



МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственный научный центр Российской Федерации
Федеральное государственное унитарное предприятие
**«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени профессора Н.Е.Жуковского»
ФГУП «ЦАГИ»**

140180 Московская обл., г. Жуковский, ул. Жуковского, д. 1
тел.: (495)556-4205, факс: (495)777-6332
E-mail: <http://www.isagi.ru>
ОКПО 07542112, ОГРН 1025001624471
ИНН / КПП 5013009056/504001001

09.12.2019 № КСм/15-10-10665

На № _____

Отзыв

ведущей организации на диссертацию автора Чжо Зин Латт на тему «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» (авиационная и ракетно-космическая техника)

Диссертационная работа автора Чжо Зин Латт посвящена проблеме повышения точности и достоверности бортовых аэрометрических измерений, а также оцениванию скорости ветра. Рассматриваемые автором истинная воздушная скорость полета, углы атаки и скольжения являются важнейшими параметрами, от точности измерения которых зависят характеристики устойчивости и управляемости самолета, а также эффективность работы ограничителей предельных режимов, что играет ключевую роль для обеспечения безопасности полета. Также достоверные оценки рассматриваемых параметров весьма важны для достижения высоких летно-технических характеристик воздушного судна. Поэтому тема диссертационной работы является актуальной.

“Утверждаю”

Генеральный директор
ФГУП «ЦАГИ
им. проф. Н.Е. Жуковского»
д.т.н. профессор,
член-корреспондент РАН

К.И. Сыпало

« _____ » декабря 2019 г.

020432

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ

Вх. № _____
11 12 2019

Основной задачей исследования является повышение точности аэрометрических измерений ключевых параметров полета, а именно истинной воздушной скорости, углов атаки и скольжения, на основе использования данных спутниковой навигационной системы (СНС), обеспечивающей достаточно точные значения трех проекций скорости полета в земной системе координат. Показания СНС автор предлагает использовать в качестве своего рода метрологического эталона, позволяющего оценить систематические погрешности аэрометрических данных. В настоящее время этот перспективный подход применяется ограниченно, поскольку спутниковые измерения связаны с землей, а аэрометрические – с потоком воздуха, обтекающего самолет. Различия обусловлены скоростью ветра, проекции которой в полете не измеряются. В работе предлагается привести спутниковые и воздушные измерения к единой системе координат, используя традиционные преобразования систем координат, известные из динамики полета, а также выполняя идентификацию как систематических погрешностей, так и проекций скорости ветра. При этом возникает проблема разрешимости задачи идентификации. Поскольку результат в общем случае зависит от вида движения, то в диссертации проведено исследование точности предложенных алгоритмов в зависимости от вида маневра, выполняемого самолетом и сформированы рекомендации по набору маневров для обеспечения разрешимости идентификации. Наконец, автором предложен алгоритм оценивания скорости ветра, являющийся составной частью общего алгоритма оценивания погрешностей аэрометрических измерений. В целом, в работе предложен оригинальный подход, основанный на рациональном использовании методов динамики полета и параметрической идентификации, правомерность которого подтверждена по материалам моделирования на пилотажном стенде.

Научная новизна диссертации состоит в получении следующих новых результатов:

- разработаны алгоритмы идентификации по полетным данным систематических погрешностей бортовых измерений воздушной скорости, углов атаки и скольжения с использованием измерений скорости полета спутниковой навигационной системой и оценок скорости ветра;

- предложен алгоритм идентификации по полетным данным трех проекций скорости ветра с использованием спутниковых измерений скорости полета и бортовых аэрометрических измерений воздушной скорости, углов атаки и скольжения;
- определена зависимость точностных характеристик алгоритма идентификации систематических погрешностей бортовых измерений воздушной скорости, углов атаки и скольжения от видов полетных маневров и длительности интервала обработки;
- определена зависимость точностных характеристик алгоритма идентификации трех составляющих скорости ветра по данным спутниковой навигационной системы от систематических погрешностей аэрометрических измерений, видов полетных маневров, длительности интервала обработки.

Практическая значимость результатов исследования. Полученные в работе результаты, обеспечивающие повышение точности бортовых аэрометрических измерений и оценивание трех проекций скорости ветра, могут быть использованы в ходе разработки алгоритмического обеспечения для интегрированной системы воздушных сигналов и инерциальной информации, а также специализированного оборудования сопровождения летных испытаний и дальнейшей эксплуатации воздушных судов.

Достоверность результатов обеспечивается корректностью применения методов динамики полета и теории идентификации, подтверждением полученных теоретических результатов примерами обработки данных, полученных в ходе стендового моделирования.

Результаты работы докладывались соискателем на пяти всероссийских и международных конференциях и опубликованы в материалах этих конференций, три статьи опубликованы в журналах, включенных в перечень ВАК. Публикации достаточно полно отражают основное содержание диссертации.

Общая характеристика работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав и заключения, содержит 127 страниц, список литературы включает 96 наименований.

В первой главе автор приводит обзор информационной части авионики современных самолетов и выполняет анализ материалов публикаций по методам

обработки бортовых измерений, направленных на повышение их точности. Основное внимание уделено комплексированию информации и применению теории идентификации систем для получения оценок систематических погрешностей.

Детально рассмотрены: метод оценивания погрешностей бортовых измерений, использующий уравнения движения самолета; метод коррекции погрешностей измерений скорости СНС при энергичном маневрировании; методы оценивания скорости ветра в летных испытаниях по данным СНС.

Во второй главе представлены основные теоретические результаты работы. Автор вначале предлагает несколько частных алгоритмов оценивания погрешностей отдельных измерительных каналов, а затем вводит обобщенный алгоритм идентификации систематических погрешностей измерений воздушной скорости, углов атаки и скольжения с оцениванием ветра. Глава завершается выводом алгоритма оценивания трех составляющих скорости ветра, который является следствием обобщенного алгоритма.

В третьей главе выполнено исследование точностных характеристик алгоритма оценивания систематических погрешностей измерений истинной воздушной скорости, углов атаки и скольжения, определены зависимости оценок от уровня шумов, вида маневра, длительности участка обработки. Исследования выполнены по данным моделирования на пилотажном стенде.

Четвёртая глава посвящена анализу результатов обработки данных стендового моделирования, проведенной при помощи алгоритма идентификации скорости ветра. Рассмотрены зависимости точности идентификации от вида маневра, уровня шумов, длительности интервала обработки, величины остаточных систематических погрешностей измерения углов атаки, скольжения и воздушной скорости.

Заключение подводит итог проделанной работе, в нем автор Чжо Зин Латт приводит основные результаты исследований.

По содержанию и оформлению рассматриваемой диссертационной работы необходимо сделать следующие замечания:

1. Во второй главе автор слишком подробно описывает частные алгоритмы, которые затем объединяются в единый обобщенный алгоритм оценивания систематических погрешностей и скорости ветра. Излишняя

детальность приводит к обратному эффекту и, вместо прояснения сути работы, затрудняет понимание, запутывает читателя.

2. Работоспособность предложенных алгоритмов не подтверждена результатами натуральных экспериментов, автор ограничивается только обработкой данных стендового моделирования.

3. В работе выполнен анализ методов оценивания скорости ветра, применяемых в летных испытаниях, но не проведен анализ точности оценивания скорости ветра штатными бортовыми системами, находящимися в эксплуатации.

4. Наблюдается некоторая небрежность в оформлении автореферата и диссертации.

Сделанные замечания не снижают научной ценности диссертационной работы Чжо Зин Латта, которая представляет собой законченное научное исследование. Научная новизна, актуальность, практическая ценность полученных результатов, обоснованность и достоверность научных положений и выводов работы не вызывают сомнений, результаты которой опубликованы в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Автореферат отражает содержание диссертации, а сама диссертация соответствует специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Диссертационная работа Чжо Зин Латта «Алгоритмическое обеспечение повышения точности измерений воздушных параметров движения самолета на основе методов идентификации и динамики полета» удовлетворяет всем требованиям действующего «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Чжо Зин Латт заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Диссертация и отзыв рассмотрены и одобрены на заседании НТС НИО-15 ФГУП «ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского» 28 ноября 2019 г.

Начальник НИО-15 «ФГУП ЦАГИ»
доктор технических наук



С.Г. Баженов

Баженов Сергей Георгиевич,

Доктор технических наук, начальник НИО-15 НИК БП ФГУП «ЦАГИ».

Федеральное государственное унитарное предприятие

«Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора
Н.Е. Жуковского» (ФГУП ЦАГИ)

РФ 140180, г. Жуковский, Московская область, ул. Жуковского, 1

E-mail: sergey.bazhenov@tsagi.ru , тел. 8 (495) 556-45-06, 8 (910) 478 41 36