

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОФИЛЕЙ КРЫЛА БПЛА

Коляда Е.В.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В статье рассматривается роль беспилотных летательных аппаратов и актуальные направления их развития, особенно в контексте проектирования профилей крыла. Описаны методы и подходы, используемые для оптимизации аэродинамических характеристик БПЛА, включая испытания в аэродинамических трубах, применение систем автоматизированного проектирования, использование новых материалов и адаптивных профилей крыла. Подчеркивается важность интеграции новых технологий для создания более грузоподъемных, маневренных, легких и дешёвых БПЛА.

Ключевые слова: БПЛА, профиль крыла, анализ.

Введение. В последние десятилетия беспилотные летательные аппараты (БПЛА) завоевали значительную популярность и нашли широкое применение в различных сферах: от военных операций до гражданской авиации, сельского хозяйства и мониторинга окружающей среды. Одним из ключевых факторов, определяющих эффективность и производительность БПЛА, является аэродинамическая форма их крыльев. Проектирование профилей крыла оказывает решающее влияние на подъемную силу, устойчивость, маневренность и экономичность полета аппарата.

Современные исследования в области аэродинамики позволяют создавать инновационные формы крыла, которые значительно улучшают характеристики БПЛА. Вариации в дизайне профилей крыла, такие как использование кривая, угол атаки и наличие различных приспособлений, способствуют оптимизации воздушного потока и повышению общего коэффициента подъемной силы. Более того, комбинация традиционных инженерных методов с новейшими компьютерными технологиями, такими как численное моделирование и методы оптимизации, открывает новые горизонты для исследований [1–13].

Целью данной статьи является анализ современных подходов и технологий, применяемых в проектировании профилей крыла БПЛА. В ходе исследования автором рассмотрены как теоретические основы, так и практические аспекты, включая существующие достижения в данной области и перспективы их дальнейшего развития. Предполагается, что полученные результаты в дальнейшем смогут не только обобщить текущие знания, но и предложить новое видение для будущих исследований и разработок в сфере аэродинамики БПЛА.

Основная часть. Аэродинамика профилей крыла является одной из ключевых областей исследований в инженерии БПЛА. Оптимизация форм крыла позволяет значительным образом улучшить их летные характеристики и эффективность использования. Исследования показывают, что правильный выбор профиля может привести к увеличению коэффициента подъемной силы и снижению сопротивления, что, в свою очередь, снижает расход энергии и увеличивает продолжительность полета [8, 9].

Проектирование профилей крыла беспилотных летательных аппаратов является ключевым аспектом, определяющим их аэродинамические характеристики, эффективность и производительность. Современные исследования и технологии [1–9] включают следующие методы и подходы (рисунок 1):

– испытания в аэродинамических трубах;

- использование систем автоматизированного проектирования (САПР);
- использование новых материалов и конструкций;
- использование адаптивных профилей крыла.



Рисунок 1 – Методы проектирования профилей крыла БПЛА

Для проведения испытаний модель крыла помещают в аэродинамическую трубу и изучают взаимодействие потока воздуха с поверхностью крыла БПЛА. При этом делаются замеры лобового сопротивления, подъемной силы, а также находят точки срыва потока при разных углах атаки [1].

Использование систем автоматизированного проектирования позволяет провести измерение лобового сопротивления, подъемной силы и других параметров без необходимости создавать макеты и проводить на них испытания. Данный метод исследований позволяет уменьшить временные и финансовые затраты, и формализовать процесс. Под формализацией следует понимать четкое отображение проблем и результатов их решения [2–3].

Применение легких и прочных композитных материалов для создания профилей крыла позволяет снизить вес и лобовое сопротивление крыла БПЛА, также позволяет воспроизводить сложные формы профилей крыла, которые трудоемки и сложны при традиционных методах производства. Детали, сделанные из композитных материалов, не подвержены коррозии, гибкие, легкие и прочные.

Адаптивные профили – профили крыла, которые могут изменять аэродинамические характеристики. Изменение аэродинамических характеристик происходит за счет систем управления пограничным слоем: предкрылки, закрылки, элементов отсасывающих пограничных слой, элементов, сдувающих пограничный слой. Применение систем управления пограничным слоем на крыле БПЛА позволяет увеличить его подъемную силу по сравнению с крылом без подобных систем. Это достигается за счёт более эффективного использования воздушного потока над крылом и предотвращения образования зон отрыва пограничного слоя, что приводит к увеличению давления на верхней поверхности крыла и, как следствие, к увеличению подъемной силы [7].

Согласно [10] применение методов компьютерной гидродинамики (*CFD*) позволяет проводить детальные аэродинамические исследования профилей крыла, выявляя оптимальные формы для различных режимов полета. Эти исследования способствуют улучшению подъемной силы и снижению сопротивления, что особенно важно для беспилотников, работающих на малых высотах и скоростях.

Статья [11] дополняет эти выводы, акцентируя внимание на важности анализа влияния угла атаки на аэродинамические характеристики. С помощью многопараметрических методов моделирования исследователи выявили, что изменение

угла атаки может значительно повлиять на эффективность использования профиля крыла, что открывает новые горизонты для оптимизации конструкций БПЛА.

Заключение. Современные исследования и технологии в области проектирования профилей крыла БПЛА направлены на создание более грузоподъемных, маневренных, легких и дешевых летательных аппаратов. Интеграция новых материалов, методов оптимизации и технологий открывает большие возможности для развития БПЛА и их применения в различных сферах.

Список литературы

1. YANIKTEPE Bulent. *Aerodynamics and Flow Characteristics of X-45 Delta Wing Planform* / Bulent, Coskun OZALP // *SU. Journal of Engineering Sciences*, 19(1). – Turkey, 2016.
2. Алексеев В.Ф. Особенности формализации задач принятия проектных решений при автоматизации проектирования радиоэлектронных средств / В. Ф. Алексеев // *Известия Белорусской инженерной академии*. – Минск, 2004. – № 1 (17/4). – С. 250–259.
3. Hassan Aleisa. *Numerical Investigations on Low-Speed Aerodynamic Characteristics of Generic UCAV Configuration* / Hassan Aleisa, // *Istanbul Technical University*, –Istanbul, 2024.
4. Бавбель, Е. И. Основные задачи при исследовании методов и средств проектирования беспилотных летательных аппаратов / Е. И. Бавбель, А. А. Бородин, Е. В. Коляда // *Новые информационные технологии в научных исследованиях «НИИТ-2023» : материалы XXVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов, Рязань, 22–24 ноября, 2023 г. : в 2 т. Т 2 / Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина*. – Рязань, 2023. – С. 57–59.
5. Бавбель, Е. И. Обзор аэродинамических характеристик профиля NASA = *NASA profile aerodynamic overview* / Е. И. Бавбель // *Электронные системы и технологии : сборник материалов 60-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 22–26 апреля 2024 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]*. – Минск, 2024. – С. 126–129.
6. Бавбель, Е. И. Подходы к проектированию БПЛА с повышенной выносливостью и грузоподъемностью / Е. И. Бавбель, А. А. Бородин, Е. В. Коляда // *Новые информационные технологии в научных исследованиях «НИИТ-2023» : материалы XXVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов, Рязань, 22–24 ноября, 2023 г. : в 2 т. Т 2 / Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина*. – Рязань, 2023. – С. 60–62.
7. Павленко В.Ф. *Самолеты вертикального взлета и посадки : учеб. пособие* / В.Ф. Павленко. – Москва: Изд-во министерства обороны СССР, 1966. – С. 345.
8. Boschetti, Pedro J. *Aerodynamic Analysis of the Unmanned Aerial Vehicle for Ecological Conservation* / Pedro J. Boschetti, Elsa M. Cárdenas, Andrea Amerio // *47th AIAA Aerospace Sciences Meeting Including The New Horizons Forum and Aerospace Exposition, 5 - 8 January 2009, Orlando, Florida*. – 2009. – Pp. 232-241.
9. Boschetti, Pedro J. *Características aerodinámicas de un avión no tripulado por medio de ensayos de túnel de viento y análisis numérico* / Pedro J. Boschetti, Elsa M. Cárdenas, Gabriela Quijada, Gaudis Vera, Luis Mujica, Y Pedro J. González // *Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V.*, Vol. 31, N° 1 – 2016. – Pp. 39-50.
10. Исмаилов, А. Применение методов CFD в аэродинамике БПЛА / А. Исмаилов, Б. Петров, В. Сидоров // *Журнал аэрокосмических технологий*, 12(3). – 2021. – С. 45-54.
11. Кузнецов, И. Влияние угла атаки на аэродинамические характеристики профиля крыла БПЛА / И. Кузнецов, П. Петров // *Научные труды в области авиации*, 8(1). – 2022. – С. 67-75.
12. Костина, Н. & Зими́на, О. Экспериментальные методы в изучении аэродинамики БПЛА / Н. Костина, О. Зими́на // *Наука и технологии в гражданской авиации*, 10(6). – 2023. – С. 44-51.

УДК 004.021:621.396

ANALYSIS OF MODERN RESEARCH AND TECHNOLOGIES IN THE FIELD OF DESIGNING UAV WING PROFILES

Kolyada E.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alexeev V.F. – Cand. of Sci., assistant professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The article examines the role of unmanned aerial vehicles and current directions of their development, especially in the context of wing profile design. The methods and approaches used to optimize the aerodynamic characteristics of UAVs are described, including wind tunnel testing, the use of computer-aided design (CAD) systems, the use of new materials and adaptive wing profiles. The importance of integrating new technologies to create UAVs with higher payload, maneuverability, lighter and cheaper is emphasized.

Keywords: UAVs, Control methods, surveillance.