

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ  
(ФГУП ГОСНИИ ГА)



УТВЕРЖДАЮ  
Генеральный директор  
ФГУП ГосНИИ ГА  
канд. техн. наук

Д.В. Бобылев

«22» января 2026 г.

**ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

Федерального Государственного унитарного предприятия  
Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации  
на диссертационную работу Моунг Хтанг Ома  
«Методы и алгоритмы идентификации аэродинамических коэффициентов и силы  
тяги двигателей воздушных судов с учетом неблагоприятных факторов летного  
эксперимента»,  
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук  
по специальности 2.5.16 Динамика, баллистика, управление движением  
летательных аппаратов

**Актуальность работы**

Диссертационная работа Моунг Хтанг Ома посвящена разработке новых научно обоснованных технических решений, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие авиационной отрасли, а именно разработке комплекса методов и алгоритмов, направленных на повышение точности и адекватности математического моделирования воздушных судов. Актуальность темы диссертации является весьма высокой в контексте современных проблем развития мировой и российской гражданской авиации. Повышение точности математических моделей летательных аппаратов (ЛА) является основой для решения важных задач на всех этапах жизненного цикла: улучшение летно-

УЛУЧШЕНИЕ ПОИСКА  
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ  
ДОКУМЕНТОВ МАИ  
26.01.2026  
20 г.

технических характеристик на этапе проектирования, сопровождение летных испытаний, снижение эксплуатационных расходов, удовлетворение требований в части экологии и обеспечение безопасности полетов. Предлагаемые в работе методы и алгоритмы направлены на преодоление ключевого практического противоречия: идентификация моделей ЛА, необходимых для сертификации и проектирования, затруднена вследствие наличия в реальных летных экспериментах множества «неблагоприятных факторов» (систематические погрешности измерений, атмосферная турбулентность, отказы датчиков, плохая обусловленность задач оценивания параметров моделей). Работа направлена на создание инструментов, позволяющих получать точные оценки аэродинамических и тяговых характеристик в летных испытаниях и в условиях реальной эксплуатации. Это является основой для совершенствования нормирования летной годности, проведения летных испытаний, процессов сертификации и методов эксплуатации воздушных судов (ВС).

### **Новизна научных положений и выводов**

Научная новизна диссертации носит комплексный характер. В рамках настоящего диссертационного исследования соискателем предложена целостная методология идентификации в условиях натурного эксперимента, выносимая на публичную защиту. К новым научным результатам относятся:

1. Алгоритм обнаружения динамических погрешностей бортовых измерений, основанный на принципиальном положении о том, что корректные измерения должны удовлетворять уравнениям движения твердого тела. Это позволяет обнаруживать систематические погрешности различных типов.
2. Алгоритм определения трехмерного вектора скорости ветра в квазиреальном времени, использующий данные спутниковой навигации и бортовых аэрометрических датчиков.
3. Алгоритм восстановления углов атаки и скольжения при отказах штатных датчиков, использующий навигационную информацию и априорные аэродинамические коэффициенты. Данный подход напрямую способствует повышению отказоустойчивости системы бортовых измерений.

4. Новый метод раздельной идентификации силы тяги двигателей и аэродинамического сопротивления, не требующий применения газодинамических моделей двигателя или установки дополнительных датчиков. Данное решение представляет собой оригинальный подход к решению классической некорректной задачи.

5. Метод формирования оптимального тестового маневра для решения указанной выше задачи, основанный на принципах оптимального управления и обеспечивающий максимальную информативность полетных данных.

6. Частотно-временной алгоритм идентификации нелинейных динамических систем, сочетающий моделирование во временной области с минимизацией целевого функционала в частотной области. Это позволяет снижать влияние помех с известным спектральным составом.

#### **Оценка содержания и завершенности диссертации и автореферата**

Диссертационная работа Моунг Хтанг Ома представляет собой законченное, логически цельное и методически корректное научное исследование. Структура и содержание диссертации характеризуется логичностью и завершенностью. Работа построена по известной схеме от общего к частному:

- Главы 1 и 2 формируют теоретико-методологическую основу, включая критический анализ проблемы, систематизацию существующих методов и детальную проработку методик экспериментов.
- Главы 3-5 составляют ядро диссертации, где последовательно излагаются оригинальные алгоритмы и методы, направленные на нейтрализацию конкретных «неблагоприятных факторов»: от коррекции данных до решения задач идентификации аэродинамических коэффициентов, тяги и сопротивления.
- Глава 6 посвящена важнейшим вопросам верификации и достоверности получаемых моделей.

Такой структурированный подход обеспечивает последовательное раскрытие темы. Объем работы (373 страницы) обеспечивает детальное изложение предложенного математического аппарата, описание алгоритмов, представление результатов численного моделирования и их анализ. Диссертация содержит все

необходимые структурные элементы. Содержание работы отвечает заявленным целям исследования.

Основные результаты работы апробированы и опубликованы в соответствии с требованиями, предъявляемыми к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук.

Автореферат диссертации достаточно полно отражает ее основное содержание. В нем кратко изложены актуальность, цель, научная новизна, положения, выносимые на защиту, а также теоретическая и практическая значимость работы. Структура автореферата соответствует структуре диссертации. Приведенные в автореферате формулировки научных положений, описания алгоритмов и выводов полностью адекватны тексту диссертации. Автореферат позволяет объективно оценить научный вклад соискателя, значимость полученных результатов и соответствие работы требованиям Положения о присуждении ученых степеней.

Диссертация и автореферат удовлетворяют критериям, предъявляемым к работам на соискание ученой степени доктора наук.

Тема и содержание представленной диссертации соответствуют пунктам 1, 2, 4, 10, 15 направлений исследований научной специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

### **Обоснованность и достоверность научных положений и выводов**

Научные положения и выводы работы базируются на корректном использовании методов параметрической идентификации, теории вероятностей, математической статистики, динамики полета и оптимального управления. Достоверность полученных результатов обеспечивается:

- теоретической корректностью выводов и преобразований;
- комплексом численных экспериментов с использованием модельных данных;
- сравнением с другими известными результатами;
- анализом на чувствительность и устойчивость к изменению условий;
- принципом декомпозиции сложных задач, позволяющим контролировать промежуточные результаты;

Такой подход гарантирует высокую надежность и обоснованность представленных научных положений и выводов.

### **Теоретическая значимость работы**

Работа вносит существенный вклад в развитие теории идентификации динамических систем, расширяя границы ее применимости на условия, характеризующиеся систематическими погрешностями и коррелированными помехами. Сформулирован новый методологический подход к построению робастных (устойчивых) алгоритмов идентификации, нацеленный именно на подавление систематических ошибок оценок. Впервые поставлена и решена задача диагностики коррелированных помех как ключевого источника смещения оценок. Предложенная методика решения некорректной задачи разделения тяги и сопротивления с использованием оптимальных тестовых воздействий также представляет значимый теоретический интерес.

### **Практическая ценность работы**

Практическая значимость диссертации носит конкретный характер. Разработанные методы и алгоритмы доведены до уровня, готового к внедрению. Их применение в организациях авиационной отрасли позволит:

- вести непрерывной мониторинг тяговых и аэродинамических характеристик на основе записей штатных бортовых систем объективного контроля в процессе эксплуатации ВС;
- повысить метрологическую надежность летных испытаний за счет комплекса алгоритмов предварительного контроля данных (обнаружение динамических погрешностей, верификация аэрометрии, оценка атмосферной турбулентности);
- повысить безопасность полетов на этапах испытаний и эксплуатации за счет использования постоянного мониторинга характеристик ВС в эксплуатации;
- стандартизировать процессы обработки полетных данных и идентификации параметров на основе разработанных методических рекомендаций.

Результаты работы могут применяться в научно-исследовательских и сертификационных центрах гражданской авиации, а также в опытно-конструкторских бюро.

### **Личный вклад автора:**

Автором самостоятельно проведен анализ существующих методов идентификации параметров математических моделей воздушных судов и разработана методология их практической идентификации. Сформулированы комплексные требования к исходным данным для идентификации систем управления воздушным судном и общие принципы применения методов идентификации для обработки этих данных.

В ходе исследования автором разработан алгоритм параметрической идентификации и комплексной обработки полетных данных, позволяющий оценивать и корректировать динамические погрешности бортовых измерений летательных аппаратов, что, в свою очередь, имеет существенное значение для безопасности полетов. Выполнена практическая реализация данного алгоритма и его отработка на реальных полетных данных.

Автором разработан и апробирован в ходе стендового моделирования оригинальный метод восстановления аэродинамических углов с использованием информации от навигационной системы, что может способствовать созданию более совершенных систем управления.

В работе автором лично проведены исследования подтверждающие эффективность комбинированного подхода, объединяющего методы системной идентификации и оптимального управления в задаче раздельного определения силы тяги и аэродинамического сопротивления.

Также разработан гибридный алгоритм идентификации, сочетающий временное моделирование с частотной оптимизацией, позволяющий повысить точность параметрической идентификации в условиях реальных помех.

Таким образом, в ходе исследования автором лично сформирована методология обработки данных летных испытаний, обеспечивающая сквозной контроль достоверности данных на всех этапах ее практического применения, вплоть до получения финальных оценок параметров математической модели.

## **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы**

ФГУП ГосНИИ ГА рекомендует внедрение результатов диссертации:

- в научно-исследовательских и сертификационных центрах гражданской авиации для модернизации методик проведения и обработки данных летных испытаний;
- в конструкторских бюро для уточнения аэродинамических баз данных вновь разрабатываемых и модернизируемых воздушных судов, а также для валидации расчетных моделей;
- в образовательном процессе авиационных вузов для подготовки специалистов в области динамики полета, летных испытаний и идентификации систем;
- в эксплуатационных организациях для углубленного анализа данных бортовых систем регистрации с целью контроля изменения характеристик воздушных судов в процессе эксплуатации.

### **Апробация работы**

Основные положения и результаты диссертации прошли достаточно широкую апробацию. Они были доложены, обсуждены и получили положительную оценку на 15 ведущих российских и международных научных форумах, включая Всероссийские научно-технические конференции памяти Н.Е. Жуковского, Международный аэрокосмический конгресс (IAC), серии международных конференций по системам аэрокосмической техники (ICASSE) и по развитию высокоскоростных транспортных систем (HSTD). Это свидетельствует о признании научного уровня работы профессиональным сообществом.

### **Публикация результатов**

Публикационная активность автора является достаточно высокой. По теме диссертации опубликовано 46 работ, в том числе:

- 13 статей в рецензируемых журналах из перечня ВАК при Минобрнауки России, причем 11 из них — непосредственно по специальности 2.5.16;

- 18 публикаций, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science, включая 4 статьи в зарубежных изданиях, приравниваемых к перечню ВАК при Минобрнауки России категории K1;
- 1 публикация в рецензируемом зарубежном журнале;
- 5 публикаций в материалах международных и всероссийских конференций;
- 1 монография на английском языке, переведенная на 8 иностранных языков, что подтверждает международный интерес к исследованиям автора.

### **Замечания и рекомендации**

Отмечая высокий уровень работы, ведущая организация считает целесообразным высказать следующие замечания:

1. Спорным является утверждение автора о возможности сокращения стоимости и объема летных испытаний по определению тяговых и аэродинамических характеристик. В настоящий момент для определения тяговых и аэродинамических характеристик до начала испытаний широко используются методы моделирования по результатам стендовых испытаний двигателей. Использование полученных в результате таких испытаний математических моделей дает возможность получать основные летно-технические характеристики ВС в линейной зоне до начала летных испытаний с большой степенью достоверности и погрешностью не более 2%. Основной объем летных испытаний на современном этапе составляют исследования отказных ситуаций и поведения ВС на границах области допустимых условий эксплуатации.

2. Влияние трех проекций скорости ветра на результаты моделирования актуальны для взлетно-посадочных режимов. При крейсерском полете, когда движение самолета происходит в воздушной среде, которая может перемещаться относительно земной поверхности, но не относительно самолета, наличие связи коэффициентов модели самолета со скоростью ветра вызывает некоторые сомнения.

3. Вывод о том, что «наиболее точные и стабильные оценки параметров полета достигаются при квазиустановившихся режимах, близких к горизонтальному полету с минимальными возмущениями (раздел 3.2, стр. 168) в какой-то мере противоречит сделанному по результатам главы 3 выводу о том, что

«Маневры, такие как шаговый наклон, бочка и устойчивый поворот, обеспечивают относительно стабильные условия для оценивания, в то время как прямой горизонтальный полет может быть менее информативным» (стр. 200).

4. В автореферате диссертации автор указал, что «опубликовано 9 монографий», вместе с тем в действительности имеется 1 монография, опубликованная на английском языке и переведенная на 8 других иностранных языков.

Указанные в пунктах 1-3 замечания носят достаточно частный характер и не влияют на общую оценку выполненной работы. Замечание по пункту 4 вероятнее всего представляется технической неточностью при оформлении текста автореферата.

### **Заключение**

Федеральное государственное унитарное предприятие Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации констатирует, что диссертационное исследование Моунг Хтанг Ома представляет собой завершенную научную работу, выполненную на высоком профессиональном уровне, в которой решена крупная научная проблема разработки системы методов и методик идентификации параметров моделей ЛА в условиях неблагоприятных для идентификации факторов летного эксперимента. Автор продемонстрировал глубокое понимание предмета исследования, владение современным математическим аппаратом и умение решать сложные научно-технические проблемы.

Полученные результаты обладают новизной, теоретической и практической ценностью, вносят значимый вклад в развитие теории идентификации и методики летных испытаний.

С учетом изложенного рассматриваемая диссертационная работа отвечает критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук (пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней), а ее автор, Моунг Хтанг Ом, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

Результаты диссертационной работы и отзыв рассмотрены и одобрены на расширенном заседании отделов:

- исследования изменений летных характеристик воздушных судов в процессе эксплуатации;
- секретариата Ученого совета ГосНИИ ГА федерального государственного унитарного предприятия Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации.

Присутствовало на заседании 9 человек.

Результаты голосования:

«За» - 9 чел, «Против» - 0 чел, «Воздержалось» - 0 чел.

(протокол № 1 от 15.01.2026 г.)

Научный руководитель  
ФГУП ГосНИИ ГА,  
д-р техн. наук, профессор  
«21» 01 2026 г.

В.С. Шапкин

Согласовано руководителем. 26.01.2026

Федеральное государственное унитарное предприятие Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации  
Почтовый адрес: 125438, Российская Федерация, г. Москва, ул. Михалковская, д. 67, к. 1  
Телефон: +7 (495) 490-95-00, доб. 9500 E-mail: gosniiga@gosniiga.ru