

У Т В Е Р Ж Д А Ю

Первый проректор

Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«МИРЭА – Российский технологический университет»
доктор химических наук, профессор



Н.И. Прокопов

«20» января 2026 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Моунга Хтанга Ома, выполненной на тему «Методы и алгоритмы идентификации аэродинамических коэффициентов и силы тяги двигателей воздушных судов с учетом неблагоприятных факторов летного эксперимента», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.5.16 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов»

Повышение точности и достоверности математических моделей движения летательных аппаратов является критической задачей на всех этапах их жизненного цикла. Особое значение при этом имеет точность математических моделей изменения аэродинамических коэффициентов и тяговых характеристик двигателей.

Существующим эффективным инструментом повышения точности и достоверности таких моделей являются методы идентификации систем на основе данных летных испытаний. Однако практическая реализация идентификации в условиях реальных летных испытаний сопряжена с рядом фундаментальных проблем: систематические погрешности моделей, возникающие из-за несоответствия между принятыми математическими описаниями (летательного аппарата, измерительных систем, шумов) и реальными физическими процессами, приводят к смещению оценок идентифицируемых параметров; некорректность задачи идентификации, обусловленная ее чувствительностью к малым изменениям входных данных, что особенно критично при наличии систематических ошибок измерений.

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

26.01.2026

В связи с этим имеет место фундаментальное противоречие, заключающееся в том, что классическая теория идентификации предполагает адекватность моделей измерений и внешней среды, в то время как практика летных испытаний неизбежно связана с существенными систематическими погрешностями, неконтролируемыми атмосферными возмущениями, корреляцией помех с полезным сигналом и отказами датчиков. Это требует разработки новых методов и алгоритмов, обеспечивающих устойчивость процедуры идентификации к погрешностям измерений; минимизацию систематических смещений оценок параметров и повышение точности моделей в условиях ограниченного объема экспериментальных данных.

Таким образом, тема исследования Моунга Хтанга Ома является актуальной и представляет значительный научный и практический интерес как для развития теории идентификации динамических систем, так и для совершенствования методик летных испытаний.

В диссертации автором решена научная проблема, заключающаяся в необходимости преодоления фундаментального противоречия между требованиями высокой точности и достоверности результатов идентификации аэродинамических характеристик и тяги двигателей по данным летных испытаний и принципиальной сложностью достижения этой точности в рамках существующего методологического аппарата в условиях действия комплекса неблагоприятных для проведения идентификации факторов летного эксперимента.

Целью исследования является разработка и теоретическое обоснование комплексной системы методов и алгоритмов идентификации, обеспечивающей определение аэродинамических коэффициентов и силы тяги двигателей в условиях воздействия неблагоприятных факторов летного эксперимента.

Судя по материалам автореферата, в диссертации лично автором получены следующие научные результаты, обладающие научной новизной:

- алгоритм обнаружения динамических погрешностей бортовых измерений летательных аппаратов, использующий параметрическую идентификацию и основанный на априорно верном утверждении, что корректные измерения основных параметров полета должны удовлетворять уравнениям пространственного движения самолета как твердого тела;

- алгоритм определения трех проекций скорости ветра в реальном масштабе времени, основанный на интеграции данных спутниковой навигации и бортовых датчиков аэродинамических углов;

- алгоритм восстановления углов атаки и скольжения при отказах или отсутствии датчиков аэродинамических углов, то есть углов атаки и скольжения, на основе интеграции данных навигационной системы (три проекции скорости в

земной нормальной системе координат, углы ориентации) и априорных значений коэффициентов аэродинамических сил с использованием параметрической идентификации;

– метод отдельной идентификации силы тяги двигателей и силы аэродинамического сопротивления самолета на основе данных летных испытаний, не требующий использования газодинамических моделей двигателя или дополнительных датчиков, в котором применяется специальный алгоритм сглаживания для подавления влияния случайных погрешностей измерений;

– алгоритм формирования тестового входного сигнала для задачи отдельного определения силы тяги двигателей и силы аэродинамического сопротивления, использующий оптимальное управление;

– метод идентификации параметров нелинейных динамических систем, сочетающий моделирование во временной области с минимизацией функционала в частотной области, что позволяет эффективно снижать влияние погрешностей с известными частотными свойствами;

– алгоритм обнаружения коррелированных помех при параметрической идентификации нелинейных динамических систем, создающих смещения оценок идентификации, основанный на специальном приеме – имитации сдвига входного сигнала во времени.

Как следует из содержания автореферата, материалы диссертации имеют достаточную достоверность, которая подтверждается корректным применением современных методов идентификации и математической статистики, обоснованным подтверждением полученных теоретических результатов вычислительными экспериментами, а также их сходимостью с результатами теоретических и экспериментальных исследований, полученными другими авторами.

Теоретическая значимость результатов диссертации заключается в развитии методов параметрической идентификации для условий, характеризующихся систематическими погрешностями измерений, коррелированными помехами и отказами датчиков, что расширяет возможности практического применения теории идентификации в условиях летного эксперимента.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке комплекса алгоритмов, обеспечивающих обнаружение динамических погрешностей бортовых измерений, оценку скорости ветра, восстановление аэродинамических углов при отказах датчиков и проверку корректности аэрометрических данных, что позволяет исключить возможные погрешности на этапе предварительной обработки данных, уменьшить объемы испытаний и повысить достоверность последующего анализа.

Основное содержание диссертации отражено в 46 работах, из них: 13 статей в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации для публикаций научных результатов диссертаций; 18 статей в изданиях, индексируемых в международных системах цитирования Scopus и Web of Science); 1 публикация в зарубежном научном издании; 5 докладов на конференциях различного уровня. Опубликовано 9 монографий.

Анализ автореферата и опубликованных работ показал, что теоретические и практические результаты автора получили требуемую апробацию и опубликованы в достаточно полном объеме.

В результате анализа автореферата сформулированы следующие замечания:

1. При разработке частотно-временного метода следовало бы прежде всего оценить эффект применения наиболее распространенных на практике спектральных окон типа Ханна, Хемминга и др.

2. В предложенном методе сдвига входного сигнала автор ограничился условными примерами, тогда как этот подход может дать значимый эффект при решении плохо обусловленной задачи оценки тяги и сопротивления.

3. При решении плохо обусловленной задачи автор не представил результат исследования эффективности ее решения методом регуляризации А.Н. Тихонова.

Однако, указанные замечания носят рекомендательный характер и не оказывают существенного влияния на основные результаты диссертации, не снижают качества работы, а также ее общей положительной оценки.

Содержание автореферата позволяет сделать вывод о том, что работа является оригинальным исследованием, обладающим актуальностью, научной новизной, теоретической и практической значимостью.

Заключение. Диссертация Моунга Хтанга Ома представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена актуальная научная проблема, заключающаяся в необходимости преодоления фундаментального противоречия между требованиями высокой точности и достоверности результатов идентификации аэродинамических характеристик и тяги двигателей по данным летных испытаний и принципиальной сложностью достижения этой точности в рамках существующего методологического аппарата в условиях действия комплекса неблагоприятных для проведения идентификации факторов летного эксперимента. Решение данной проблемы позволяет исключить возможные погрешности на этапе предварительной обработки летных данных, уменьшить объемы испытаний и повысить достоверность последующего анализа, что имеет

важное значение для авиационной промышленности, в частности, и народного хозяйства Российской Федерации, в целом.

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.5.16 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов». Указанное соответствие подтверждается содержанием работы, ее апробацией, научной новизной, теоретической и практической значимостью.

Диссертация соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, критериям раздела II «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 в редакции от 16.10.2024 г.), предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор Моунг Хтанг Ом заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.5.16 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

«19» января 2026 г.

д.т.н., профессор кафедры КБ-2 «Информационно-аналитические системы кибербезопасности» Института кибербезопасности и цифровых технологий ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»

Р.Р. Шатовкин

к.т.н., доцент, заведующий кафедрой КБ-2 «Информационно-аналитические системы кибербезопасности» Института кибербезопасности и цифровых технологий ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»

О.В. Трубиенко

Шатовкин Роман Родионович, д.т.н. (20.02.12 «Системный анализ, моделирование боевых действий и систем военного назначения, компьютерные технологии в военном деле»).

Трубиенко Олег Владимирович, к.т.н. (05.11.14 «Технология приборостроения»).

Почтовый адрес (рабочий): Российская Федерация, 107996, ЦФО, г. Москва, ул. Стромынка, д. 20, ауд. 216, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», Институт кибербезопасности и цифровых технологий, телефон рабочий: +7 499 681-33-56. Эл. почта: shatovkin@mirea.ru.