

ОТЗЫВ

официального оппонента Голована Андрея Андреевича на диссертационную работу Колганова Леонида Александровича на тему «Информационно-измерительная система обеспечения качества определения координат для беспилотного летательного аппарата при реализации городской аэромобильности», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11. «Информационно-измерительные и управляющие системы (технические науки)»

Основным направлением диссертационной работы Колганова Леонида Александровича является разработка математического и алгоритмического обеспечения измерительной системы (ИИС) обеспечения качества определения координат беспилотного летательного аппарата (БЛА) при реализации городской аэромобильности (ГАМ).

В рамках описанных исследований рассматриваются методические, алгоритмические и программные средства для обеспечения существующих требований к качеству определения координат, а также соответствие предложенных решений перспективным требованиям. Для обеспечения требуемого качества используется информация, поступающая от инерциальных измерительных блоков и приёмников сигналов глобальных спутниковых навигационных систем.

Аппаратура спутниковой навигации (АПСН), включающая приёмники сигналов глобальных спутниковых навигационных систем, является одним из наиболее распространённых инструментов определения координат. Значимые преимущества АПСН (потенциальная точность, не накапливающиеся ошибки навигационных определений при «комфортных» условиях работы) обосновывают их широкое распространение в решении задач навигации, в том числе и воздушного транспорта. Ожидаемо, что АПСН будет широко применяться и в реализации городской аэромобильности – одного из перспективных направлений развития воздушного транспорта, предусматривающего создание и внедрение нового безопасного и доступного вида городской мобильности, основанного на использовании беспилотных летательных аппаратов.

Несмотря на преимущества АПСН, качество определения координат может зависеть от различных факторов естественного (эффект многолучевости, возмущенная ионосфера, тропосфера) и искусственного происхождения. Их влияние может приводить к проявлению искажений измерений АПСН и, как следствие, к проявлению недопустимых ошибки в навигационных определениях. С связи с этим **актуальность выбранной темы достаточно очевидна**. Любые работы по этой тематике востребованы, особенно в настоящее время.

Главная цель диссертационной работы направлена на повышение качества определения координат подвижного объекта при реализации ГАМ за счет обоснованной разработки программно-математического обеспечения ИИС. Можно отметить, что представленные материалы не ограничены применением только для авиационных приложений.

Задачи диссертационной работы обладают логичной структурой, позволяющей читателю понять пути достижения поставленных целей.

Структура диссертации включает в себя введение, пять глав, заключение, список литературы и три приложения. Работа изложена на 147 страницах. Основная часть занимает 120 страниц, приложения – 27 страниц. В работе приедены 45 рисунков и 25 таблиц. Список литературы включает 113 наименований.

Проведя анализ содержания диссертационной работы, можно утверждать, что **работа соответствует специальности 2.2.11. «Информационно-измерительные и управляющие системы (технические науки)».**

Автореферат диссертационной работы отражает содержание диссертационной работы в полной мере.

Введение работы содержит сформулированную основную цель работы, обоснование её актуальности. Выделены научная новизна и практическая значимость работы. Также во введении обосновывается актуальность диссертационной работы. Приводятся термины и определения в части аспектов качества определения координат для БЛА в рамках ГАМ. Делается обзор факторов, влияющих на качество определения координат и степени их охвата средствами обеспечения качества определения координат. Можно отметить, что этот раздел обладает самостоятельной методической ценностью.

В первой главе приводятся разработанные структура и процедура работы ИИС, направленной на обеспечение качества определения координат для БЛА при реализации ГАМ. Глава 1 тесно связана с приложением А, содержащим обзор работ в направлении обнаружения и исключения искажений измерений АПСН. Описанная в главе ИИС относится к категории AAIM – airborne autonomous integrity monitoring или (не дословный перевод) контроль целостности навигационных определений при комплексной обработке информации навигационного комплекса в контексте работы БЛА. Глава содержит описание этапов подготовки информационного базиса, синтеза и исследования получаемых алгоритмов контроля целостности.

Во второй главе приводится результат формирования информационного базиса ИИС. Показаны диапазоны динамических характеристик БЛА, полученные в результате анализа характеристик существующих БЛА вертикального взлёта и посадки, предполагаемые для использования в рамках реализации ГАМ. Примеры таких БЛА приводятся в приложении Б. В главе также приводятся диапазоны ожидаемых требований к качеству определения координат и структурная схема навигационного комплекса БЛА для обеспечения этих требований. Рассмотрены виды искажений измерений АПСН и приведен способ описания их волнового представления в виде суперпозиции скачкообразной, медленно нарастающей и шумовой компонент.

Глава три посвящена описанию основных алгоритмических средств обеспечения качества определения координат. В главе три вводится описание унифицированной структуры алгоритма контроля целостности. Унификация структуры достигается возможностью её применения на различных видах БЛА, при различных требованиях к качеству определения координат, за счет изменения отдельных узлов при сохранении общего вида структуры и остальных узлов. Выделено, что предложенная структура может расширяться для включения дополнительных источников измерений движения БЛА. Показан используемый в работе оценщик, основанный на использовании фильтра Калмана, его структура и описание компонент и матричных параметров этого фильтра.

В главе приводится описание подхода и алгоритмов обнаружения скачкообразных и медленно нарастающих компонент искажений измерений псевдодальностей до навигационных космических аппаратов (НКА) – основных измерений АПСН, используемых в работе. Приводится способ формирования входных измерений алгоритмов контроля целостности для АПСН с обратной связью по оценке ошибки и оценке скорости изменения ошибки опорного генератора. Также в главе показан вариант формирования порогов и критериев принятия решения о наличии искажений в измерениях АПСН, основанный на стохастических моделях областей неопределённости входных измерений. В главе приведены основные математические и методические материалы диссертации, применяемые для решения поставленной задачи обеспечения качества определения координат БЛА.

Четвертая глава работы посвящена описанию разработанных методик настройки и исследования свойств алгоритмов контроля целостности с учетом нормативных документов, информации о составе, характеристиках навигационного комплекса, динамических параметров БЛА, входящих в состав информационного базиса ИИС.

Методики настройки и исследования алгоритмов контроля целостности основываются на математическом моделировании задачи с учетом требований и

рекомендаций сертификационных норм для гражданской авиации, в части формирования опорной траектории, вида, профиля и интенсивности проявления искажений измерений АПСН. Для методики исследования свойств синтезированных алгоритмов показан способ формирования опорной траектории, приближающейся к возможной реальной траектории движения БЛА в рамках ГАМ. В главе вводятся понятия «чувствительности», «большей чувствительности» алгоритмов контроля целостности, конструктивно применяемых при описании результатов исследования свойств алгоритмах обнаружения искажений измерений. Следует отметить, что разработка система имитационного исследования является отдельной, важной, трудоемкой составляющей диссертационной работы.

Пятая глава включает результаты настройки и исследования свойств синтезированных алгоритмов контроля целостности в рамках ИИС. Приведённые результаты настройки алгоритмов контроля целостности с применением методов статистических исследований (метода Монте-Карло). Показано, что при выбранном навигационном комплексе могут быть достигнуты установленные в информационном базисе требования. Приводится исследование влияния свойств инерциальной навигационной системы на результат настройки алгоритмов. Показан исход, при котором выбранный тип инерциальной навигационной системы не позволяет обеспечить заданные требования. Его итогом стала переработка информационного базиса со снижением требований к качеству определения координат, что позволило избежать затрат ресурсов на исследование заведомо неудачной ИИС.

В главе приведен результат исследования свойств синтезированных алгоритмов и оценки качества определения координат БЛА при выбранной ИИС. Выявлено, что синтезированные в рамках ИИС алгоритмы контроля целостности позволяют обнаруживать и оценивать величину искажений в измерениях АПСН, которые приводят к скорости нарастания погрешности определения координат от 0,48 м/с и более.

Результаты имитационного исследования подтверждают принципиальную работоспособность синтезированных, в рамках ИИС, алгоритмов контроля целостности. Показана возможность обнаружения искажений измерений АПСН, соответствующих современным и перспективным нормам сертификационных требований.

Приложения А, Б и В включают обзор методов и средств обеспечения требований к качеству определения координат АПСН, существующих образцов БЛА вертикального взлёта и посадки, а также существующих и перспективных требований к качеству определения координат БЛА вертикального взлёта и посадки, соответственно.

Заключение обобщает полученные в диссертационной работе результаты.

Научная новизна диссертационной работы включает:

1. Разработанные критерии и правила принятия решения о наличии искажений в измерениях АПСН, вызывающих нарушение требований к обеспечению качества определения координат БЛА;
2. Предложенную стохастическую модель представления областей неопределённости входных измерений для предложенного способа формирования входных измерений алгоритмов контроля целостности;
3. Разработанные методики исследования качества определения координат БЛА, в том числе для условий наличия естественных и искусственных искажений в измерениях АПСН для нескольких или всех НКА, с учетом особенностей реализации ГАМ.

Практическую ценность диссертационной работы составляют разработанные структура и процедура работы ИИС в совокупности с описанными алгоритмами контроля целостности, методиками, программно-математическим обеспечением и результатами исследования качества определения координат.

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается использованием методик настройки и исследования свойств алгоритмов, основанных на сертификационных правилах и рекомендациях для АПСН гражданской авиации. А также соответствием полученных результатов схожим исследованиям.

Апробация диссертационной работы проводилась на всероссийских и международных конференциях, где были представлены и обсуждены основные результаты работы.

Соответствие паспорту специальности. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.2.11. «Информационно-измерительные и управляющие системы (технические науки)» по пунктам 1 и 6.

К диссертационной работе могут быть выдвинуты следующие замечания:

1. Глава 5 содержит описание процесса и результатов аппроксимации результатов настройки алгоритмов контроля целостности, но далее в работе не показан способ применения полученных результатов;
2. В главе 3 описан способ формирования входных измерений алгоритмов контроля целостности для двух вариантов АПСН: с наличием и без обратной связи по оценке ошибки и оценке скорости изменения ошибки опорного генератора, но результаты исследования включают материалы исследования только первого варианта;

3. В работе слабо показано влияние расширения состава навигационного комплекса БЛА вертикального взлёта и посадки в ИИС обеспечения качества определения координат;
4. Рекомендуются провести сравнение полученных результаты исследования свойств синтезированных алгоритмов контроля целостности с другими алгоритмами, а также провести полунатурное или натурное исследование их свойств;
5. Представленный в работе способ описания углового движения БЛА (формула 38) применим только при малых по уровню значений углов крена и тангажа. В формуле 49 пропущен учет переносной скорости от вращения Земли и моделировании радиальной скорости.
6. Модель искажений измерений АПНС представлена как случайная величина с заданным среднеквадратическим отклонением. В реальных системах эти искажения включают компоненты с различной интенсивностью и периодичностью изменения.

Приведенные замечания не являются критическими и не снижают положительной оценки диссертационной работы.

Заключение оппонента о соответствии диссертационной работы требованиям ВАК.

Диссертационная работа «Информационно-измерительная система обеспечения качества определения координат для беспилотного летательного аппарата при реализации городской аэромобильности» соответствует требованиям, указанным в «Положении о присуждении ученых степеней», утверждённом постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук.

Автор, Колганов Леонид Александрович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11. «Информационно-измерительные и управляющие системы (технические науки)»

Официальный оппонент

Голован Андрей Андреевич

д.ф.-м.н. по специальности 01.02.01. «Теоретическая механика»

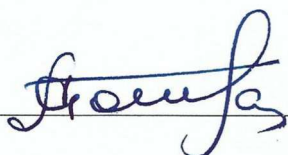
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
Заведующий лабораторией управления и навигации механико-математического факультета

119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, МГУ, д.1, Главное здание, механико-математический факультет.

тел. +7 (495) 939-10-00

info@rector.msu.ru

« 6 » 11 2025 г.



А.А. Голован

Подпись официального оппонента Голована Андрея Андреевича, д.ф.-м.н., заведующего лабораторией управления и навигации механико-математического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» заверяю

Декан

механико-математического факультета

МГУ им. М.В.Ломоносова

Чл.-корр. РАН

М.П.


(подпись)

(Шафаревич А.И.)

