемо-передающих модулей обеспечивают когерентное излучение радиосигналов навигационных модулей корабельного сегмента с погрешностью не хуже 0,6 рад, соответствующей задержке времени 10 пс, вычисленной по фазе несущего колебания с частотой 10 ГГц. Предложенные методы синхронизации в отличие от аналогов не требуют калибровки приемо-передающих трактов, функционируют непрерывно во время целевой работы

системы и отличаются простотой реализации.

2) Разработанная модификация алгоритма многомодальной фильтрации позволяет снизить вероятность аномальной ошибки в 20 раз и повысить точность в 10 раз по сравнению с аналогами.

3) Разработанная автором имитационная модель определения координат и скоростей вертолета по сигналам от навигационных модулей ЛРНС позволила провести сравнительный анализ, выявить допустимые пределы систематических смещений, вызванные смещением фазовых центров антенн.

Практически значимыми результатами являются разработанный алгоритм многомодальной фильтрации, который может применяться при обработке фазовых измерений в наземных и авиационных когерентно-импульсных радиолокационных станциях, многобазовых пеленгаторах и при определении навигационных параметров объектов по сигналам ГНСС фазовыми методами. Предложенные методы синхронизации могут применяться в многопозиционных радиолокационных системах с малыми базами для обеспечения когерентного излучения распределенных передающих устройств.

Достоверность основных положений и выводов диссертационной работы подтверждается корректностью принятых допущений, теоретическим обоснованием применяемого методического и алгоритмического обеспечения, результатами имитационного моделирования.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Автору работы рекомендуется продолжить исследования в данном направлении. Представленные результаты могут быть применены не только в ЛРНС, но и при обработке псевдофазовых измерений в спутниковых радионавигационных системах, а также в многошкальных фазовых пеленгаторах. Помимо этого, предложенные принципы функционирования корабельных ЛРНС могут быть использованы при разработке наземных систем посадки беспилотных летательных аппаратов, роль которых в последнее время возрастает.

Замечания по диссертации

К недостаткам работы можно отнести следующее:

1) В работе излишне подробно представлены общеизвестные положения, которые по существу носят справочный характер, в связи с чем эти материалы можно было бы опустить или отнести в приложение.

2) В диссертационной работе недостаточно полно описаны условия проведения имитационного моделирования, что затрудняет объяснение ряда полученных в работе результатов.

3) При решении задачи параметрической оптимизации зону установки корабельного сегмента необходимо было расширить с учетом возможного размещения антенн корабельных навигационных модулей ЛРНС на мачтах, надстройках корабля и т.д. Также для решения данной задачи целесообразно было использовать более эффективные методы линейного программирования.

4) В работе встречаются стилистические неточности и грамматические ошибки.

Указанные замечания не являются принципиальными и не снижают общей ценности рассматриваемой диссертационной работы.

Заключение

Диссертация на тему «Повышение точности определения навигационных параметров вертолета при посадке на корабль» Кишко Д.В. представляет собой законченную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют теоретическое и практическое значение.

По результатам научных исследований в рамках диссертационной работы опубликовано 8 печатных работ, в том числе 4 статьи в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК для опубликования результатов диссертаций; в трех сборниках докладов Всероссийских и региональных конференций и получен 1 патент в Роспатенте и.

Автореферат полностью и достоверно отражает основное содержание диссертации.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что диссертация на тему «Повышение точности определения навигационных параметров вертолета при посадке на корабль» отвечает критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор Дмитрий Владимирович Кишко заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 - «Радиолокация и радионавигация».

Отзыв обсужден и согласован на заседании секции №3 НТС ИАЦ КВНО ФГУП ЦНИИмаш 9 марта 2016 года, протокол № 16/05.

Главный ученый секретарь предприятия
д.т.н., профессор

Ю.Н. Смагин

Ведущий научный сотрудник отдела 3021
к.т.н

Е.В. Кульнев

Ведущий научный сотрудник отдела 3021
к.т.н

Г.Е. Пенин

Ученый секретарь секции №3 НТС

И.А. Золкин