

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук Гребёнкина Александра Витальевича на диссертацию автора Чжо Зин Латт «Алгоритмическое обеспечение повышения точности измерений воздушных параметров движения самолета на основе методов идентификации и динамики полета», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **05.07.09** – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов»

Актуальность темы исследования. Работа соискателя посвящена проблеме повышение точности измерений параметров движения самолета относительно воздушной среды, а именно, истинной воздушной скорости, углов атаки и скольжения. Эти параметры и точность их измерения чрезвычайно важны для разработки комплексных систем управления полетом, для обеспечения должного уровня характеристик устойчивости и управляемости в ручном и автоматическом режимах управления, и, в конечном итоге, для обеспечения безопасности полетов. Поэтому тема диссертации является, безусловно, актуальной.

Целью диссертационной работы является разработка алгоритмического обеспечения повышения точности измерений воздушных параметров движения самолета для этапов испытаний и эксплуатации воздушных судов на основе законов динамики полета и параметрической идентификации, путем оценивания систематических погрешностей бортовых аэрометрических измерений и скорости ветра.

В качестве **объекта исследования** рассматриваются методы повышения точности бортовых измерений, основанные на использовании математических моделей пространственного движения самолёта, соотношений между различными системами координат и комплексировании измерительной информации.

Предметом исследования в диссертационной работе являются алгоритмы идентификации систематических погрешностей бортовых аэрометрических измерений и трех проекций скорости ветра, использующие измерения скорости, выполняемые спутниковой навигационной системой (СНС).

Рассмотрение содержания диссертации. Представленная диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулирована цель диссертационной работы, определены объект, предмет и задачи исследования, определены методы исследования, положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая значимость работы, перечислены основные методы и принципы, обеспечивающие достоверность научных результатов, перечислены публикации и конференции, на которых докладывались основные результаты работы.

В первой главе автором по результатам имеющихся публикаций выполнен анализ методов обработки бортовых измерений, направленных на повышение их точности. Основное внимание уделено методам, использующим комплексирование информации и методам теории идентификации систем для получения оценок систематических погрешностей.

По результатам анализа автор сделал вывод, что перспективным направлением исследований является оценивание и коррекция погрешностей аэрометрических измерений с использованием данных СНС.

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. №
10 12 20 19

Во второй главе представлены обоснование и описание всех алгоритмов, предлагаемых в диссертации.

Третья глава посвящена экспериментальному исследованию алгоритма идентификации систематических погрешностей аэрометрических измерений в каналах датчиков углов атаки и скольжения, а также воздушной скорости. По данным стендового полунатурного моделирования полета учебно-тренировочного самолета выполнялась обработка по предложенному в диссертации алгоритму и определялась точность оценивания систематических погрешностей измерений. На стенде моделировались различные полетные манёвры и оценивалось их влияние на точность оценок погрешностей.

В четвертой главе по данным стендового моделирования представлены результаты оценки точностных характеристик различных вариантов алгоритма идентификации скорости ветра, различающихся набором наблюдаемых параметров. Рассматриваются три варианта:

- с использованием измерений воздушной скорости,
- с использованием измерений углов атаки и скольжения,
- с обобщенным вектором наблюдений, включающим три измерительных канала: воздушную скорость, угол атаки и скольжения.

Определяется зависимость точности нахождения трех проекций скорости ветра от вида маневра, длины интервала обработки, величины не исключённых систематических погрешностей.

В заключении обобщены и изложены основные результаты диссертационной работы.

Основная идея работы состоит в том, чтобы на основе уравнений динамики полета сопоставить аэрометрические измерения с существенно более точными измерениями скорости, выполняемыми спутниковой навигационной системой. Далее применяется параметрическая идентификация, обеспечивающая нахождение оценок систематических погрешностей аэрометрических измерений и трех проекций скорости ветра. В этой задаче учет ветра необходим в первую очередь для согласования спутниковых и аэрометрических измерительных каналов, кроме того, оценивание скорости ветра имеет самостоятельное значение. Этот подход является оригинальным, на его основе автору удается получить несколько новых научных результатов.

Новизна полученных результатов и их научная ценность. В работе получены следующие результаты, обладающие признаками научной новизны:

- алгоритм оценивания систематической аддитивной погрешности измерений воздушной скорости с использованием спутниковых навигационных измерений и оцениванием скорости ветра;
- алгоритм проверки согласованности спутниковых измерений скорости полета и бортовых измерений углов атаки и скольжения с учетом скорости ветра;
- алгоритм оценивания систематических погрешностей бортовых измерений углов атаки и скольжения с учетом скорости ветра;
- обобщенный алгоритм идентификации систематических погрешностей бортовых измерений воздушной скорости, углов атаки и скольжения с одновременной идентификацией скорости ветра;

- алгоритм идентификации в полете трех проекций скорости ветра по данным спутниковой навигационной системы и бортовым аэрометрическим измерениям воздушной скорости, углов атаки и скольжения;

- зависимости точностных характеристик алгоритма оценивания систематических погрешностей аэрометрических измерений и идентификации скорости ветра от видов полетных маневров и длительности интервала обработки;

- зависимости точностных характеристик алгоритма оценивания трех составляющих скорости ветра по данным спутниковой навигационной системы от не исключённых систематических погрешностей аэрометрических измерений, видов полетных маневров, длительности интервала обработки.

Практическая значимость полученных результатов. Полученные в работе результаты, обеспечивающие высокую точность бортовых аэрометрических измерений и оценивание трех проекций скорости ветра по данным спутниковой навигационной системы, могут быть использованы в ходе разработки алгоритмического обеспечения для сопровождения испытаний и эксплуатации ЛА, а также в учебном процессе.

Достоверность результатов диссертационной работы обеспечивается корректностью применения методов идентификации и динамики полета, подтверждением полученных теоретических результатов по данным стендового моделирования.

По теме диссертации опубликованы:

- одна статья в издании, входящем в Web of Science;

- одна статья в журнале, входящем в Scopus;

- три статьи в журналах, входящих в рекомендованный Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации перечень научных изданий;

- три работы в сборниках тезисов докладов на научно-технических конференциях.

Публикации отражают содержание диссертационной работы.

Основные научные результаты исследований по теме диссертации докладывались и обсуждались на 4-х научных конференциях и одном семинаре.

Основные положения представленной диссертации достаточно полно и адекватно отражены в **автореферате**.

В качестве замечаний и рекомендаций по диссертации следует указать:

1. В работе принято допущение, что приемник динамического давления воспринимает только составляющую воздушной скорости, направленную вдоль его оси, однако реальная картина существенно более сложная, фактически приемник имеет собственную пространственную «диаграмму направленности», которую необходимо определять и учитывать.

2. Для окончательного подтверждения работоспособности предложенных в работе алгоритмов и методов необходимо провести их тестирования по данным летных испытаний.

3. Изложение во второй главе несколько затянато, имеют место повторения, чрезмерно детальное рассмотрение частных вариантов алгоритмов.


4. В четвертой главе имеются сбои в нумерации рисунков.

Указанные замечания не меняют общей положительной оценки работы. Диссертационная работа выполнена на актуальную тему, отличается научной новизной и практической значимостью.

Общее заключение о диссертации. Диссертационная работа соискателя Чжо Зин Латт является законченным научным исследованием, в котором решена задача разработки и исследования алгоритмического обеспечения для повышения точности измерений воздушных параметров движения самолета на основе методов идентификации и динамики полета, важного для создания современных комплексных систем управления полетом и систем ограничения пилотажных режимов самолетов. Диссертация соответствует требованиям ВАК при Минобрнауки РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Чжо Зин Латт, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Официальный оппонент:

Начальник отдела ПАО «Московский институт
электромеханики и автоматики»,
доктор технических наук
Гребёнкин Александр Витальевич


_____ А.В. Гребёнкин
« 09 » _____ 12 2019 г.

125319, г. Москва, Авиационный пер., д.5
Телефон: +7 (495) 223-27-09 доб. 46-48,
e-mail: agrebenkin@aomiea.ru

Подпись Гребёнкина Александра Витальевича заверяю.
Учёный секретарь диссертационного совета
ДСО 999.023.03 при ПАО «Московский институт электромеханики и автоматики»

к.т.н.


_____ О.Б. Кербер
