



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.942

КЛЮЧЕВАЯ РОЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ДИНАМИКИ ПОЛЕТА, СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ АВИАЦИОННЫХ НАУК

Кириллов Д.О.

ФГБОУ ВО "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ ИМЕНИ ГЛАВНОГО МАРШАЛА АВИАЦИИ А.А. НОВИКОВА", Санкт-Петербург, Россия (196210, город Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д.38), e-mail: dimanchik20130@gmail.com

Данная статья призвана собрать в себя краткие результаты исследований в области динамики полета, систем управления и моделирования аэродинамических характеристик летательных аппаратов гражданской авиации. Большое внимание уделяется имитационным моделям, используемым для анализа характеристик самолетов с высокой степенью инноваций с точки зрения архитектуры, систем или силовой установки. Кроме того, разработка и сертификация новых методов аэромеханического анализа и оптимизации, усовершенствованного моделирования, новых способов управления полетом и инструментов анализа динамики полета для различных рабочих процессов проектирования являются весьма важными факторами, которые расширили знания в данной области.

Ключевые слова: Аэродинамика, динамика полета, гражданская авиация, моделирование, системы управления.

THE KEY ROLE OF RESEARCH IN THE FIELD OF FLIGHT DYNAMICS, CONTROL SYSTEMS AND SIMULATION FOR THE DEVELOPMENT OF AVIATION SCIENCES.

Kirillov D.O.

"ST. PETERSBURG STATE UNIVERSITY OF CIVIL AVIATION NAMED AFTER AIR CHIEF MARSHAL A.A. NOVIKOV", St. Petersburg, Russia (196210, St. Petersburg, ул. Pilotov, д.38), e-mail: ¹Kvakolka885@gmail.com, ²drots2005@mail.ru, ³borovikovadasha05@mail.ru

This article is intended to collect brief results of research in the field of flight dynamics, control systems and modeling of aerodynamic characteristics of civil aviation aircraft. Much attention is paid to simulation models used to analyze the characteristics of aircraft with a high degree of innovation in terms of architecture, systems or power plant. In addition, the development and certification of new methods of aeromechanical analysis and optimization, advanced modeling, new flight control methods and flight dynamics analysis tools for various design workflows are very important factors that have expanded knowledge in this field.

Keywords: Aerodynamics, flight dynamics, civil aviation, modeling, control systems.

Введение

В развивающейся области исследований гражданской коммерческой авиации изучение динамики полета, систем управления и моделирования имеет ключевое значение для технологического прогресса. Действительно, эти области исследований имеют важное значение для повышения безопасности и экономичности современных воздушных судов, а также для поиска передовых и эффективных решений. Глубокое понимание и характеристика

динамика полета имеют фундаментальное значение для понимания и улучшения летно-технических характеристик воздушных судов. По мере развития авиации от самых простых до более сложных, экономичных и экологичных конструкций [1,2] точное прогнозирование и управление поведением самолета в различных условиях становится все более важным. Это важно не только для оптимизации конфигурации самолетов, но и для обеспечения устойчивости и управляемости, соответствующих строгим требованиям. Инновационные конфигурации, такие как предложенные в работах [3,4,5] требуют тщательной характеристики с точки зрения динамического поведения, прогнозов характеристик и перспектив безопасности.

Системы управления тесно связаны с динамикой полета. Сложные алгоритмы управления позволяют точно управлять все более сложными и автоматизированными системами самолета. Интеграция передовых технологий управления гарантирует, что самолеты могут безопасно и эффективно эксплуатироваться даже в сложных сценариях. Кроме того, взаимодействие между пилотами-людьми и автоматизированными системами становится все более актуальным, и исследования сосредоточены на оптимизации этой взаимосвязи для снижения рабочей нагрузки пилотов и повышения общей надежности. Наконец, моделирование играет ключевую роль в соединении теории и практики. Высокоточное моделирование позволяет исследователям и инженерам тестировать новые концепции, сертифицировать модели и прогнозировать характеристики [6,7]. Поскольку авиационная промышленность сталкивается с необходимостью снижения затрат и повышения безопасности, моделирование обеспечивает важнейшую платформу для тщательного тестирования без рисков и затрат, связанных с реальными испытаниями. Более того, проверенные платформы моделирования позволяют делать надежные прогнозы даже на самой ранней стадии проектирования, ускоряя разработку новых авиационных технологий, таких как новые силовые установки, гибридные электрические [8] или водородные силовые установки [9]. Развитие технологий моделирования позволяет исследовать новые рубежи в конструкции самолетов и эксплуатационных характеристиках, поддерживая стремление к инновациям.

Обзор опубликованных статей

В данной статье представлены 5 научных работ, в которых обсуждаются изучение динамики полета и моделирования, затрагивающие конкретные темы из разных областей. Ниже приводится краткое изложение этих исследований и их основных выводов.

Статья [10] использует специализированные инструменты моделирования для исследования характеристик региональных самолетов, оснащенных гибридными электрическими силовыми установками. В исследовании подчеркивается, что гибридные электрические самолеты демонстрируют отличные эксплуатационные характеристики по сравнению с обычными самолетами с двигателями внутреннего сгорания (ДВС), особенно с точки зрения соотношения полезной нагрузки и дальности полета. Исследование демонстрирует, что гибридная электрическая силовая установка дает значительные преимущества перед ДВС, включая снижение расхода топлива и увеличение дальности полета, особенно для коротких региональных полетов (около 450 километров). Эти результаты подчеркивают потенциал гибридных электрических технологий в снижении воздействия региональной авиации на окружающую среду. Кроме того, в исследовании подчеркивается

важность оптимизации стратегий управления энергопотреблением для дальнейшего повышения производительности.

Статья [11] представляет метод точного определения аэродинамических характеристик на ранней стадии проектирования самолета с использованием виртуальных летных испытаний в аэродинамической трубе. Авторская модель описывает влияние аэродинамических сил на полет, а их метод обеспечивает высокую точность, отличающуюся менее чем на 10% от обычных измерений в аэродинамической трубе. Этот подход позволяет проводить раннюю сертификацию аэродинамических моделей, способствуя сокращению цикла разработки и снижению затрат при проектировании самолетов. Метод особенно полезен для повышения точности динамических испытаний в аэродинамических трубах.

Статья [12] представляет имитационную модель для анализа динамики взлета самолета, подходящую для проектирования как традиционных, так и инновационных конфигураций самолетов. Модель включает в себя экранный эффект земли, который существенно влияет на характеристики самолета при взлете. В исследовании сравнивается обычный самолет с трубчатым крылом и самолет с замкнутой схемой крыла Box Wing, выявляются ключевые различия в их аэродинамическом поведении вблизи взлетно-посадочной полосы. Конструкция прямоугольного крыла демонстрирует преимущества в динамике подъемной силы, лобового сопротивления и тангажа из-за чувствительности к воздействию земли. Универсальность модели и низкие вычислительные затраты делают ее ценным инструментом на ранней стадии проектирования самолетов.

Статья [13] исследует аэродинамические характеристики новой концепции самолета с замкнутой схемой крыла Box Wing и двигателями, установленными сзади, с акцентом на преимущества поглощения пограничного слоя (Boundary-Layer Ingestion - BLI). Испытания в аэродинамической трубе с использованием моделей в масштабе 1:28 показали, что конфигурация BLI повысила эффективность тяги за счет снижения скорости реактивной струи и энергопотребления как минимум на 7,41% по сравнению с традиционными конструкциями. Однако BLI также внесла искажение потока, которое могло повлиять на характеристики. Эти результаты подчеркивают потенциал BLI в повышении эффективности аэродинамических двигателей, хотя необходимы дальнейшие исследования, чтобы полностью понять его влияние на реальные летно-технические характеристики самолета, особенно в полном масштабе и в реальных условиях полета.

Статья [14] представляет платформу виртуальных летных испытаний (Virtual Flight Testing - VFT) для крупномасштабных высокоскоростных аэродинамических труб для решения проблем нелинейного взаимодействия в аэродинамике, динамике полета и управлении при маневрах. VFT объединяет модель с тремя степенями свободы, приборы для измерения аэродинамических параметров, а также виртуальную систему управления, позволяющую реалистично моделировать маневры и проверять законы управления полетом. Платформа эффективно определяет связь тангажа и крена на больших углах атаки и проверяет стратегии управления для разделения этих движений. После сравнения с реальными полетными данными результаты подтверждают надежность VFT и его потенциал для снижения рисков и затрат на летные испытания.

Заключение

Исследования в области транспортной авиации постоянно сталкиваются со сложными и амбициозными новыми задачами. Новые концепции самолетов, типы силовых установок, методы управления самолетами и общие прорывные инновации все чаще изучаются, исследуются и разрабатываются. Изучение динамики полета всегда имело особое значение при исследовании поведения инновационных транспортных самолетов, оценке их характеристик устойчивости и управляемости, а также при оценке их эксплуатационных характеристик. В зависимости от используемого уровня точности, модели, методы и инструменты летного моделирования позволяют охарактеризовать аэромеханическое поведение самолета на любом этапе процесса проектирования, от начальных концептуальных этапов до самого продвинутого детального анализа. Такие модели имеют отношение к достижениям в различных областях транспортной авиации, таким как повышение безопасности полетов, оптимизация выполнения задач, разработка новых концепций эксплуатации воздушных судов и внедрение методов виртуальной сертификации. Эти области имеют решающее значение для авиационной науки, стимулируя разработку новых технологий, которые определяют будущее авиации.

Поскольку отрасль продолжает развиваться, исследования в этих областях должны оставаться приоритетом для обеспечения того, чтобы гражданская и коммерческая авиация могла отвечать требованиям безопасности, эффективности и изобретательности.

Список литературы

1. Платцер М. Ф. Взгляд на актуальность зеленой авиации // Прогресс в аэрокосмических науках. 2023. Т. 141. С. 100932.
2. Фикка А., Маруло Ф., Солло А. Открытое мышление для реализации концепции устойчивой "зеленой" авиации // Прогресс в аэрокосмических науках. 2023. Т. 141. С. 100928.
3. Оконкво П., Смит Х. Обзор развивающихся тенденций в проектировании самолетов со смешанным крылом // Прогресс в аэрокосмических науках. 2016. Т. 82. С. 1-23.
4. Абу Салем К., Чиполла В., Палайя Г., Бинанте В., Дзанетти Д. Основанный на физике междисциплинарный подход к предварительному проектированию и анализу характеристик самолета средней дальности с коробчатой архитектурой крыла // Аэрокосмическая промышленность. 2021. Т. 8. С. 292.
5. Кавалларо Р., Демази Л. Проблемы, идеи и инновации конфигураций со спаренным крылом: концепция из прошлого, возможность для будущего // Прогресс в аэрокосмических науках. 2016. Т. 87. С. 1-93.
6. Тай С., Ван Л., Ван Ю., Бу С., Юэ Т. Моделирование динамики полета и определение аэродинамических параметров при проведении виртуальных летных испытаний с четырьмя степенями свободы // Журнал AIAA. 2023. Т. 61. С. 2652-2665.
7. Томсон Д., Брэдли Р. Обратное моделирование как инструмент исследования динамики полета — принципы и приложения // Прогресс аэрокосмических наук. 2006. Т. 42. С. 174–210.
8. Абу Салем К., Палайя Г., Кварта А. А. Обзор технологий и конструкций гибридно-электрических самолетов: критический анализ и новые решения // Прогресс в аэрокосмических науках. 2023. Т. 141. С. 100924.

9. Адлер Э. Дж., Мартинс Дж. Р. Летательные аппараты на водородном топливе: фундаментальные концепции, ключевые технологии и воздействие на окружающую среду // Прогресс в аэрокосмических науках. 2023. Т. 141. С. 100922.
10. Палайя Г., Абу Салем К. Анализ эффективности полета гибридно-электрического регионального самолета // Аэрокосмическая промышленность. 2023. Т. 10. С. 246.
11. Тай С., Ван Л., Ван Ю., Лу С., Бу С., Юэ Т. Определение поперечно-направленных аэродинамических параметров летательных аппаратов на основе виртуальных летных испытаний в аэродинамической трубе // Аэрокосмическая промышленность. 2023. Т. 10. С. 350.
12. Абу Салем К., Палайя Г., Чиарелли М. Р., Бьянки М. Система моделирования взлета самолета с учетом аэродинамики наземного воздействия при концептуальном проектировании // Аэрокосмическая промышленность. 2023. Т. 10. С. 459.
13. Браво-Москера П. Д., Керон-Муньос Х. Д., Каталано Ф. М. Потенциальные двигательные и аэродинамические преимущества новой концепции самолета: экспериментальное исследование на низкой скорости // Аэрокосмическая промышленность. 2023. № 10. С. 651.
14. Ли Х., Ли Ю., Чжао З., Ван Х., Ян Х., Ма С. Высокоскоростная виртуальная летно-испытательная платформа для оценки эффективности маневров по тангажу // Аэрокосмическая промышленность. 2023. Т. 10. С. 962.

References

1. Platzer M. F. A perspective on the urgency for green aviation // Progress in Aerospace Sciences. 2023. Т. 141. p. 100932.
2. Ficca A., Marulo F., Sollo A. An open thinking for a vision on sustainable green aviation // Progress in Aerospace Sciences. 2023. Т. 141. p. 100928.
3. Okonkwo P., Smith H. Review of evolving trends in blended wing body aircraft design // Progress in Aerospace Sciences. 2016. Т. 82. pp. 1–23.
4. Abu Salem K., Cipolla V., Palaia G., Binante V., Zanetti D. A Physics-Based Multidisciplinary Approach for the Preliminary Design and Performance Analysis of a Medium Range Aircraft with Box-Wing Architecture // Aerospace. 2021. Т. 8. pp. 292.
5. Cavallaro R., Demasi L. Challenges, ideas, and innovations of joined-wing configurations: A concept from the past, an opportunity for the future // Progress in Aerospace Sciences. 2016. Т. 87. pp. 1–93.
6. Tai S., Wang L., Wang Y., Bu C., Yue T. Flight dynamics modeling and aerodynamic parameter identification of four-degree-of-freedom virtual flight test // AIAA Journal. 2023. Т. 61. pp. 2652–2665.
7. Thomson D., Bradley R. Inverse simulation as a tool for flight dynamics research—Principles and applications // Progress in Aerospace Sciences. 2006. Т. 42. p. 174–210.
8. Abu Salem K., Palaia G., Quarta A. A. Review of hybrid-electric aircraft technologies and designs: Critical analysis and novel solutions // Progress in Aerospace Sciences. 2023. Т. 141. p. 100924.
9. Adler E. J., Martins J. R. Hydrogen-powered aircraft: Fundamental concepts, key technologies, and environmental impacts // Progress in Aerospace Sciences. 2023. Т. 141. p. 100922.

10. Palaia G., Abu Salem K. Mission Performance Analysis of Hybrid-Electric Regional Aircraft // Aerospace. 2023. Т. 10. p. 246.
 11. Tai S., Wang L., Wang Y., Lu S., Bu C., Yue T. Identification of Lateral-Directional Aerodynamic Parameters for Aircraft Based on a Wind Tunnel Virtual Flight Test // Aerospace. 2023. Т. 10. p. 350.
 12. Abu Salem K., Palaia G., Chiarelli M. R., Bianchi M. A Simulation Framework for Aircraft Take-Off Considering Ground Effect Aerodynamics in Conceptual Design // Aerospace. 2023. Т. 10. p. 459.
 13. Bravo-Mosquera P. D., Cerón-Muñoz H. D., Catalano F. M. Potential Propulsive and Aerodynamic Benefits of a New Aircraft Concept: A Low-Speed Experimental Study // Aerospace. 2023. Т. 10. p. 651.
 14. Li H., Li Y., Zhao Z., Wang X., Yang H., Ma S. High-Speed Virtual Flight-Testing Platform for Performance Evaluation of Pitch Maneuvers // Aerospace. 2023. Т. 10. p. 962.
-