

О Т З Ы В

оппонента **Шишкова Сергея Викторовича**, доктора технических наук, доцента, Филиала ФГКВОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева» Министерства обороны Российской Федерации в г. Пензе, профессора кафедры «Производство и эксплуатация боеприпасов»

на диссертационную работу

Чан Минь Хай

на тему *«Статистическая идентификация аэродинамических характеристик и параметров беспилотного летательного аппарата в условиях неопределенности»*,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)

Актуальность темы работы

Диссертационная работа Чан Минь Хай посвящена решению важной научно-практической задачи – повышение эффективности принятия проектных решений и сокращение финансовых и временных затрат натурных испытаний на этапах разработки новых образцов беспилотных летательных аппаратов и их модификации за счет применения статистических оценок полноты аэродинамических характеристик в условиях неопределенности по экспериментальным данным.

Беспилотные летательные аппараты приобретают все возрастающее значение в различных отраслях народного хозяйства и военного назначения. Особое развитие это направление получило после утверждения Национального проекта РФ «Беспилотные авиационные системы».

При разработке беспилотных летательных аппаратов одной из основных проблем является наличием множество неконтролируемых факторов, в которых они функционируют такие как погодные условия,

размеры цели, ее координаты, траектория и скорость движения. Кроме того, поскольку БПЛА проектируют по совокупности разнородных взаимосвязанных проектных параметров, то в задаче проектирование присутствует многокритериальная неопределенность, связанная с принятием проектных решений. Главным требованием при проектировании таких систем БПЛА является выбор, которое наиболее полно отвечало не только

Выполнение одновременно требований проектного задания и выполнение целевой (функциональной) задачи является главным при выборе проектного решения БПЛА. Использование экспериментальных данных летно-технических испытаний позволяет скорректировать исходные математические модели БПЛА и адаптировать их к особенностям проектируемого БПЛА.

Целью диссертационной работы является повышение эффективности принятия проектных решений и сокращение финансовых и временных затрат натурных испытаний на этапах разработки новых образцов беспилотных летательных аппаратов и их модификации за счет применения статистических оценок полноты аэродинамических характеристик в условиях неопределенности по экспериментальным данным.

Поэтому тема работы Чан Минь Хай, направленная на повышение эффективности принятия проектных решений и сокращение финансовых и временных затрат натурных испытаний путем создания методики статистическая идентификация аэродинамических характеристик и параметров беспилотного летательного аппарата в условиях неопределенности является *актуальной* и имеет важное научно-практическое значение.

Научная новизна работы

В диссертации получены следующие новые результаты:

1. Методика статистического анализа экспериментальных данных телеметрии, отличающаяся наличием процедуры восстановления структуры аппроксимирующего полинома модели БПЛА, и позволяющая на основе критериев регулярности и несмещенности восстановить (синтезировать)

проектно-функциональные связи между проектными параметрами и критериальными оценками аэродинамической модели БПЛА, что сокращает финансовые и временные при проектировании БПЛА.

2. Методика идентификации аэродинамических характеристик разрабатываемого БПЛА, отличающаяся наличием процедуры статистической оценки полноты экспериментальной (аппроксимирующей) модели, позволяющая на основе сформированного векторного критерия качества в условиях многокритериальной и многофакторной неопределенности определить, насколько построенная аппроксимирующая модель объясняет закономерности, содержащиеся в статистической выборке данных телеметрии, что оптимизирует проектные параметры и повышает эффективность принятия проектных решений.

3. Аэродинамическая модель БПЛА, которая отличается тем, что формируется на основе не только статистических, но и основных физических параметров и критериев. Модель позволяет реализовать структурно-параметрический выбор (оптимизацию) конструкции БПЛА и программно синтезировать наиболее эффективные проектные решения по векторному критерию, учитывающему величину промаха БПЛА, требование по углу подлета к цели, скорость подлета к цели, что сокращает финансовые и временные затраты на аэродинамическую продувку в аэродинамической трубе и натурные испытания при разработке новых образцов БПЛА и их модификации.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что результаты диссертационной работы Чан Минь Хай являются новыми и имеют важное научное и практическое значение.

Теоретическая значимость результатов заключается в дальнейшем развитии методов системного анализа и статистического синтеза структурно-параметрических проектных решений применительно к системам БПЛА в целях разработки аэродинамических характеристик новых образцов БПЛА.

Практическая значимость работы состоит в том, что на основе разработанных моделей и алгоритмов синтеза аэродинамических характеристик

БПЛА по экспериментальным данным построен программный комплекс разработки аэродинамических характеристик новых образцов БПЛА, функционирующих в условиях неопределенности среды, по экспериментальным данным, с помощью которого сокращаются финансовые и временные затраты на аэродинамическую продувку в аэродинамической трубе и натурные испытания при разработке новых образцов БПЛА и их модификации.

Практическая ценность исследований подтверждается актами внедрения результатов диссертационных исследований Военного института автоматизации производства (Военного научно-технического института) Социалистической республики Вьетнам Министерства обороны Социалистической Республики Вьетнам» и «Ракетный институт при Военном научно-технологическом институте Министерства обороны Социалистической Республики Вьетнам». Отдельные полученные результаты диссертационного исследования были применены и реализованы в прикладных НИР и в научных проектах Пензенского государственного университета.

Достоверность и обоснованность результатов исследований, выводов и рекомендаций работы обеспечивается учетом теоретических и методологических положений российских и зарубежных практик; корректным применением известных методов идентификации характеристик сложных технических систем; методов статистической оценки параметров и полноты моделей по экспериментальным данным; методов системного анализа и теории управления при разработке моделей и алгоритмов статистической оценки аэродинамических характеристик новых образцов при поиске их экстремальных значений, а также корректностью принятых допущений, ограничений и начальных условий.

Достоверность научных результатов подтверждается практикой разработки аэродинамических характеристик новых образцов БПЛА различных типов, функционирующих в условиях неопределенности, а также работоспособностью методического инструментария при разработке предложений по улучшению характеристик.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Результаты решения сформулированной научной задачи целесообразно использовать в дальнейшем при:

- формировании обликочных характеристик новых образцов БПЛА по их аэродинамическим возможностям;
- разработке нормативных документов и конструкторской документации, включая проектную документацию на проектируемый БПЛА;
- экспертизе проектных материалов на создание (модернизацию) новых прототипов и образцов БПЛА, а также в процессе научно-технического сопровождения проектно-поисковых, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Общие сведения о работе и содержание диссертации

Рассматриваемая диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, состоящей из введения, трех глав, заключения, списка используемой литературы, двух приложений. Основная часть изложена на 135 страницах машинописного текста, содержит 21 рисунок, 37 таблиц. Библиографический список содержит 112 наименований. Приложения к диссертации занимают 24 страницы.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, определены объект и предмет исследования. Сформулированы цель и задачи. Показана научная новизна и практическая значимость основных результатов.

В первой главе проведен анализ существующих методов и подходов к решению задач идентификации характеристик сложных технических систем в условиях неопределенности по экспериментальным данным; представлена классификация БПЛА и выбран в качестве объекта исследования класс дозвуковых (менее 1 Мах) БПЛА; изложены критерии качества аэродинамических моделей БПЛА; исследованы траекторная модель БПЛА и аэродинамическая модель БПЛА для оценки полноты аэродинамических характеристик БПЛА, сформулирована постановка задачи оценки полноты аэродинамических характеристик БПЛА по экспериментальным данным.

Во второй главе представлена предложенная автором методика

статистического анализа структурно-параметрических проектных связей аэродинамических характеристик БПЛА. Для разрабатываемого БПЛА помимо основных проектных условий и ограничений, включая требование минимизации величины промаха, характерны такие требования, как равенство угла подлета к цели 90^0 , и максимальная скорость подлета к ней.

В третьей главе представлены аэродинамическая модель и алгоритмы статистических оценок полноты аэродинамических характеристик БПЛА в условиях неопределенности среды по экспериментальным данным. Аэродинамическая модель восстанавливается по экспериментальным данным в классе линейных полиномов. Там же представлено численное решение задачи идентификации характеристик БПЛА на основе оценки полноты модели БПЛА по экспериментальным данным и описан программный комплекс статистического синтеза аэродинамической модели БПЛА по экспериментальным данным.

В заключении сформулированы основные результаты работы, приведены рекомендации по дальнейшим исследованиям в направлении повышения качества принятия классификационных решений.

В приложениях приведен программно-методический комплекс и специальное программное обеспечение на языке комплекс Compact Visual Fortran 6.5 (Приложения 1), акты о внедрении результатов диссертационной работы (Приложение 2).

Диссертация написана грамотно, на хорошем научном уровне.

Тема и содержание диссертационной работы соответствуют специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Автореферат по содержанию соответствует тексту диссертации, отражает ее основные положения и выводы, дает представление об актуальности темы, поставленной цели, задачах, необходимых для достижения поставленной цели, объекте, предмете и методах исследования, научной новизне, теоретической и практической ценности, реализации, апробации, кратком содержании и результатах работы.

Основное содержание диссертации достаточно полно отражено в 17-и научных изданиях, в том числе, в пяти рецензируемых изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, две статьи, индексированные в международных базах данных Scopus и Web of Science, десять статей в трудах конференций и изданиях, включенных в базу РИНЦ.

Замечания по диссертационной работе

По диссертационной работе можно отметить следующие недостатки:

1. Несмотря на то, что в диссертации представлена возможная классификация БПЛА военного назначения, за последние годы появилась целая номенклатура перспективных прототипов и концептов, которые не представлены достаточно подробно.

2. Поскольку в диссертационной работе используются данные телеметрии летно-технических испытаний БПЛА, имеющие погрешность измерения, необходимо указать, как она влияет на процедуру идентификации.

3. В качестве объекта исследования автором выбран класс дозвуковых беспилотных летательных аппаратов, но не совсем понятно, указан диапазон скоростей движения ($0,7 - 0,9 \text{ Max}$) или верхний предел. Если это диапазон, то движение БПЛА на такой скорости требуется больше топлива для двигателя и, соответственно, уменьшается полезная нагрузка. Сейчас существует ряд систем БПЛА с аэродинамической схемой, представленной на рисунке 1.1 в диссертации, имеющих более экономичные маршевые режимы полета.

4. Идентификация систем подразумевает, как правило, методику для построения математических моделей некоторой динамической системы по данным наблюдений. Какие параметры для модели БПЛА являются входными, а какие выходными (наблюдаемыми), в диссертации трудно сразу понять.

5. В диссертации процедуру регуляризации желательно было бы изложить в отдельном подразделе.

6. В диссертации отсутствует численное обоснование выводов о повышении эффективности принятия проектных решений не менее чем на 5%.

7. В диссертации отсутствует методика, по которой оценивалось сокращение финансовых и временных затрат от 10 до 30 %.

8. В диссертации нумерация таблиц во второй главе продолжается как в первой 1.3-1.8 и не имеют названий (стр. 46-50), при этом результаты расчетов аэродинамических коэффициентов приведены в таблицах 1.3-1.5, а результаты расчетов коэффициентов аэродинамических моментов в таблицах 1.6-1.8.

9. В диссертации на стр. 13 три способа перечислений различных позиций, хотя перед каждой позицией следует ставить дефис и начинать текст с малой буквы.

Отмеченные недостатки принципиально не влияют на общую положительную оценку рассматриваемой диссертационной работы, не носят принципиального характера и не снижают в целом ее высокую научную и практическую значимость.

Заключение

Диссертация Чан Минь Хай на тему «Статистическая идентификация аэродинамических характеристик и параметров беспилотного летательного аппарата в условиях неопределенности», является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи повышения эффективности принятия проектных решений и сокращение финансовых и временных затрат натурных испытаний на этапах разработки новых образцов беспилотных летательных аппаратов и их модификации за счет применения статистических оценок полноты аэродинамических характеристик в условиях неопределенности по экспериментальным данным, что имеет важное значение для развития методологии синтеза систем БПЛА.

Диссертация соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением

Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Автор работы, Чан Минь Хай, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Профессор кафедры «Производство и эксплуатация боеприпасов» филиала федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева», 440005, Пензенская область, г. Пенза-5, тел. 89603161173, e-mail: sergej.shishkov.75@mail.ru

доктор технических наук, доцент,
специальность 20.02.25. Военная электроника, аппаратура комплексов
военного назначения

« 7 » 11 2024 года

С.В. Шишков

Подпись доктора технических наук, доцента Шишкова Сергея Викторовича заверяю,

Врио начальника отдела кадров филиала федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева», (г. Пенза)

подполковник

А.В. Васильев

« 7 » 11 2024 года