

ОТЗЫВ

официального оппонента

главного конструктора тематического направления Акционерного общества
Московский научно-производственный комплекс «Авионика» имени
О.В. Успенского доктора технических наук доцента Бронникова Андрея
Михайловича 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

1. Актуальность и своевременность проведенного исследования

С прогрессом в развитии вычислительных машин и программного обеспечения существенно возросла роль точных цифровых моделей воздушных судов (ВС) и их систем. В настоящее время разработку и модернизацию многих систем ВС, анализ летных инцидентов, решение ряда задач диагностики невозможно представить без использования цифровых математических моделей динамики полета и силовой установки. Корректность и точность математической модели динамики полета ВС существенно влияют на сроки и эффективность проектирования систем автоматизации управления ВС и других систем. Одним из значимых методов оценки математических моделей динамики полета и силовой установки является идентификация по полетным данным. Но её применение сталкивается с проблемой смещения оценок параметров, происходящим из-за влияния факторов, не учитываемых в математических моделях. Без решения данной проблемы невозможно обеспечить существенного роста точности идентифицируемых моделей. Поэтому диссертационные исследования, целью которых является обоснование комплексной системы методов и алгоритмов идентификации для определения аэродинамических коэффициентов и тяги двигателей в условиях воздействия неблагоприятных факторов летного эксперимента, являются, несомненно, своевременными и актуальными.

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

2. Соответствие содержания работы специальности и ее паспорту

Содержание диссертации полностью соответствует следующим направлениям паспорта специальности 2.5.16 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов»:

- разработка и совершенствование математических моделей, используемых для описания движения и управления летательным аппаратом на различных режимах полета;
- разработка методов идентификации аэродинамических и динамических характеристик летательных аппаратов (ЛА) по данным летных экспериментов.

3. Научная новизна и доказательность результатов

О научной новизне диссертации свидетельствуют следующие основные результаты:

1. На основе параметрической идентификации разработан алгоритм обнаружения динамических погрешностей бортовых измерений ЛА, основанный на утверждении, что измерения основных параметров полёта должны удовлетворять уравнениям пространственного движения ЛА как твердого тела.

2. Предложен метод одновременной идентификации постоянной силы тяги двигателей и силы аэrodинамического сопротивления математической модели самолета за счет формирования на основе метода численной оптимизации тестового входного сигнала, позволяющего варьировать скорость определенным образом для обеспечения минимизации выбранного критерия качества, характеризующего точность идентификации. На основе метода предложена методика проведения летного эксперимента, позволяющего идентифицировать постоянную силу тяги двигателей и силу аэrodинамического сопротивления в полете, близком к горизонтальному.

3. Разработан оригинальный гибридный метод идентификации параметров нелинейных динамических систем известной структуры, сочетающий моделирование во временной области с оптимизацией в частотной области, что позволяет снижать влияние погрешностей с известными частотными свойствами.

4. Обоснован метод оценки достоверности математических моделей, основанный на анализе изменения оценок параметров при искусственном временном сдвиге входных данных, позволяющий выявлять смещения оценок, обусловленные помехами, коррелированными с полезным сигналом.

Достоверность полученных результатов подтверждается корректным использованием положений теорий идентификации, оценивания и математической статистики, непротиворечивостью результатов к близким по тематике работам в области моделирования и идентификации, а также результатами значительного объема численных исследований, подтверждающих справедливость теоретических положений.

4. Вклад в теорию и развитие научного направления

В диссертации разработаны теоретические положения по развитию методов параметрической идентификации аэродинамических характеристик и тяги двигателей ЛА по данным летных экспериментов в условиях систематических погрешностей измерений, коррелированных помех и отказов ряда датчиков, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение. К таким результатам, обладающим теоретической значимостью, можно отнести:

- оригинальный метод частотно-временной идентификации нелинейных динамических систем известной структуры в условиях воздействия цветных шумов на основе сочетания моделирования во временной области с минимизацией целевого функционала в частотной области, который развивает теорию идентификации и может эффективно применяться при наличии априорной информации о спектральных характеристиках шумов;
- новый метод обнаружения коррелированных помех на основе «искусственного временного сдвига входного сигнала»;
- новый метод решения задачи идентификации постоянной силы тяги и аэродинамического сопротивления.

5. Практическая значимость

Диссертационная работа имеет выраженную нацеленность на практическое решение задач идентификации параметров математических моделей ЛА по

полетным данным. Использование полученных в работе результатов при идентификации параметров математических моделей ЛА позволит, в ряде случаев, повысить точность идентификации параметров, сократить количество летных экспериментов.

6. Анализ структуры диссертации

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы, содержит значительное количество графиков, таблиц, описаний алгоритмов, повышающих наглядность изложения. В целом, структура диссертации является продуманной и логичной и способствует улучшению восприятия изложенных результатов. Объем диссертации, насчитывающей 373 страницы, является существенно завышенным.

7. Качество автореферата и его соответствие диссертации

Содержание автореферата соответствует диссертации. В нем сформулированы научные положения, кратко сформулировано содержание диссертации и выводы по ней. Изложен автореферат технически грамотно. Содержание автореферата позволяет специалисту оценить основное содержание и новизну исследований.

8. Характер аprobации и уровень публикаций

В части публикаций диссертация соответствует требованиям п. 13 «Положения о присуждении ученых степеней» № 842 от 24.09.2013 г. В автореферате приведено 32 работы, из них 13 статей в журналах из перечня ВАК, из них 10 статей по специальности 2.5.16. Также имеются 4 статьи в зарубежных журналах с цитированием в Web of Science и Scopus, статьи других в зарубежных журналах и материалах международных и всероссийских конференций. Апробация результатов диссертации сомнений не вызывает.

9. Замечания по диссертации

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 α , то $\alpha_{ист}$ и др.;

- в работе не всегда соблюдается единство обозначений. Например, производная по времени на стр. 35 обозначена, как $\dot{x}(t)$, 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.

Несмотря на указанные замечания диссертация сохраняет общую положительную оценку оппонентом.

10. Рекомендации по использованию научных и практических результатов

Результаты диссертации целесообразно использовать на предприятиях-разработчиках авиационной техники при выполнении задач идентификации математических моделей динамики ЛА и силовых установок, а также в образовании при подготовке инженеров и научных работников, специализирующихся на разработке математических моделей и испытаний авиационной техники.

11. Общее заключение и оценка

Диссертация Моунг Хтанг Ома является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения по развитию методов параметрической идентификации аэrodинамических характеристик и тяги двигателей ЛА по данным летных

экспериментов в условиях систематических погрешностей измерений, коррелированных помех и отказов ряда датчиков, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение. Диссертация удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» № 842 от 24.09.2013 г., а её автор - Моунг Хтанг Ом – достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

Официальный оппонент:

Главный конструктор тематического направления Акционерного общества Московский научно-производственный комплекс «Авионика» имени О.В. Успенского, доктор технических наук, доцент



/ Бронников А.М. /
«26» 01 2026 г.

Подпись Бронникова А.М. удостоверяю.

Заместитель управляющего директора-
главный конструктор АО МНПК «Авионика»



/ Абдулин Р.Р. /
26, 01 2026 г.

С отзывом однокомисн.
27.01.2026

Moan Htang Om



Акционерное общество Московский научно-производственный комплекс «Авионика»
имени О.В. Успенского

Почтовый адрес: 127055, Российская Федерация, г. Москва, ул. ул. Образцова, д. 7

Телефон: +7 (495) 771 66 09, E-mail: avionica@mnpk.ru