



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО



**ЛЕТНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
имени М.М. ГРОМОВА**

• GROMOV FLIGHT RESEARCH INSTITUTE •

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГРУППА КОМПАНИЙ ОАК

30.10.18 № 017/16

На № _____ от _____

Ученому секретарю ДС 212.125.12, на
базе «Московского Авиационного
Института (национального
исследовательского университета)»
к.т.н., доценту А.В. Старкову

125993, г. Москва, ГСП-3, А-80, Волоколамское
шоссе, д.4, Ученый совет МАИ

Уважаемый Александр Владимирович!

Направляю Вам отзыв ведущей организации по диссертации Моунг Хтанг Ом на тему «Разработка алгоритмов идентификации для решения задач испытаний и эксплуатации летательного аппарата», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Приложение: Отзыв ведущей организации от 1.2.18 к.ч.

Первый заместитель
генерального директора
по науке - начальник НИЦ



В.В. Цыплаков

Исп. Поплавский Б.К.
Тел. 8-495-556-75-27

026434





АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО



ЛЕТНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
имени М.М. ГРОМОВА

• GROMOV FLIGHT RESEARCH INSTITUTE •

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

экз. № 1

ГРУППА КОМПАНИЙ ОАК

30.10.18 № 017/16

На № _____ от _____

Утверждаю

Первый заместитель генерального директора
по науке - начальник НИР

В.В. Цыплаков



ОТЗЫВ ведущей организации

ГНЦ РФ АО «ЛИИ им. М.М. Громова» на диссертационную работу
Моунг Хтанг Ом на тему «Разработка алгоритмов идентификации для
решения задач испытаний и эксплуатации летательного аппарата»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05. 07. 09 - Динамика, баллистика, управление движением
летательных аппаратов.

Представленная диссертационная работа посвящена совершенствованию
алгоритмического обеспечения оценки аэродинамических характеристик
самолета по записям измерений параметров движения и материалам
моделирования в интересах сертификационных испытаний. Получение
математических моделей движения летательного аппарата непосредственно из
летного эксперимента существенно повышает достоверность результатов
испытаний. Задача совершенствования методов и алгоритмов идентификации,
учитывающих особенности объекта испытаний и условий их проведения,
решению которой посвящена диссертационная работа, является актуальной.
Практическая значимость работы состоит в расширении области применения
методов идентификации, использующих численное интегрирование, например,
метод максимума правдоподобия, метод настраиваемой модели, дискретно-
непрерывный метод и др.

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка
литературы.

Во введении автор описывает области применения методов
идентификации при создании летательных аппаратов и их связь с
моделированием, летными испытаниями ЛА и с экспериментами в
аэродинамических трубах, формулирует цель работы, определяет объект и
предмет исследований, обосновывает научную новизну, практическую

026435

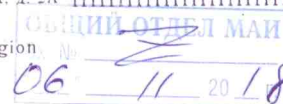
РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ 140180, О МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ, г. ЖУКОВСКИЙ, ул. ГАРНАЕВА, д. 2А

О ТЕЛЕФОН ДЛЯ СПРАВОК: (495) 556-59-38 О ФАКС: (495) 363-69-80

Our address: Russian Federation o 140180, Garnaev str, bld. 2A, Zhukovsky, Moscow Region

o Contact telephons: (495) 556-59-38, Fax: (495) 363-69-80

e-mail: secretary.chief@lii.ru



значимость результатов исследований и формулирует основные положения, выносимые на защиту. Указаны структура и объем работы, публикации, апробирование результатов. Список использованной литературы насчитывает 80 наименований.

В первой главе работы автор выполнил сравнительный анализ трех методов идентификации математических моделей (метод наименьших квадратов, метод максимума правдоподобия и дискретно-непрерывный метод) по материалам численного моделирования продольного и бокового движения самолетов при различных уровнях шумов измерений, предложил пути повышения точности определения параметров математических моделей движения самолета и обосновал направления исследований, проведенных в диссертации.

Во второй главе работы приведена разработанная автором методика оценивания влияния формы входных сигналов и уровня шумов измерений на точность идентификации аэродинамических коэффициентов. Методика основана на статистическом моделировании и численных экспериментах. Оценена возможность применения полигармонических входных сигналов и статистического анализа данных бортовых измерений для повышения точности оценивания параметров математических моделей самолета.

В третьей главе работы автором предложен новый метод идентификации, основанный на рассмотрении «дополнительной» модели с заданными заранее коэффициентами. При этом идентификации подвергается модель в приращениях исходной модели относительно заданной «дополнительной» модели. Этот прием позволяет избежать накопления ошибок при определении вектора состояния исходной модели в случае, когда исходная модель является неустойчивой, и дает возможность применять для идентификации метод максимума правдоподобия, дискретно-непрерывный метод и другие методы, использующие в процессе решения задачи идентификации численное интегрирование уравнений движения самолета. При проведении исследований автор дополнил систему уравнений движения самолета уравнениями модели системы дистанционного управления, уравнениями атмосферной турбулентности и моделями первичных преобразователей измеряемых параметров и выполнил оценку погрешностей идентификации параметров модели. Результаты численного моделирования показали возможность оценивания параметров модели с уровнем относительной погрешности не превышающим 10%. Автором разработан частотный алгоритм идентификации, основанный на оценке спектральной плотности входного и выходного сигналов и передаточных функций самолета. Для линейной по параметрам модели предложен критерий оптимизации, основанный на минимизации суммы квадратов расхождений между взаимной спектральной плотностью входных и выходных сигналов, измеренных в эксперименте и вычисленных по модели. Поиск минимума критерия выполнен численным методом с помощью модифицированного метода Ньютона.

В четвертой главе работы приведены методические рекомендации по применению статистических методов анализа результатов идентификации на основании проверки критериев соответствия аэродинамических зависимостей априорным данным бака характеристики и проверке статистических гипотез. Предложенные методы реализованы в компьютерных программах.

Научная значимость работы определяется разработкой нового метода идентификации, позволяющего уменьшить влияние погрешностей измерений в случае идентификации математических моделей неустойчивых моделей.

Достоверность результатов подтверждена большим объемом компьютерного моделирования.

Практическая ценность диссертационной работы состоит в том, что автор подтвердил результатами исследования возможность повышения точности идентификации за счет применения полигармонических входных сигналов. Получены рекомендации по статистическому анализу результатов на основании статистического моделирования. Результаты работы могут быть использованы при совершенствовании алгоритмического обеспечения обработки материалов летных экспериментов.

Результаты работы докладывались на двух Всероссийских конференциях, Восьмом Международном Аэрокосмическом конгрессе, двенадцатом Интернациональном симпозиуме «интеллектуальные системы», семинаре «Системный анализ» МТИ. Результаты работы опубликованы в трех статьях, входящих в рекомендованный ВАКом Минобрнауки перечень научных изданий и одной монографии. Всего у автора имеется девять публикаций.

Результаты работы могут быть внедрены в учебный процесс для студентов специальности «летные испытания» и использованы при решении задачи определения в летных испытаниях аэродинамических характеристик новых летательных аппаратов.

По представленной к защите работе можно сделать следующие замечания: Во введении к первой главе работы (стр. 10) следовало бы отметить, что существуют модели объекта, описывающие его поведение во всем диапазоне изменения параметров полета и частные модели, описывающие его поведение в заданной области изменения параметров полета. Поэтому наряду с понятием эквивалентности испытываемых систем необходимо рассмотреть понятие области адекватности модели. Области возможного применения модели являются, наряду с точностью, важнейшей характеристикой результатов идентификации. К недостаткам работы относятся следующие: на стр. 12 не сформулированы требования к спектральному составу входных воздействий и их зависимости от целей конкретного летного эксперимента; на стр. 13 не достаточно четко сформулированы условия несмещенности результатов при применении метода наименьших квадратов. Имеют место ошибки в формулах (отсутствует знак нормирования коэффициентов): на стр.44 (2.2.1; 2.2.2; 2.2.5); на стр.51 (2.2.9); на стр.52 (2.2.10); на стр.71 (2.4.6). В таблице 2.3.1 стр.59 не указано к каким сигналам относятся приведенные результаты. Не указаны

ограничения на число гармонических сигналов в составе полигармонического входного сигнала. В разделе 2.2.1 не указано, что задача определения оптимальных входных сигналов может быть решена, как задача оптимального управления на основе принципа максимума Понтрягина. (Известия РАН Теория и системы управления №4 1996г), а автором исследуются возможности применения различных входных сигналов на основании статистического моделирования.

В качестве пожеланий для дальнейших исследований следовало бы рассмотреть применение разработанных методов для идентификации параметров замкнутой системы самолет-система автоматического управления при наличии пилота в контуре управления. Указанные недостатки не снижают ценности полученных автором результатов. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертационной работы.

Диссертация является самостоятельной научно-квалификационной работой. Решение поставленной в работе задачи имеет существенное значение для совершенствования технологии проведения натурного эксперимента, расширения области применения известных методов идентификации характеристик ЛА и повышения точности определения аэродинамических коэффициентов. Работа выполнена на высоком научном и техническом уровне, а ее автор, Моунг Хтанг Ом, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09. «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Отзыв одобрен на заседании президиума НТС НИО-7 21.10.2018г.

Начальник лаб. 77 НИО-7 АО «ЛИИ им. М.М. Громова»
д. т. н. профессор Поплавский Б.К.
тел.8-495-556-75-27



Начальник сектора лаб. 77 НИО-7 АО «ЛИИ им. М.М. Громова»
к. т. н. Сироткин Г.Н.
тел.8-495-556-75-27



Отп. 2 экз.
Букликова Н.А.
т. 8-495-556-59-14
30.10.2018