

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.357.03,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ  
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 27.11.2024 № 21

О присуждении Чан Минь Хай, гражданину Социалистической Республики Вьетнам, ученой степени кандидата технических наук.

**Диссертация** «Статистическая идентификация аэродинамических характеристик и параметров беспилотного летательного аппарата в условиях неопределенности» по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки) принята к защите 27.09.2024, протокол № 13, диссертационным советом 24.2.357.03, созданным на базе ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» Министерства науки и высшего образования РФ, 440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, д. 40, приказ Минобрнауки России № 714/нк от 02.11.2012 (приказ № 561/нк от 03.06.2021).

**Соискатель** Чан Минь Хай, 02.06.1980 года рождения, в 2007 г. окончил государственный технический университет им. Ле Куи Дона (Социалистическая Республика Вьетнам, город Ханой) по специальности «Электричество, электроника», квалификация «Инженер». В 2018 г. окончил аспирантуру ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (государственный университет)» Минобрнауки России по направлению подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника. С 2023 года был прикреплен к ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» Минобрнауки России для завершения работы над кандидатской диссертацией.

Чан Минь Хай работает преподавателем кафедры радиотехники факультета авиационной техники в академии ПВО-ВВС Вьетнама, г. Ханой.

Диссертация выполнена на кафедре «Конструирование и производство радиоаппаратуры» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, профессор Юрков Николай Кондратьевич, заведующий кафедрой «Конструирование и производство радиоаппаратуры» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» Минобрнауки России.

### **Официальные оппоненты:**

**Тутнов Игорь Александрович**, доктор технических наук, профессор, начальник лаборатории старения и продления ресурса ядерных энергетических установок ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»;

**Шишков Сергей Викторович**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Производство и эксплуатация боеприпасов» филиала ФГКВОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева» Министерства обороны Российской Федерации в г. Пензе,

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов, в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой «Прикладные информационные технологии», к.т.н., доцентом О.А. Тороповой, заведующим кафедрой «Радиоэлектроника и телекоммуникации», д.т.н., профессором А.А. Львовым и утвержденном проректором по науке и инновациям, д.х.н., профессором И.Г. Остроумовым, указала, что диссертация Чан Минь Хай является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи повышения эффективности принятия проектных решений и сокращения 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, 11, 13, 14 «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). Диссертация обсуждена, отзыв одобрен «5» ноября 2024 г. (протокол № 4) на совместном заседании кафедр «Прикладные информационные технологии» и «Радиоэлектроника и телекоммуникации» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.».

Соискатель имеет 17 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях ВАК при Минобрнауки России опубликовано

5 статей, 2 работы опубликованы в изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации составляет 5,6 печатных листов, авторский вклад – 75%.

Недостоверных сведений об опубликованных соискателем работах в диссертации не обнаружено.

**Наиболее значимые работы:**

1. Чан, М. Х. Структурно-параметрический синтез беспилотных систем в условиях неопределенности на основе статистического анализа экспериментальных данных / А. К. Гришко, М. Х. Чан, Н. К. Юрков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 2. – С. 7–12.

2. Чан, М. Х. О задаче полноты аэродинамических характеристик БЛА в условиях неопределенности / М. Х. Чан, Н. К. Юрков, К. Т. Нгуен // Таврический вестник информатики и математики. – 2023. – № 2 (59). – С. 87–89.

3. Чан, М. Х. Численное решение задачи оценки полноты характеристик беспилотного летательного аппарата методом структурно-параметрического синтеза / М. Х. Чан, К. Т. Нгуен, Ф. Ф. Пащенко // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2018. – № 1. – С. 24–29.

4. Чан, М. Х. Статистический подход к задаче идентификации аэродинамических характеристик беспилотного летательного аппарата по экспериментальным данным / К. Т. Нгуен, А. Н. Назаров, М. Х. Чан // Успехи современной радиоэлектроники. – 2017. – № 1. – С. 10–16.

5. Чан, М. Х. Многофакторная и многокритериальная неопределенность при аэродинамическом моделировании БЛА по летным данным / К. Т. Нгуен, А. Н. Назаров, М. Х. Чан // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2017. – № 1. – С. 59–68.

6. Tran Minh Hai. A Statistical Approach to Correct the Projective Solutions for Development of Unmanned Aerial Vehicles Based on Stable Mathematical Models under Uncertainty Conditions / Tran Minh Hai, N. Q. Thuong, F. F. Pashchenko // 11th International Conference Management of Large-scale System Development (MLSD), Moscow, Russia, 01–03 October, 2018. – Moscow, 2018. doi: 10.1109/MLSD.2018.8551945.

7. Tran Minh Hai. On the Statically Method Selection of Unmanned Aerial Vehicle Characteristic Stable to Multifactor Uncertainty / Nguyen Quang Thuong, Tran Minh Hai, Nguyen Xuan Tien, Pham Tuan Anh // 11th IEEE International Conference Application of information and communication technologies – AICT, Moscow, Russia, 20–22 September, 2017. – Moscow, 2017. doi: 10.1109/ICAICT.2017.8687294.

## **На диссертацию и автореферат поступило 8 положительных отзывов.**

Отзывы составили:

1. Шахнов В.А., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (г. Москва);

2. Маслобоев А.В., д.т.н., доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории информационных технологий управления промышленно-природными системами Института информатики и математического моделирования им. В.А. Путилова ФИЦ «Кольский научный центр РАН» (г. Апатиты);

3. Якимов А.Н., д.т.н., профессор, профессор кафедры «Конструирование и технологии электронных и лазерных средств» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (г. Санкт-Петербург);

4. Миронов В.В., д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры высшей математики ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина», (г. Рязань);

5. Полтавский А.В., д.т.н., ведущий научный сотрудник ФГБУН «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова» Российской академии наук (г. Москва);

6. Затучный Д.А., д.т.н., доцент, профессор кафедры «Вычислительных машин, комплексов, систем и сетей» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (г. Москва);

7. Дивеев А.И., д.т.н., профессор, главный научный сотрудник ФИЦ «Информатика и управление» Российской академии наук, руководитель отдела 55 «Управление робототехническими устройствами» ФИЦ ИУ РАН, директор Робототехнического центра ФИЦ ИУ РАН (г. Москва);

8. Назаров Д.А., к.т.н., старший научный сотрудник лаборатории управления надежностью сложных систем ФГБУН «Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук» (г. Владивосток).

В поступивших отзывах отмечается актуальность работы, новизна полученных результатов и их важность для науки и практики, большой объем работы, выполненной по диссертационному исследованию.

Наиболее существенные замечания по диссертации и автореферату:

- в автореферате используется термин «методика», а в диссертации применяется и термин «метод»;

- разделы «научная новизна» и «положения, выносимые на защиту» автореферата, идентичны по содержанию;

- в автореферате слишком много математических выражений, часть из которых известна и может быть опущена без потери понимания смысла;
- в автореферате на стр. 9 автор для идентификации характеристик БПЛА использует аэродинамическую модель объекта, описывающую соотношения между входными и выходными параметрами, но какие это параметры, из текста автореферата трудно понять;
- недостаточно подробно описаны особенности перехода от формулы (12) к (13), а также ограничения такого перехода;
- не приведена оценка ресурсоемкости (вычислительных затрат) для предлагаемых в работе формул, в частности (8)-(10), (13);
- численные значения, приведенные в заключении (пп. 3, 7), в автореферате не обосновываются;
- пятой задачей исследования поставлена разработка алгоритмов синтеза аэродинамических характеристик, но в тексте автореферата не представлен ни один алгоритм подобного рода;
- заявлено, что разработанный программный комплекс «позволяет сократить финансовые и временные затраты от 10 до 30 %», но остаётся неясным, что именно в результате сокращается – финансовые или временные затраты, также отсутствует численное обоснование выводов о сокращении финансовых и временных затрат;
- в научных и практических результатах указано, что разработанная аэродинамическая модель позволила сократить величину промаха, но не указаны единицы измерения данной величины, описание проведенного эксперимента по определению величины промаха в автореферате отсутствует;
- из текста не ясно, какие новые элементы структурной схемы программного комплекса (рисунок 4) вводятся автором;
- на рисунке 2 (страница 9) автореферата в схеме формирования аэродинамической работы не ясно, на какие элементы и каким образом влияет регуляризатор;
- автор не упомянул ведущие отечественные научные школы в области формирования аэродинамического облика ЛА - С.М. Белоцерковский, М.И. Ништ, С.С. Левицкий, В.Н. Подобедов, А.К. Симагин и другие;
- в автореферате приводится и рассматривается известная аэродинамическая схема летательного аппарата, но не указывается, возможен ли анализ и идентификация параметров других аэродинамических конструкций для проведения идентификации БПЛА;
- на стр. 20 из автореферата указывается, что «не менее чем на 5% повышается эффективность принятия проектных решений». Но как именно это оценивается, в автореферате не поясняется;

- в работе указано, что при анализе используется векторный критерий оптимизации (автореферат, стр. 10, под формулой 2), однако не указано, какие компоненты у векторного критерия и как осуществляется в этом случае выбор оптимального решения.

В целом, во всех поступивших отзывах отмечено, что отраженные в них замечания не носят принципиального характера и не снижают общего научного уровня диссертации.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается их компетентностью и научными достижениями в области системного анализа БПЛА, имеющимися цитируемыми публикациями, соответствующими сфере диссертационного исследования соискателя. Оппонентом, д.т.н., профессором Тутновым И.А. за последние 5 лет в рецензируемых изданиях опубликовано 10 научных работ в области, соответствующей теме оппонируемой работы; оппонентом д.т.н., доцентом Шишковым С.В. за последние 5 лет в рецензируемых изданиях опубликовано 16 научных работ в отрасли, соответствующей теме оппонируемой работы. Ведущая организация ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», являющаяся одним из ключевых технических вузов РФ, ведет научную работу в областях использования нейронных сетей для построения алгоритмов стабилизации беспилотного летательного аппарата (БПЛА), исследования источников погрешностей навигационной системы малого БПЛА, исследования надёжности навигационной системы БПЛА, современных методов оптимизации и моделирования сложных систем. Заведующими кафедрами «Радиоэлектроника и телекоммуникации» и «Прикладные информационные технологии», являющимися одними из ведущих кафедр СГТУ имени Гагарина Ю.А. в области интеллектуального анализа систем БПЛА, сотрудниками за последние 5 лет опубликовано 15 научных работ по тематике, близкой к диссертационному исследованию соискателя.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обусловлен также отсутствием совместных с соискателем проектов и печатных работ.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**Разработаны:**

- 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) функциональные связи между проектными параметрами БПЛА, что сокращает временные затраты на его проектирование;

- методика идентификации аэродинамических характеристик разрабатываемого БПЛА, отличающаяся наличием процедуры статистической оценки полноты экспериментальной (аппроксимирующей) модели и позволяющая на основе сформированного векторного критерия определить качество модели, что повышает эффективность принятия проектных решений;

**предложена** 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;

**доказаны** перспективность и целесообразность применения методики статистической идентификации аэродинамических характеристик и параметров при проектировании беспилотного летательного аппарата в условиях неопределенности;

**введены новые понятия:** новые понятия не вводились.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказаны:**

- результативность методики проектирования систем БПЛА, основанной на многокритериальной многопараметрической многофакторной идентификации показателей и характеристик сложных систем и их структурно-параметрической оптимизации;

- возможность оптимизации проектных параметров БПЛА за счет применения статистических оценок полноты аэродинамических характеристик в условиях неопределенности по экспериментальным данным, а также возможность сокращения временных затрат на натурные испытания новых образцов БПЛА и их модификаций за счет исключения повторных этапов летно-технических испытаний;

**применительно к проблематике диссертации результативно использованы** методы системного анализа и статистического синтеза, методы идентификации систем по экспериментальным данным, методы статистической оценки полноты аэродинамических характеристик летательных аппаратов по экспериментальным данным;

**изложены** статистические критерии качества аэродинамических моделей БПЛА, которые позволяют выявить закономерности в экспериментальных данных для восстановления аэродинамической модели БПЛА;

**раскрыты** особенности процессов создания систем БПЛА на этапах проведения летно-технических испытаний;

**изучены** методы обработки статистической информации и принципы структурно-параметрического синтеза систем применительно к решению задачи эффективного проектирования систем БПЛА;

**проведена модернизация** процесса оценки полноты аэродинамической модели БПЛА на основе статистического анализа данных летно-технических испытаний.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**разработаны и внедрены** представленные в диссертации методики и программный комплекс в Военном институте автоматизации производства (Военный научно-технический институт) Социалистической Республики Вьетнам для систем поддержки принятия решений при проектировании систем БПЛА и их модификаций. Имеется акт о внедрении;

**определена** перспективность методики идентификации систем по экспериментальным данным, основанной как на классических процедурах структурно-параметрической идентификации проектируемых объектов, так и на процедурах определения обратных функций по статистическим выборкам;

**создан** программный комплекс статистического синтеза аэродинамической модели БПЛА по экспериментальным данным, который реализует двухуровневую структурно-параметрическую оптимизацию модели БПЛА;

**представлены** рекомендации по выполнению этапов методики структурно-параметрического синтеза БПЛА.

**Оценка достоверности результатов исследований выявила:**

**для экспериментальных работ** показано, что разработанный программный комплекс может быть использован в системе поддержки принятия решений проектировщиками для оценки качества создаваемого БПЛА и оценок полноты его аэродинамических характеристик;

**теория** построена с корректным использованием математического аппарата статистического анализа данных, известных методов статистической идентификации данных, не противоречит результатам исследований других авторов в данной предметной области, подтверждена результатами компьютерного моделирования;

**идея базируется** на анализе известных отечественных и зарубежных исследований комплексной проблемы проектирования и оптимизации систем БПЛА, а также на возможностях аппарата статистической идентификации и структурно-параметрической оптимизации;

**использованы** результаты сравнения авторских данных с известными результатами проектирования и оптимизации систем БПЛА;

**установлена** непротиворечивость авторских результатов и результатов, опубликованных другими специалистами по тематике построения систем БПЛА;

**использованы** программные средства обработки информации на языке Compaq Visual Fortran 6.5 и разработанный соискателем программно-методический комплекс;

**Личный вклад соискателя** заключается в непосредственном участии в формулировке и формализации задач исследований, изучении достижений мировой теории и практики идентификации систем, разработке методики идентификации аэродинамических характеристик и параметров БПЛА по экспериментальным данным, создании программного комплекса с применением компьютерного моделирования, получении экспериментальных данных с помощью программного комплекса, а также подготовке публикаций и докладов по теме диссертации и внедрении результатов работы. Основные научные результаты получены автором самостоятельно.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. В докладе не прозвучало изложение задачи синтеза характеристик БПЛА;
2. В автореферате векторный критерий изложен не как векторный, а как кортеж признаков.

Соискатель Чан Минь Хай ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, согласился с замечаниями.

На заседании 27 ноября 2024 года диссертационный совет 24.2.357.03 принял решение: за решение научной задачи повышения эффективности принятия решений по проектированию беспилотных летательных аппаратов на основе статистических методов и экспериментальных данных в условиях неопределенности, присудить Чан Минь Хай учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 8 докторов наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки), участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета

д.т.н., профессор

Щербаков Михаил Александрович

Учёный секретарь

д.т.н., профессор

Косников Юрий Николаевич

Дата оформления заключения: 27 ноября 2024 года