



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

**ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ
СЛОЖНЫМИ СИСТЕМАМИ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИПУСС РАН)**

443020, г. Самара, ул. Садовая, 61 тел. (846) 332-39-27 факс (846) 333-27-70, e-mail: iccs@iccs.ru, http://www.iccs.ru
ОКПО 04874434, ОГРН 1026301420881, ИНН/КПП 6317028447/631701001

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

Федерального государственного
бюджетного учреждения науки

Института проблем управления сложными
системами Российской академии наук

доктор технических наук

Сергей Юрьевич Боровик



«27» 11 2018 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

о диссертационной работе Белоконя Сергея Александровича
«Разработка математических моделей, методов и средств исследования
аэродинамики, динамики полета и систем автоматического управления
свободнолетающих динамически подобных моделей», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.13.18 - «Математическое моделирование, численные методы
и комплексы программ»

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Известно, что методы физического моделирования и, в частности, создание динамически подобных моделей объектов, находят широкое применение при исследовании характеристик вновь создаваемых летательных аппаратов (ЛА) и систем автоматического управления (САУ) ими. При этом все чаще традиционно способы проведения таких экспериментальных исследований в аэродинамических трубах дополняются летными испытаниями динамически подобных моделей, которые, несмотря на то, что являются

достаточно дорогим инструментом, позволяют получить более полный и достоверный прогноз поведения ЛА на критических и опасных режимах полета, а также отработать все необходимые алгоритмы функционирования и аппаратное обеспечение САУ. Альтернативой получения такого же объема и качества информации как на летающих динамически подобных моделях, являются только испытания натурного образца ЛА, а это сопряжено с определенными техническими рисками потери дорогого оборудования и, в худшем случае, с человеческими жертвами.

Очевидным является и тот факт, что в максимальной степени испытания на летающих динамически подобных моделях стали возможны благодаря возникновению новых технологий изготовления планера и силовых установок, а также миниатюризации элементной базы электроники и бортовых измерительных устройств. Это, в том числе, объясняет наблюдаемый стремительный рост объема испытаний, выполняемых на подобного рода летающих моделях в России, Европе и США.

В этой связи диссертационная работа Белокопя С.А., посвященная решению актуальной задачи разработки математических моделей, методов и программно-аппаратных средств исследования аэродинамики, динамики полета и систем автоматического управления свободнолетающих динамически подобных моделей, является актуальной. Об актуальности работы также свидетельствует и тот факт, что представленные в ней результаты были получены в рамках работ по программам фундаментальных и прикладных научных исследований по актуальным направлениям науки и техники, реализуемых в ИАЭ СО РАН.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, 3 приложений. Список цитируемой литературы содержит 99 наименований. Общий объем работы составляет 110 страниц, включая 19 рисунков и 2 таблицы.

СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

Научные положения, выводы и практические рекомендации, сформулированные в диссертационной работе, обоснованы по следующим причинам:

- в процессе их получения были корректно использованы методы исследований, общеизвестных уравнений, методов и подходов, такие как методы математического моделирования, теории управления, вычислительной математики, а также имитационного и полунатурного моделирования, которые строго обоснованы в научной литературе, апробированы и хорошо себя зарекомендовали при проведении научных исследований;

- основные результаты исследования прошли апробацию на всероссийских и международных конференциях;

- программно-аппаратный комплекс полунатурного моделирования, реализованный в соответствии с предложенной в диссертационной работе архитектурой, а также программные модули для нескольких аппаратов, реализованные в среде MATLAB/Simulink, включающие математические модели аэродинамических характеристик силовой установки, шасси, уравнения пространственного движения, уравнения законов регулирования системы управления и средства связи с программным пакетом визуализации FlightGear, внедрены в АО «НовосибНИАТ», о чем свидетельствует акт о внедрении результатов кандидатской диссертационной работы Сергея Александровича Белокопя от 20.03.2018 г. б/н.

НОВИЗНА НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

Необходимыми элементами научной новизны обладают следующие научные положения диссертационного исследования, выносимые на защиту:

- архитектура программно-аппаратной платформы моделирования и исследования аэродинамики, динамики полета и САУ свободнолетающих динамически подобных моделей в режимах модельного и реального времени;

- метод управления угловым положением летательного аппарата, основанный на вычислении требуемых вращающих моментов, который позволяет привести летательный аппарат к заданной ориентации по заданной траектории в пространстве состояний системы;

- метод планирования маршрута движения летательного аппарата на основе применения теории спиралей Корню, который позволяет рассчитать гладкую траекторию с учетом требований ограничения перегрузки, а так же непрерывного характера ее изменения при маневре.

ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ РАБОТЫ

Распределение материала исследования по главам проведено в четкой логической последовательности. Начало работы и каждую главу предваряет вводная часть, в которой всесторонне проанализировано текущее состояние вопроса в исследуемой области в России и за рубежом, а в конце каждой главы и всей работы приведены основные выводы. Содержание и структура диссертации соответствуют поставленной цели исследования и позволяют судить о результатах решения задач. Диссертация имеет законченный характер, является оригинальной.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОРЕФЕРАТА ДИССЕРТАЦИИ

Автореферат повторяет структуру диссертации и в кратком виде позволяет судить о ее содержании. Основные выводы диссертации полностью соответствуют основным выводам автореферата. В то же время формулировка положения №1, выносимого на защиту, в автореферате незначительно отличается от варианта, приведенного в диссертации.

НАУЧНАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Научная значимость результатов диссертационного исследования заключается в разработке методов управления угловым положением ЛА, основанным на вычислении потребных вращающих моментов (может выступать теоретической основой при построении элементов САУ ЛА), а также метода планирования маршрута движения ЛА на основе применения теории спиралей Корню (теоретическая основа для создания программного обеспечения наземных пунктов управления полетом). Значимой в научном плане также является разработанная автором архитектура программно-аппаратной платформы моделирования, что позволяет сформулировать принципы реализации подобного рода систем для новых беспилотных летательных аппаратов.

К практически значимым результатам исследования следует отнести разработанный программно-аппаратный комплекс, который был использован в работах по исследованию динамически подобных моделей при наземных и

летных испытаниях образцов перспективных ЛА и в дальнейшем может быть использован для предполетных тренировок летчиков и инженеров-операторов БПЛА.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Основные результаты работы могут быть использованы

- на предприятиях-разработчиках ЛА и САУ соответствующего профиля деятельности (ФГУП «СибНИА им. С.А. Чаплыгина» (г. Новосибирск), АО «НовосибНИАТ» (г. Новосибирск), ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского, АО "КБПА" (г. Саратов), «Аэроб» (г. Москва), ГК «Геоскан» (г. Санкт-Петербург), ПАО «Туполев» (г. Москва), ПАО «Корпорация «Иркут» (г. Москва) и др.)
- в учебном процессе Новосибирского государственного университета (г. Новосибирск); Новосибирского государственного технического университета, Самарского университета, Саратовского университета и др. при чтении курсов студентам и магистрантам направлений «Информационные системы и технологии», «Информатика и вычислительная техника», «Управление в технических системах», при подготовке аспирантов.
- при выполнении работ по научным направлениям ИАЭ СО РАН

ПУБЛИКАЦИИ И АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ

По материалам диссертации опубликовано 13 печатных работ, в том числе 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и на соискание ученой степени доктора наук (3 статьи имеют переводные версии, которые опубликованы в журнале, индексируемом в базах цитирования Scopus и WoS). Результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на 7 всероссийских и международных конференциях, в том числе, на английском языке. Материалы 9 докладов также опубликованы в открытой печати.

ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

1. Вызывает сомнение утверждение автора на стр.11 диссертации, что исследование проводилось в рамках прикладной НИР «Разработка проекта автоматизированной системы диспетчерского управления поездов второй очереди метрополитена в г. Новосибирске». По нашему мнению стр. 23 диссертации имеет более корректную формулировку, отражающую неоспоримый факт того, что отдельные результаты, полученные автором при выполнении указанной выше НИР, использовались и в этом диссертационном исследовании.
2. Как уже отмечалось при анализе соответствия текста диссертации тексту автореферата, имеется незначительное отличие формулировки первого положения, выносимого на защиту в автореферате и в диссертации. При этом следует отметить, что отличие носит в большей степени формальный характер, а не смысловой.
3. При описании модели САУ в типовой конфигурации (раздел 1.4, стр. 26) автором упоминается режим функционирования программного обеспечения пилотажно-навигационного комплекса в режиме вычислений с фиксированным шагом на постоянной частоте 100Гц. Не вполне понятно является ли это исходными данными или выбором автора. В последнем случае явно недостает обоснования выбора такого режима вычислений.
4. Отсутствуют оценки погрешности разработанной автором модели пространственного движения ЛА. В диссертации автор ограничивается лишь приведением графиков модельных и экспериментальных данных (раздел 2.4, рис. 9-12) и констатацией того факта, что «на приведенных графиках видна высокая степень совпадения...данных» (стр. 41).
5. Вызывает сомнение постановка задачи планирования маршрута ЛА по указанию заданных координат поворотных пунктов (глава 4). Более естественным представляется планирование маршрута по указанию «целей» (точек, через которые ЛА должен обязательно пролететь, чтобы выполнить свою миссию).
6. Анализ результатов моделирования планирования траектории движения ЛА с использованием клотоиды (раздел 4.4), реализованный автором в среде MATLAB/Simulink позволил ему сделать вывод о работоспособности и эффективности предложенного метода Однако экспериментальное подтверждение данного вывода в работе отсутствует.
7. Есть замечания и по оформлению диссертационной работы. Несмотря на наличие списка сокращений и условных обозначений автор зачастую не

расшифровывает введенные им обозначения по тексту диссертации при первом их появлении, что несколько затрудняет прочтение работы.

В целом указанные замечания не являются принципиальными и не снижают научной и практической ценности диссертационной работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Белоконя С.А. является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой содержится решение важной задачи разработки математических моделей, методов и средств исследования аэродинамики, динамики полета и систем автоматического управления свободнолетающих динамически подобных моделей ЛА.

Диссертация содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, а также имеет большую практическую ценность, что подтверждается сведениями об использовании полученных автором научных результатов. Сформулированные автором выводы можно охарактеризовать как обоснованные и достоверные.

Автореферат и опубликованные работы достаточно полно отражают содержание диссертации. Оформление работы в целом соответствует установленным требованиям.

Замечания, сделанные в отзыве, не снижают общей положительной оценки работы.

Диссертационная работа «Разработка математических моделей, методов и средств исследования аэродинамики, динамики полета и систем автоматического управления свободнолетающих динамически подобных моделей» удовлетворяет критериям Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842, установленным для кандидатских диссертаций, а ее автор, Белоконь Сергей Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Заключение обсуждено и принято на научном семинаре лаборатории анализа и моделирования сложных систем федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем управления сложными системами Российской академии наук «27» ноября 2018 года, протокол №10.

Отзыв составлен главным научным сотрудником лаборатории анализа и моделирования сложных систем, заместителем директора по научной работе ИПУСС РАН, доктором технических наук доцентом Смирновым Сергеем Викторовичем (специальность, по которой защищалась диссертация: 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации, 2002 г.)

Главный научный сотрудник
лаборатории анализа и моделирования
сложных систем, заместитель директора
по научной работе федерального
государственного бюджетного учреждения
науки Института проблем управления
сложными системами
Российской академии наук,
доктор технических наук,
доцент



Сергей Викторович Смирнов

Учёный секретарь
федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Института проблем управления
сложными системами
Российской академии наук,
кандидат экономических наук,
доцент



Татьяна Владимировна Моисеева