

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** 24.2.327.03

**Соискатель:** Моунг Хтанг Ом

**Тема диссертации:** Методы и алгоритмы идентификации аэродинамических коэффициентов и силы тяги двигателей воздушных судов с учетом неблагоприятных факторов летного эксперимента

**Специальность:** 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:**

На заседании «12» февраля 2026 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, установленным Положением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, и принял решение присудить Моунг Хтанг Ом ученую степень доктора технических наук.

**Присутствовали:** заместитель председателя диссертационного совета М.Н. Красильщиков, ученый секретарь диссертационного совета А.В. Старков, члены диссертационного совета: В.Т. Бобронников, А.И. Болкунов, В.А. Воронцов, В.Н. Евдокименков, А.В. Ефремов, С.Ю. Жёлтов, К.А. Занин, Д.А. Козорез, М.С. Константинов, А.В. Ненарокомов, С.Н. Падалко, В.В. Пасынков, В.Г. Петухов, В.В. Родченко, К.И. Сыпало, Ю.В. Тюменцев.

Ученый секретарь диссертационного совета  
24.2.327.03, д.т.н., доцент  
Старков Александр Владимирович

  
\_\_\_\_\_

Проректор по научной работе, д.т.н., доцент  
Иванов Андрей Владимирович



## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.03**

созданного на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
(МАИ)

**по диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 12.02.2026 г., протокол № 3

О присуждении **Моунг Хтанг Ом**, гражданину Республики Союз Мьянма, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Методы и алгоритмы идентификации аэродинамических коэффициентов и силы тяги двигателей воздушных судов с учетом неблагоприятных факторов летного эксперимента» по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки) принята к защите «10» ноября 2025, протокол № 27, диссертационным советом 24.2.327.03 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ), 125993, Москва, Волоколамское шоссе, 4, приказ о создании совета № 105/нк от 11.04.2012 г.

**Соискатель**, Моунг Хтанг Ом, «28» ноября 1987 года рождения. В 2013 г. окончил магистратуру Московского авиационного института по направлению подготовки 220400 «Управление в технических системах» (диплом с отличием № 107718 0020758) регистрационный номер 2013/3О-403Д от 01 июля 2013 г.). В 2018 году окончил обучение в аспирантуре по направлению подготовки 24.06.01 – «Авиационная и ракетно-космическая техника» (диплом об окончании аспирантуры 107718 1060964, регистрационный номер 2018/1О-272Д от 06 июля 2018 г.). «22» ноября 2018 года в диссертационном совете Д 212.125.12 (до 03.06.2021 г.), созданном при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», защитил кандидатскую диссертацию по специальности 05.07.09. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки) на тему «Разработка алгоритмов идентификации для решения задач испытаний и эксплуатации летательного аппарата» (диплом КАН № 002174, приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 434/нк-1 от 07 мая 2019 г.).

В период подготовки диссертации соискатель Моунг Хтанг Ом проходил обучение в докторантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» на кафедре 101 «Проектирование и сертификация авиационной техники» Института №1 «Авиационная техника» с 01.09.2019 по 31.08.2022.

Диссертация выполнена в МАИ на кафедре 101 «Проектирование и сертификация авиационной техники» Института №1 «Авиационная техника»

**Научный консультант** – Корсун Олег Николаевич, доктор технических наук, профессор, руководитель научно-образовательного центра Федерального автономного учреждения «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем», профессор кафедры 101 «Проектирование и сертификация авиационной техники» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (по совместительству).

**Официальные оппоненты:**

1. Левицкий Сергей Владимирович – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, ведущий инженер-конструктор, ПАО «Яковлев»;

2. Неусыпин Константин Авенирович – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой ИУ-1 «Системы автоматического управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

3. Бронников Андрей Михайлович – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, доцент, главный конструктор тематического направления АО МНПК «Авионика».

**Ведущая организация:** Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации» (ГосНИИ ГА) г. Москва.

Все оппоненты и ведущая организация дали положительные отзывы о диссертации.

По теме диссертации опубликованы 38 работ, включая рецензируемые статьи и монографии. Среди них: 11 научных статей в журналах из Перечня ВАК по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов, из которых 7 приравнены к категории К1 и 4 приравнены к категории К2; 4 статьи в рецензируемых научных журналах, индексируемых в Scopus (приравнены к категории К1); 2 статьи в журналах ВАК по смежным специальностям. Представлено 14 публикаций в материалах международных конференций, индексируемых в Scopus, 1 публикация в зарубежном рецензируемом научном издании, а также 5 материалов международных и

всероссийских научных конференций. Опубликовано 1 монография на английском языке. Наиболее значимыми научными работами по теме диссертации являются:

**Научные статьи в рецензируемых научных журналах, входящих в Перечень Высшей аттестационной комиссии Российской Федерации по специальности 2.5.16.**

1. Korsun O.N., Om M.H. Development of a time domain identification algorithm with a spectral objective function // RUDN J. Eng. Res. 2025, Т. 26, № 1, С. 17–27. (Категория К2, 1 с. авт., № 701, перечень ВАК от 19.05.2025г.).

Личный вклад автора заключается в программной реализации гибридного частотно-временного алгоритма идентификации, проведении вычислительных экспериментов по идентификации аэродинамических коэффициентов в условиях помех, а также в сравнительном анализе эффективности предложенного метода с использованием модифицированного алгоритма оптимизации и критерия селективного выбора частотного диапазона.

2. Korsun O.N., Om M.H. Evaluation of the reliability of empirical mathematical models of dynamic systems using input signal shift method // Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie. 2025, Т. 26, № 3, С. 111–118. (Категория К1, 1 с. авт., № 1753, перечень ВАК от 19.05.2025г.).

Личный вклад автора заключается в разработке и апробации нового метода проверки достоверности моделей динамических систем на основе сдвига входного сигнала для выявления коррелированной помехи. Автором предложена структурная схема метода, классификация критериев (Cr1, Cr2) и проведено численное моделирование на примере продольного движения летательного аппарата, подтвердившее эффективность метода.

3. Корсун О.Н., Поплавский Б.К., Стуловский А.В., Моунг Х.Ом. Идентификация тяги двигателя и силы аэродинамического сопротивления по данным летных испытаний со сглаживанием случайных погрешностей измерений // Известия РАН. Теория и системы управления. 2024, № 3, С. 69–84. . (3 с. авт., № 128, перечень МРБД ВАК от 31.12.2023г.)

Личный вклад автора включает разработку алгоритма сглаживания погрешностей измерений на базе уравнений движения летательного аппарата, адаптацию метода наименьших квадратов для решения некорректной задачи идентификации, а также проведение вычислительных экспериментов и сравнительный анализ точности предложенного метода с традиционными подходами.

4. Korsun O.N., Om M.H. Real time estimation of the wind speed components based on measurement data from satellite navigation and barometric measurements // RUDN J. Eng. Res. 2024, Т. 25, № 4, С. 427–440. (Категория К2, 1 с. авт., № 701, перечень ВАК от 19.05.2025г.).

Личный вклад автора включает: разработку алгоритма определения скорости ветра в реальном времени путём синтеза данных СНС, ИНС и аэрометрии; адаптацию метода максимального правдоподобия для оценивания на коротких скользящих интервалах (0.5-1.0 с); комплексный анализ точности алгоритма на различных режимах полета.

5. Korsun O.N., Om M.H., Goro S. Analysis of the effects of numerical differentiation methods on the estimation of longitudinal stability and control derivatives of the aircraft mathematical model // RUDN J. Eng. Res. 2024, T. 25, № 3, С. 203–215. (Категория К2, 2 с. авт., № 701, перечень ВАК от 19.05.2025г.).

Личный вклад автора включает системную разработку и анализ новых комбинированных методов численного дифференцирования, адаптацию метода Поплавского, а также применение частотного анализа (БПФ) для верификации методов в условиях зашумленных данных. Моделированием доказано, что предложенные подходы обеспечивают значительное повышение точности и устойчивости оценивания производных устойчивости и управляемости летательного аппарата.

6. Корсун О.Н., Горо С., Ом М.Х. Метод оценивания углового ускорения по тангажу на основе анализа измерений угла и угловой скорости тангажа // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2024, Т. 23, № 3, С. 58–68. (Категория К1, 2 с. авт., № 736, перечень ВАК от 19.05.2025г.).

Личный вклад автора заключается в разработке и программной реализации алгоритма оценивания углового ускорения по тангажу на основе кубических сплайнов Эрмита, проведении численного моделирования и сравнительного анализа с методом Поплавского, а также в обработке результатов экспериментов и расчёте среднеквадратических отклонений для оценки точности предложенного метода.

7. Korsun O.N., Goro S., Om M.H. A comparison between Kalman filtering approaches in aircraft flight signal estimation // Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie. 2023, T. 24, № 11, С. 590–597. (Категория К1, 2 с. авт., № 1753, перечень ВАК от 19.05.2025г.).

Личный вклад автора состоял в участии в формализации задачи фильтрации, разработке и адаптации вычислительных алгоритмов для нелинейных систем, проведении верификации математических моделей и анализе устойчивости работы фильтров в условиях ошибочной априорной информации.

8. Корсун О.Н., Данеко А.И., Мотлич П.А., Ом М.Х. Оценка углов атаки и скольжения беспилотного летательного аппарата при отсутствии датчиков аэродинамических углов // Мехатроника, автоматика, управление. 2022, Т. 23, № 5, С. 274–280. (Категория К1, 3 с. авт., № 1753, перечень ВАК от 19.05.2025г.).

Личный вклад автора заключается в разработке нового алгоритма восстановления аэродинамических углов, основанного на комплексной обработке данных спутниковой навигации, инерциальных измерений и акселерометров. Автором предложена и формализована схема метода, сочетающая кинематическую и динамическую модели с введением поправочных коэффициентов для компенсации погрешностей аэродинамики и ветра.

9. Корсун О.Н., Ом М.Х., Латт Ч.З. Определение проекций скорости ветра на основе измерений воздушной скорости, углов атаки и скольжения // Мехатроника, автоматика, управление. 2021, Т. 22, № 10, С. 553–560. (Категория К1, 2 с. авт., № 1753, перечень ВАК от 19.05.2025г.).

Личный вклад автора заключается в участии в разработке алгоритма параметрической идентификации для оценивания трёх проекций скорости ветра, проведении численного моделирования на пилотажном стенде с воспроизведением реальных погрешностей измерений, а также в анализе влияния вида полётного маневра и длительности скользящего интервала обработки данных на точность оценок.

10. Kyaw Zin Latt, Mounng Htang Om. Development of wind velocity estimation method using the airspeed // Вестн. Мос. авиац. ин-та. 2018, Т. 25, № 2, С. 152–159. (1 с. авт., № 340, перечень ВАК от 09.06.2018г.).

Личный вклад автора включает разработку и исследование алгоритма оценки скорости ветра в полёте на основе метода максимального правдоподобия. Автором предложена математическая модель, реализован алгоритм и проведён вычислительный эксперимент, установивший зависимости точности оценки от погрешностей измерений и длительности полётного интервала.

11. Моунг Хтанг Ом, Чжо Зин Латт, Приходько С.Ю. Разработка алгоритма повышения точности идентификации аэродинамических коэффициентов на основе гармонических входных сигналов // Электрон. журн. Труды МАИ. 2018, № 99. (2 с. авт., № 2030, перечень ВАК от 09.06.2018г.).

Личный вклад автора заключается в разработке нового алгоритма повышения точности идентификации аэродинамических коэффициентов, основанного на применении гармонических тестовых сигналов и их декомпозиции для подавления шумов измерений. Автором предложена и апробирована методика, показавшая в результате моделирования кратное повышение точности оценок по сравнению со стандартными методами.

**Научные статьи в рецензируемых журналах, включенных в международные системы цитирования (Scopus) и приравниваемых к перечню ВАК категории К1**

12. Korsun O.N., Om M.H., Stulovskii A.V. The use of optimal control in the problem of thrust and drag force coefficient identification // Aerospace Systems. 2025. (2 с. авт., Scopus Q3).

Личный вклад автора заключается в разработке нового метода идентификации сил тяги и сопротивления путём синтеза оптимального манёвра, минимизирующего погрешности оценивания. Впервые применены критерии обусловленности задачи как целевая функция оптимизации, использована параметризация сплайнами Эрмита. Экспериментально достигнута точность оценки тяги до 0,3%.

13. Korsun O.N., Poplavsky B.K., Stulovskii A.V., Mounг Htang Om. Identification of engine thrust and aerodynamic drag force according to flight test data with smoothing of random measurement errors // J. Comput. Syst. Sci. Int. 2024, 63, С. 432–446. (3 с. авт., № 128, перечень МРБД ВАК от 31.12.2023г.).

Личный вклад автора включает разработку алгоритма сглаживания погрешностей измерений на базе уравнений движения летательного аппарата, адаптацию метода наименьших квадратов для решения некорректной задачи идентификации, а также проведение вычислительных экспериментов и сравнительный анализ точности предложенного метода с традиционными подходами.

14. Korsun O.N., Goro S., Om M.H. A comparison between filtering approach and spline approximation method in smoothing flight data // Aerospace Systems. 2023, 6, С. 473–480. (2 с. авт., Scopus Q3).

Личный вклад автора заключается в разработке алгоритмов расширенного фильтра Калмана и сплайн-аппроксимации, проведении сравнительного моделирования и анализе результатов, показавших более высокую точность сплайн-метода на всем интервале обработки данных.

15. Korsun O.N., Yurko V.N., Om M.H. et al. Estimation of the interrelation between the pilot state and the quality index of piloting // Aerospace Systems. 2022, 5, С. 465–471. (2 с. авт., Scopus Q3).

Личный вклад автора включает разработку алгоритмов оценки состояния оператора на основе спектрального анализа сигналов управления, создание методики анализа видео для распознавания эмоций и моргания с применением нейросетей, а также выявление корреляций между данными признаками и качеством пилотирования.

#### **Научные статьи в рецензируемых журналах, входящих в Перечень ВАК по смежным специальностям**

16. Корсун О.Н., Герилович И.В., Моунг Хтанг Ом. Учет свойств атмосферы при сравнении математических моделей аэродинамических коэффициентов с данными летных испытаний // Вестн. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2021, № 4 (137), С. 152–168. (Категория К2, 2 с. авт., № 573, перечень ВАК от 19.05.2025г.).

Личный вклад автора заключается в разработке и экспериментальном обосновании комбинированного алгоритма определения атмосферных параметров.

Автором предложена классификация методов расчёта плотности воздуха, проведён сравнительный анализ их точности и установлен ведущий фактор погрешности – температурное рассогласование.

17. Моунг Хтанг Ом, Чжо Зин Латт. Анализ влияния форм входных сигналов на точность идентификации аэродинамических параметров в продольном движении самолета // Cloud of Science. 2017, Т. 4, № 4, С. 636–649. (1 с. авт., № 14, перечень ВАК от 09.06.2018г.).

Личный вклад автора включает разработку методики исследования влияния форм входных сигналов на точность идентификации аэродинамических параметров, создание дискретной модели, проведение статистического моделирования с использованием метода наименьших квадратов и сравнительный анализ погрешностей оценок в зависимости от типа сигнала, длительности обработки и уровня шумов.

#### **Научные статьи в рецензируемых зарубежных журналах**

18. Korsun O.N., Om M.H. The practical rules for aircraft parameters identification based on flight-test data// Metascience in Aerospace. 2024, 1(1), С. 53–65.

**Статьи в материалах международных конференций в изданиях, включенных в международные системы цитирования (Web of Science, Scopus)**

19. Dhiman Gaurav, Goro Sekou, Mounng Htang Om. Synthesis of control law based on nonlinear dynamic inversion for supersonic aircraft in presence of noise and uncertainties // 2nd Int. Conf. High-Speed Transport Dev. (HSTD 2023), E3S Web Conf. 446, 2023.

20. Korsun O.N., Om M.H., Stulovskii A.V. Smoothing of aircraft on-board measurements based on the use of flight dynamics equations and nonlinear programming methods // In: Strelets D.Y., Korsun O.N. (eds) Recent Developments in High-Speed Transport. Springer Aerospace Technology. Springer, Singapore, 2023.

21. Korsun O.N., Nikolaev S.V., Om M.H. Methods for operational correction of aircraft indication support in flight tests // In: Strelets D.Y., Korsun O.N. (eds) Recent Developments in High-Speed Transport. Springer Aerospace Technology. Springer, Singapore, 2023.

22. Korsun O.N., Stulovsky A.V., Kharkov V.P., Nikolaev S.V., Om M.H. Formation of aircraft control based on a combination of the direct method and the inverse problems method of dynamics // In: Jing Z., Strelets D. (eds) Proc. Int. Conf. Aerospace Syst. Sci. Eng. 2021, LN Electrical Engineering, vol. 849. Springer, Singapore.

23. Korsun O.N., Poplavsky B.K., Om M.H. Identification of the engine thrust force using flight test data // In: Jing Z., Strelets D. (eds) Proc. Int. Conf. Aerospace Syst. Sci. Eng. 2021, LN Electrical Engineering, vol. 849. Springer, Singapore.

24. Grumondz V.T., Morozov N.I., Mounng Htang Om. About the equilibrium of airship in the parking lot // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2021, 1027, 012007.

25. Kharkov V.P., Korsun O.N., Pravidlo M.N., Moungh Htang Om. Nonlinear stochastic estimation of altitude and vertical flight speed in real time // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2021, 1027, 012009.

26. Korsun O.N., Nikolaev S.V., Moungh Htang Om. Detection of dynamic errors in aircraft flight data // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2021, 1027, 012011.

27. Grumondz V.T., Morozov N.I., Moungh Htang Om. About the steady horizontal circulation of airship // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2020, 714, 012008.

28. Moungh Htang Om, Kyaw Zin Latt, A.I. Zhelannikov. Algorithm development for estimating projections of wind velocity using measurements of airspeed, angle of attack and sideslip // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2020, 714, 012023.

29. Nikolaev S.V., Moungh Htang Om, Kyaw Zin Latt. Determination of aerodynamic parameters in various conditions of input signal // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2020, 714, 012021.

30. Evdokimenkov V.N., Krasil'shchikov M.N., Om M.H., Korsun O.N., Sebryakov G.G. Individually-adapted control and support of pilot's control actions based on neural network models // Procedia Comput. Sci. 2017, 103, С. 126–134.

31. Korsun O.N., Om M.H., Latt K.Z., Stulovskii A.V. Real-time aerodynamic parameter identification for the purpose of aircraft intelligent technical state monitoring // Procedia Comput. Sci. 2017, 103, С. 67–74.

32. Moungh Htang Om, Kyaw Zin Latt, Karapetyan T.S. Estimation of aerodynamic parameters in conditions of measurement // ITM Web Conf. 2017, Т. 10, 01007.

### **Материалы международных и всероссийских конференций**

33. Корсун О.Н., Моунг Хтанг Ом. Оценивание проекций скорости ветра в режиме реального времени на основе данных спутниковой навигации и барометрических измерений // Скоростной транспорт будущего: перспективы, проблемы, решения: тез. 3-й Междунар. науч.-техн. конф. М., Изд-во "Перо", 2024, С. 112–114. ISBN 978-5-00258-014-9.

34. Корсун О.Н., Поплавский Б.К., Ом М.Х. Методология отдельной идентификации сил тяги и аэродинамического сопротивления по данным летных испытаний // Скоростной транспорт будущего: перспективы, проблемы, решения: тез. 2-й Междунар. конф. Москва, 2023, С. 191–192.

35. Korsun O.N., Moungh Htang Om, Kyaw Zin Latt. Restoration of orientation angles during flight in case of failure of inertial system // VIII Int. Aerospace Congr. IAC'15. 2015.

36. Корсун О.Н., Чжо Зин Латт, Моунг Хтанг Ом. Оценивание постоянных составляющих погрешностей измерения углов ориентации летательного аппарата // Состояние и проблемы измерений: сб. материалов XIII Всерос. науч.-техн. конф., МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015, С. 90–93.

37. Корсун О.Н., Моунг Хтанг Ом. Восстановление углов ориентации беспилотного летательного аппарата в полете при отказе инерциальной системы //

Науч. чтения по авиации, посвящ. памяти Н.Е. Жуковского. Москва, 2015, № 3, С. 469–472.

### **Монография**

38. Mounq Htang Om. Aerodynamic parameters identification in aircraft longitudinal motion// LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 64 p.

**В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты, представленные в диссертации.**

**На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы:**

**1) Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации», ведущая организация. Отзыв положительный.**

Ведущая организация в своем положительном отзыве, рассмотренном и одобренном на заседании отелов: исследования изменений лётных характеристик воздушных судов в процессе эксплуатации; секретариата Учёного совета федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации» (протокол № 1 от 15.01.2026), подписанном научным руководителем ФГУП «ГосНИИ ГА», д.т.н., профессором В.С. Шапкиным, и утверждённым генеральным директором, к.т.н. Д.В. Бобылевым, отметила, что диссертационное исследование Моунг Хтанг Ома представляет собой завершённую 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.

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.

**2) Левицкий Сергей Владимирович**, официальный оппонент, доктор технических наук, профессор, ведущий инженер-конструктор отделения аэродинамики ПАО «Яковлев». **Отзыв положительный**, заверен О.В. Божком.

Представляется целесообразным высказать следующие замечания:

1. В диссертации представлен алгоритм отдельной идентификации тяги и сопротивления, однако не рассмотрены практические ограничения, которые могут возникнуть при его реализации в реальных летных испытаниях воздушных судов, особенно с учетом требований к безопасности полетов и типовых ограничений на выполнение маневров.

2. Алгоритм оценки вектора ветра в реальном времени использует скользящее окно малой длительности, однако не предложена методика выбора оптимального размера этого окна.

3. Метод обнаружения коррелированных помех с помощью сдвига входного сигнала является эффективным диагностическим средством, однако не показано, в какой мере его чувствительность зависит от характера самого входного сигнала, например, его частотного состава.

4. При использовании частотно-временного алгоритма идентификации необходима настройка весовых коэффициентов в частотной области, при этом неясно, возможна ли такая настройка при отсутствии априорной информации о спектре помех.

**3) Неусыпин Константин Авенирович**, официальный оппонент, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой ИУ-1 «Системы автоматического управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана. **Отзыв положительный**, заверен ведущим специалистом по персоналу, Шагабутдиновой И.В.

По тексту рассматриваемой диссертации необходимо высказать следующие замечания:

1. В работе представлены алгоритмы, устойчивые к систематическим погрешностям, однако не сформулированы количественные показатели степени устойчивости, например, в форме специальных метрик, характеризующих робастность оценок.

2. Разработанный метод разделения тяги и сопротивления базируется на выполнении специального маневра, генерируемого оптимальным управлением, однако не рассматривается наличие систематических погрешностей измерений, не учтенных в модели объекта, влияние которых в случае плохо обусловленной задачи может оказаться особенно сильным;

3. Алгоритм обнаружения динамических погрешностей измерений проверяет соответствие данных уравнениям движения твердого тела. Следовало бы четко определить, какие конкретные типы динамических погрешностей (например, фазовые сдвиги, нелинейности датчиков) данный алгоритм позволяет наиболее эффективно выявлять, и для каких он может оказаться малочувствительным;

4. При обработке реальных полетных данных часто используется ансамбль различных методов для перекрестной проверки. Было бы целесообразно провести сравнительное тестирование предложенных в диссертации алгоритмов с другими современными методами (например, с подходами на основе нейронных сетей или методом группового учета аргументов) на одном и том же наборе реальных полетных данных.

**4) Бронников Андрей Михайлович**, официальный оппонент, доктор технических наук, доцент, главный конструктор тематического направления. **Отзыв положительный**, заверен заместителем управляющего директора-главный конструктор АО МНПК «Авионика», Абдулиным Р.Р.

При изучении диссертации возникли следующие вопросы и замечания:

1. Имеются замечания к тексту диссертации: обозначения не всегда соответствуют требованиям ГОСТ 20058-80 «Динамика летательных аппаратов в атмосфере». Например, воздушная скорость обозначается, на стр. 211, как  $V$  (это по ГОСТ 20058-80), на стр. 177, как  $V_a$ , на стр. 188, как  $V_{ист}$  - Истинный угол атаки

обозначается, то  $\alpha$ , то  $\alpha_{ист}$  и др.; в работе не всегда соблюдается единство обозначений. Например, производная по времени на стр. 35 обозначена, как  $x(t)$ , на стр. 40, как  $x'(t)$ , на стр. 92, как  $dx/dt$ . На стр. 220 перегрузки в полусвязанной системе координат обозначены, как  $n_{xe}, n_{ye}$ , на этой же странице эти же перегрузки обозначены, как  $n_{x_e}, n_{y_e}$ . И др.; содержатся повторы формул. Например, формулы (4.1.1) и (4.2.1), формулы (3.1.2) и (4.1.14), формулы (2.1.4) и (5.1.19), модели (2.1.1), (3.1.1) и (4.1.13).

2. В диссертации при изложении основных результатов встречается некоторая недосказанность, не полное раскрытие методик получения результатов. Например, на с. 232 указывается, что при идентификации сил тяги и лобового сопротивления алгоритм сглаживания играет ключевую роль, но нигде четко не указано, какой алгоритм сглаживания использовался для получения результатов таблиц 4.1.3, 4.1.4. Рассматривается применение оптимального управления для решения задач идентификации, приводятся функционалы, но отсутствует описание или объяснение методики решения оптимизационной задачи. Лишь можно догадаться, что использовался метод численной оптимизации роя частиц. Механизм его использования не объяснен.

3. Автор считает априорно верным утверждение, что корректные измерения основных параметров полета должны удовлетворять уравнениям пространственного движения самолета как твердого тела. Это утверждение видится скорее априорно неверным, потому что параметры полета измеряются датчиками, имеющими свою динамику, модель пространственного движения ЛА является приближенной, не учитывающей аэроупругость и другие факторы полета. Такое утверждение может быть только гипотезой или допущением.

4. Говорить о преимуществе метода идентификации сил тяги и аэродинамического сопротивления по отношению к газодинамическим методам анализа двигателей не вполне корректно, так как первый оценивает только тягу двигателя при условии её постоянства, а второй - не только тягу, но значительное количество других важнейших характеристик двигателей.

5. В диссертации оценка работоспособности предложенных методов и алгоритмов рассмотрена, преимущественно, на примерах математического и стендового моделирования, тогда как наибольший интерес представляют результаты апробации на основе полетных данных.

6. Большинство работ автора по диссертации выполнены в соавторстве. При этом в диссертации и автореферате не обнаруживается информация, какие из совместно опубликованных результатов лично принадлежат диссертанту. Также хотелось бы видеть пояснения на принципиальные отличия некоторых результатов диссертации, претендующих на научную новизну, от работ научного консультанта по аналогичной тематике, выполненных ранее без соавторства с диссертантом.

**5) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук» (ИПУ РАН), отзыв на автореферат. Отзыв положительный, подписан главным научным сотрудником, д.ф.-м.н., профессором РАН М.В. Хлебниковым, заверен заведующим Общим отделом ИПУ РАН И.П. Васильевой.**

По тексту автореферата имеются следующие замечания и рекомендации:

1. Предложенный метод решения некорректной задачи отдельной идентификации тяги и сопротивления было бы целесообразно сравнить с классическим методом А.Н. Тихонова регуляризации некорректных задач.

2. В дальнейших исследованиях автору рекомендуется обратить внимание на теорию гарантированного оценивания при ограниченных неслучайных возмущениях.

3. Наконец, в тексте присутствуют (в очень небольшом количестве) неизбежные стилистические погрешности, например, «Вторую производную находится» (стр. 25), «метод анализирует устойчивость оценок...» (стр. 28), «теоретических формул» (стр. 30).

**б) Опытнo-конструкторское бюро имени П.О. Сухого – «ОКБ Сухого», отзыв на автореферат. Отзыв положительный, подписан главным специалистом, к.т.н., доцентом В.Н. Тихоновым, заверен первым заместителем директором филиала-управляющим директором ОКБ ОТА – директором ОКБ Сухого М.Ю. Стрельцом.**

Замечания и рекомендации по реферату:

1. При изложении метода оценивания углов атаки и скольжения при отказах датчиков не сформулированы требования к необходимой точности априорных оценок аэродинамических коэффициентов подъемной и боковой сил;

2. В методе отдельного оценивания сил тяги и сопротивления принято допущение об отсутствии зависимости тяги от угла атаки, которое не выполняется, например, на больших углах атаки; кроме того, не представлено данных о способах учета силовой неустойчивости по скорости на вторых режимах полета, что достаточно актуально, особенно для взлетно-посадочных режимов;

3. Рекомендуется рассмотреть вариант метода отдельного оценивания сил тяги и сопротивления при условии, что на летательном аппарате имеется возможность изменения направления вектора тяги.

**7) Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА), отзыв на автореферат. Отзыв положительный, подписан заведующим кафедрой «Аэродинамика, конструкция и прочность летательных аппаратов» МГТУ ГА, д.т.н., профессором М.А. Киселевым, доцентом кафедры «Аэродинамика, конструкция и прочность летательных аппаратов» МГТУ ГА, к.т.н. С.Ф.**

Бородкином, утверждён проректором ФГБОУ ВО «МГТУ ГА» по научной работе и инновациям, д.т.н., профессором В.В. Воробьевым.

К недостаткам работы можно отнести:

1. Математическая модель динамики твердого тела, используемая автором в работе для проверки корректности бортовых измерений полёта ВС, не включает составляющие скорости ветра, что может создавать значительные рассогласования при интенсивных маневрах в боковом канале;

2. Представляется необходимой отсутствующая в работе оценка влияния погрешности в выдерживании тяги на участке обработки с учетом принятого автором допущения о её постоянстве в предложенном им методе отдельной идентификации тяги и сопротивления, на точность определения аэродинамических коэффициентов и силы тяги.

**8) Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главный научный метрологический центр» Министерства обороны Российской Федерации, отзыв на автореферат. Отзыв положительный, подписан ведущим научным сотрудником, д.ф.-м.н., старшим научным сотрудником Р.З. Хайруллином, утверждён заместителем начальника ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России по научной работе, д.т.н., с.н.с. Ю.А. Клейменовым.**

Замечания по автореферату.

1. В автореферате подробно исследуются характеристики предложенных алгоритмов на примерах данных, полученные в ходе стендового моделирования, тогда как наибольший интерес представляют оценки характеристик этих алгоритмов при обработке данных летных экспериментов.

2. В реферате сказано, что оценивание скорости ветра выполняется в реальном масштабе времени, однако, как следует из представленных материалов, оценки получены на скользящем окне минимальной длительности 0,5 с, что создает запаздывания в половину длины окна, то есть 0, 25 с. Поэтому масштаб времени следует считать квазиреальным.

3. Предложенные автором алгоритмы используют высокоточные измерения скорости, выполняемые спутниковой навигационной системой, однако не учитывается, что при энергичном маневрировании летательного аппарата погрешности спутниковых данных могут существенно увеличиваться.

**9) Акционерное общество «Государственное машиностроительное конструкторское бюро «Вымпел» имени И.И. Торопова», отзыв на автореферат. Отзыв положительный, подписан главным специалистом, д.т.н. М.Н. Правидло, начальником бригады, к.т.н. П.А. Бирюковым, и начальником бригады, А.Ю. Королёвым, утверждён заместителем генерального директора по НИОКР, к.т.н. А.Н. Беляевым.**

Замечания и рекомендации по автореферату:

1. При описании частотно-временного алгоритма идентификации не сформулированы конкретные рекомендации по выбору частотных диапазонов для подавления помех конкретных видов, что ограничивает возможности применения метода.

2. В методе восстановления углов атаки и скольжения при отсутствии или отказах датчиков не сформулированы требования к полетным маневрам, обеспечивающим выполнение условий идентифицируемости.

3. Рекомендуется в методе восстановления углов атаки и скольжения рассмотреть также случай отказа или отсутствия барометрического датчика скорости, что актуально для массовых беспилотных аппаратов.

**10) Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА — Российский технологический университет»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан профессором кафедры, д.т.н., профессором Р.Р. Шатовкиным, заведующим кафедрой КБ-2 «Информационно-аналитические системы кибербезопасности» Института кибербезопасности и цифровых технологий ФГБОУ ВО «МИРЭА-Российский технологический университет», к.т.н., доцентом О.В. Трубиенко.

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 это 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 её решения методом регуляризации А.Н. Тихонова.

**11) Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное объединение Наука-Софт»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан начальником научно-исследовательского отдела, д.т.н., с.н.с. А.О. Давидовым, утверждён генеральным директором ООО «НПО Наука-Софт», д.т.н., доцентом П.С. Горшковым.

По реферату необходимо высказать следующие замечания:

1. При решении некорректной задачи раздельной идентификации сил тяги и сопротивления автор не рассматривает известный количественный показатель степени обусловленности – отношение максимального и минимального собственных чисел информационной матрицы, что обычно способствует регуляризации некорректных задач.

2. В работе используется метод максимума правдоподобия, однако не учитывается, что он дает качественные результаты только при выполнении допущения о гауссовском распределении шумов.

3. Для метода детектирования коррелированных с полезным сигналом погрешностей представлен весьма условный пример использования, что может ограничивать его практическое применение.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, компетентностью, имеющимся у них большим опытом проведения лётных испытаний, решения задач идентификации аэродинамических и тяговых характеристик и внедрения алгоритмов обработки бортовых измерений для широкого спектра летательных аппаратов, в том числе, в области соответствующей паспорту специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки). и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

**Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации» (ФГУП «ГосНИИ ГА»)** является головным научным центром в системе гражданской авиации России и ведущей организацией в области исследований, испытаний и сертификации авиационной техники. Институт специализируется на проведении комплексных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на обеспечение безопасности, надежности и эффективности воздушного транспорта, включая разработку методологий и нормативной базы для поддержания летной годности. Проводит фундаментальные и прикладные исследования в области динамики и прочности летательных аппаратов, мониторинга их технического состояния, оценки ресурса и безопасности полетов, а также разрабатывает алгоритмы и информационные системы для обработки эксплуатационных данных. Институт выполняет полный цикл работ – от научного прогнозирования развития авиационной техники до экспертно-аналитического сопровождения ее жизненного цикла. Заключение по диссертационной работе было рассмотрено и одобрено на заседании отделов исследований изменений лётных характеристик воздушных судов в процессе эксплуатации и секретариата Учёного совета ГосНИИ ГА, и подписано научным руководителем института, доктором технических наук, профессором Шапкиным В.С., автором более 160

научных работ в области обеспечения безопасности полетов, управления рисками, прочности авиационных конструкций и мониторинга технического состояния летательных аппаратов. Его квалификация, охватывающая в том числе вопросы расчетно-экспериментальной оценки характеристик материалов и конструкций, анализа эксплуатационных нагрузок и разработки систем поддержки принятия решений, непосредственно связана с проблематикой диссертации, посвященной идентификации характеристик и обработке бортовых измерений.

**Левицкий Сергей Владимирович** – доктор технических наук, профессор, ведущий инженер-конструктор ПАО «Яковлев», автор более 170 научных работ. Научная и практическая деятельность С.В. Левицкого охватывает фундаментальные и прикладные исследования в области математического моделирования полета, динамики и баллистики летательных аппаратов, разработки алгоритмов систем управления и информационной поддержки экипажа. Под его руководством и при непосредственном участии проводятся работы по системному анализу, идентификации характеристик и разработке способов защиты самолетов, в том числе на основе методов оптимизации и имитационного моделирования. Его квалификация в области анализа летно-технических характеристик, оценки возможностей и разработки алгоритмов для высокоманевренных летательных аппаратов напрямую связана с проблематикой диссертации, посвященной идентификации аэродинамических характеристик и обработке бортовых измерений.

**Неусыпин Константин Авенирович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой ИУ-1 «Систем автоматического управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана, автор более 400 научных работ. Научная и практическая деятельность К.А. Неусыпина охватывает фундаментальные и прикладные исследования в области интеллектуальных систем управления, алгоритмов навигации, фильтрации и идентификации для динамических объектов. Под его руководством и при непосредственном участии проводятся работы по созданию адаптивных и селективных навигационных комплексов, разработке нелинейных фильтров Калмана, алгоритмов коррекции инерциальных систем, а также решению задач управления беспилотными летательными и космическими аппаратами. Его квалификация в области синтеза алгоритмов обработки бортовых измерений с повышенной точностью, параметрической идентификации моделей погрешностей и управления движением широкого спектра летательных аппаратов напрямую связана с проблематикой диссертации, посвященной внедрению алгоритмов обработки данных и идентификации характеристик.

**Бронников Андрей Михайлович** – доктор технических наук, доцент, главный конструктор тематического направления в АО «Московский научно-производственный комплекс «Авионика» им. О.В. Успенского», автор более 80 научных работ. Научная и практическая деятельность А.М. Бронникова охватывает

фундаментальные и прикладные исследования в области управления избыточностью сложных бортовых комплексов, синтеза адаптивных и робастных систем управления, а также технической диагностики летательных аппаратов. Под его руководством и при непосредственном участии проводятся работы по разработке методов аналитического конфигурирования и интеграции избыточных систем, созданию алгоритмов адаптивного управления с идентификацией и эталонной моделью для вертолетов и самолетов, а также по мониторингу технического состояния. Его квалификация в области управления движением, обеспечения отказобезопасности и внедрения алгоритмов обработки информации в контуре управления напрямую связана с проблематикой диссертации, посвященной решению задач идентификации и повышения точности бортовых измерений.

**В дискуссии приняли участие:**

Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, шифр специальности в совете
Евдокименков Вениамин Николаевич	д.т.н., проф. 2.3.1
Ефремов Александр Викторович	д.т.н., проф. 2.5.16
Желтов Сергей Юрьевич	д.т.н., проф., Академик РАН, 2.3.1
Константинов Михаил Сергеевич	д.т.н., проф. 2.5.16
Красильщиков Михаил Наумович	д.т.н., проф. 2.3.1
Ненарокомов Алексей Владимирович	д.т.н., проф. 1.2.2
Овчаренко Валерий Николаевич	д.т.н., проф. кафедры 106 «Аэродинамика, динамика и управление полетом», МАИ
Сыпало Кирилл Иванович	д.т.н., проф. РАН, Член-корреспондент РАН, 2.3.1

Диссертационный совет отмечает, что диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, соответствует паспорту специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки), а **наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем**, могут быть сформулированы следующим образом:

1. Алгоритм обнаружения динамических погрешностей бортовых измерений на основе параметрической идентификации и уравнений пространственного движения.
2. Алгоритм определения трёх проекций скорости ветра в реальном времени путём интеграции спутниковой навигации, барометрических данных и датчиков аэродинамических углов.
3. Алгоритм восстановления углов атаки и скольжения при отказах датчиков с использованием навигационных данных и априорных аэродинамических коэффициентов.

4. Метод отдельной идентификации силы тяги двигателей и аэродинамического сопротивления без применения газодинамических моделей.

5. Алгоритм формирования тестового входного сигнала (маневра) для отдельной идентификации сил на основе оптимального управления.

6. Метод идентификации параметров нелинейных систем с сочетанием временного моделирования и спектрального критерия оптимальности.

7. Алгоритм обнаружения коррелированных помех путём искусственного сдвига входного сигнала во времени.

Проведенные исследования являются **новыми**, выносимые автором на защиту результаты исследований, получены впервые, а их **новизна** заключается в том, что: предложен алгоритм обнаружения динамических погрешностей бортовых измерений, основанный на использовании модели движения, не зависящей от аэродинамических характеристик и тяги, что позволяет выявлять искажения данных через нарушение уравнений движения твёрдого тела; разработан алгоритм определения трёх проекций скорости ветра в квазиреальном масштабе времени, использующий параметрическую идентификацию для совместной обработки данных спутниковой навигации, барометрических и аэродинамических измерений в скользящем временном окне; создан алгоритм восстановления углов атаки и скольжения при отказах датчиков, который за счёт интеграции навигационной информации и априорных аэродинамических зависимостей позволяет компенсировать отсутствие прямых измерений; обоснован метод отдельной идентификации силы тяги двигателей и аэродинамического сопротивления, решающий эту некорректную задачу без привлечения газодинамических моделей за счёт применения специализированного тестового манёвра и алгоритма сглаживания помех; предложен алгоритм синтеза такого тестового воздействия, основанный на методах оптимального управления и направленный на повышение обусловленности задачи разделения параметров; разработан метод идентификации нелинейных динамических систем, сочетающий моделирование во временной области с минимизацией спектрального функционала, что за счёт выбора информативных частотных диапазонов повышает робастность оценок; предложен алгоритм обнаружения коррелированных помех, использующий приём искусственного временного сдвига входного сигнала для диагностики систематических смещений оценок параметров.

**Теоретическая значимость:** Работа вносит существенный вклад в развитие теории идентификации динамических систем применительно к условиям реальных лётных испытаний. Автором разработаны и теоретически обоснованы новые методы, которые позволяют преодолеть ключевое противоречие между предпосылками классических алгоритмов и наличием неизбежных систематических погрешностей, коррелированных помех и отказов датчиков на практике.

Основные теоретические результаты заключаются в следующем:

1. Разработана методология создания алгоритмов, устойчивых к систематическим погрешностям, что дополняет классические подходы, ориентированные в основном на борьбу со случайными ошибками.

2. Предложен и обоснован новый частотно-временной метод идентификации. Его ценность заключается в возможности селективного выбора наиболее информативного частотного диапазона для подавления помех, что позволяет повысить точность оценок.

3. Предложен системный подход к решению проблемы обнаружения коррелированных помех в данных с помощью оригинального метода временного сдвига входного сигнала.

4. Предложена методика решения сложной и некорректной задачи раздельной идентификации сил тяги и аэродинамического сопротивления, что развивает теорию планирования эксперимента для сильно коррелированных параметров.

**Практическая значимость** работы подтверждается тем, что все разработанные алгоритмы доведены до уровня, готового к внедрению в процессы проведения и обработки лётных испытаний.

Конкретная практическая польза от внедрения результатов состоит в следующем:

1. Создан комплекс алгоритмов для проверки достоверности исходных данных. Эти инструменты позволяют автоматически выявлять динамические погрешности измерений, оценивать вектор ветра в квазиреальном времени и восстанавливать утерянные параметры (например, углы атаки и скольжения). Их применение повышает надёжность исходных данных для всех последующих расчётов.

2. Разработан метод раздельного определения тяги двигателей и лобового сопротивления, который не требует установки дополнительных датчиков или привлечения сложных газодинамических моделей двигателя. Это даёт специалистам доступный и эффективный инструмент для оценки ключевых характеристик самолёта непосредственно по полётным данным.

3. Предложенные методики верификации аэрометрических данных и формирования оптимальных тестовых манёвров направлены на повышение точности итоговых математических моделей. Внедрение этих подходов способно сократить объём требуемых лётных экспериментов и повысить эффективность процессов проектирования и сертификации авиационной техники.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается всесторонней численной верификацией. Разработанные алгоритмы реализованы в виде программного обеспечения для ЭВМ и применены для обработки данных стендового моделирования. Корректность методов

продемонстрирована сопоставлением оценок идентификации с известными параметрами, заложенными в модель, а также согласованием с результатами, опубликованными в отечественных и зарубежных научных источниках.

**Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию** в организациях, осуществляющих проектирование, испытания и эксплуатацию летательных аппаратов, обработку данных бортовых измерений, разработку алгоритмов навигации и управления. Они также актуальны для научно-исследовательских институтов и конструкторских бюро аэрокосмической отрасли, таких как АО «Российские космические системы», АО «ЦНИИмаш», АО «Наука-Софт», ООО «АУРУС-АЭРО», Лётно-исследовательский институт им. М.М. Громова), АО «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем», а также при проведении НИОКР для перспективных авиационных систем, создании высокоточных бортовых измерительных комплексов для пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов и разработке алгоритмов обработки полётных данных в рамках испытаний новой авиационной и ракетно-космической техники.

**Оценка достоверности результатов исследования** свидетельствует о высокой степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, представленных в работе. Теоретическая часть диссертации базируется на строгом математическом аппарате теории идентификации динамических систем, динамики полёта и математической статистики, причём автором корректно применены как общие методы параметрической идентификации, оптимизации и статистического анализа, так и специальные методики, учитывающие специфику лётного эксперимента. Достоверность результатов обеспечена всесторонней численной верификацией посредством вычислительного эксперимента и обработки данных стендового моделирования, а также согласованностью с опубликованными экспериментальными данными и выводами отечественных и зарубежных исследований. Проведённая комплексная проверка, методологическая строгость и независимая верификация результатов подтверждают их достоверность и соответствие уровню докторского исследования.

**В диссертации научно обоснованы новые технические решения, имеющие существенное значение для развития авиационной отрасли в части** повышения точности параметрической идентификации, обработки полётных данных и совершенствования бортовых алгоритмов в ходе испытаний и эксплуатации летательных аппаратов, а именно:

1. Алгоритм обнаружения динамических погрешностей бортовых измерений, основанный на модели движения, независимой от аэродинамических характеристик и силы тяги.

2. Алгоритм оценивания трёх проекций скорости ветра, построенный на интеграции данных спутниковой навигации и бортовых датчиков.

3. Алгоритм восстановления аэродинамических углов при отказах датчиков, использующий данные навигационной системы и процедуру параметрической идентификации.

4. Методика проверки корректности барометрических измерений путём сравнения с эталонными теоретическими зависимостями.

5. Метод отдельной идентификации силы тяги двигателей и аэродинамического сопротивления, не требующий привлечения газодинамических моделей.

6. Алгоритм формирования тестового входного сигнала для задач идентификации, основанный на методах оптимального управления.

7. Метод идентификации параметров нелинейных динамических систем, сочетающий моделирование во временной области с минимизацией функционала в частотной области.

8. Алгоритм обнаружения коррелированных помех, вызывающих смещение оценок, основанный на приёме имитации сдвига входного сигнала во времени.

**В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания:**

1. Усреднение результатов по шести различным режимам полета при верификации метода отдельной идентификации тяги и сопротивления представляется недостаточно обоснованным. Такой подход может маскировать возможную систематическую ошибку метода, что ставит под сомнение заявленную точность оценок менее 1%.

2. Из доклада не ясно, как исследована чувствительность метода отдельной идентификации тяги и сопротивления к точности априорного знания массы самолета, которая является критически важным параметром.

Соискатель Моунг Хтанг Ом ответил на задаваемые вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Усреднение по независимым реализациям - стандартный статистический способ для подтверждения несмещенности оценок. Разброс результатов по шести режимам оказался незначительным, что как раз и доказывает: погрешность действительно менее 1%, а не является результатом случайного совпадения на одном удачном режиме. Более того, тестовый манёвр выполнялся при одинаковых условиях полёта, что делает возможным усреднение.

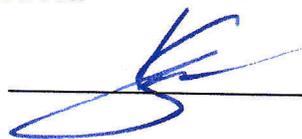
2. Масса непосредственно входит в уравнение баланса сил. Метод использует текущее значение массы, которое известно с высокой точностью, которую обеспечивает разработчик самолета. Более того, в скользящем окне малой длительности изменение массы пренебрежимо мало, поэтому на корректность разделения тяги и сопротивления этот фактор не влияет.

**В диссертационной работе все заимствованные материалы представлены со ссылкой на автора или источник. Тем самым работа удовлетворяет п.14 Положения о присуждении ученых степеней.**

На заседании 12 февраля 2026 г. диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую **новые научно-обоснованные технические решения**, имеющие существенное значение для развития авиационной отрасли в области повышения точности параметрической идентификации, обработки полётных данных и совершенствования бортовых алгоритмов для летательных аппаратов на этапах их испытаний и эксплуатации. Диссертация соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора наук, и её автор Моунг Хтанг Ом заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 5 докторов наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки), участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя диссертационного совета  
24.2.327.03, д.т.н., профессор  
Красильщиков Михаил Наумович



Ученый секретарь диссертационного совета  
24.2.327.03, д.т.н., доцент  
Старков Александр Владимирович



Проректор по научной работе, д.т.н., доцент  
Иванов Андрей Владимирович



«12» февраля 2026 г.