

УДК 629.7.05

Малое беспилотное воздушное судно гибридного типа для экспериментальной отработки систем управления

Болодурин Дмитрий Ильич^(*)

bolodurin_d@mail.ru

Колбасов Иван Михайлович

kolbasovim@student.bmstu.ru

Балакало Максим Сергеевич

maks.balakalo@bmstu.ru

Чулин Николай Александрович

nchulin@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Представлена разработка малого беспилотного воздушного судна (БВС) гибридного типа, предназначенного для экспериментальной отработки алгоритмов и аппаратуры систем управления летательными аппаратами (ЛА), а также для эффективной реализации проектного подхода при подготовке специалистов по системам управления ЛА. Приведены расчеты аэродинамических и прочностных характеристик для разработанного БВС. Результаты летных испытаний показывают работоспособность и перспективность принятых решений.

Ключевые слова: беспилотное воздушное судно, гибридная схема, система управления, переходные режимы, расчеты

Введение. В настоящее время становятся все более популярными летательные аппараты гибридной схемы, выполняющие крейсерский полет как обычные самолеты, а взлет и посадку — как многороторные ЛА. Они наследуют главные преимущества аппаратов как самолетного, так и мультироторного типов, так как сочетают возможность перемещения на большие расстояния с зависанием в интересующей точке, а также не нуждаются во взлетно-посадочной полосе или пусковом устройстве. Однако из-за сложного взаимодействия обтекающих потоков и потоков, создаваемых винтами вертикальной и горизонтальной тяги, управление такими аппаратами имеет свои проблемы и особенности, прежде всего при переходах между режимами вертикального и горизонтального полета.

В работе рассмотрены этапы разработки малого БВС гибридной схемы для экспериментальной отработки алгоритмов и аппаратуры систем управления ЛА.

Материалы и методы; результаты. При разработке аппарата основное внимание уделялось возможности проведения с его помощью летных экспериментов для апробации различных алгоритмических и компоновочных решений для эффективного сочетания преимуществ самолетного и мультироторного полета. Конструктивно ЛА представляет собой БВС самолетного типа, выполненное по двухбалочной схеме. На балках в носовой и кормовой частях расположены четыре двигателя вертикальной тяги, обеспечивающие работу аппарата в мультироторном режиме. Двигатель горизонтальной тяги установлен на гондоле по толкающей схеме. ЛА обладает размахом крыла

2 м и площадью 0,4 м². Такие геометрические параметры позволяют интегрировать в БВС все необходимое оборудование. При этом, аппарат получается компактным: транспортировочной коробкой помещается в багажное отделение среднего легкового автомобиля.

Для определения аэродинамических характеристик ЛА проведены теоретические [1] и виртуальные расчеты в пакете гидроаэродинамического моделирования SolidWorks Flow Simulation [2]. Согласно полученным результатам, для крейсерского режима полета (15 м/с) аэродинамическое качество составило $K = 11$.

Прочностные расчеты [3] проведены в программе Femap. В силу того, что БВС используется в экспериментальных целях, при проектировании конструкции заложены повышенные коэффициенты запаса по прочности. Также реализован принцип модульности конструкции, который обеспечивает возможность определенных изменений конструкции, взаимозаменяемость деталей и, соответственно, высокую ремонтпригодность. Первый вариант системы автоматического управления реализован на базе программного комплекса с открытым исходным кодом ArduPilot. Отработаны алгоритмы горизонтального и вертикального (с зависанием) полета, а также переходов между этими режимами. В первом варианте аппаратной компоновки предусмотрена возможность изменения гибридной схемы ЛА. Это достигается путем установки механизмов изменения вектора тяги для передней пары моторов вертикальной тяги и исключения двигателя горизонтальной тяги.

Заключение. Проведенные летные испытания и также апробация участием в студенческом конкурсе авиационного творчества СКАТ2024, где данный проект занял третье место, показали принципиальную работоспособность и перспективность принятых решений.

Список источников

- [1] Мерзликин В.Е. *Радиоуправляемые модели планеров*. Москва, ДОСААФ СССР, 1982, 160 с.
- [2] *SolidWorks Flow Simulation Tutorial*. URL: [https://www.defence.lk/upload/ebooks/SolidWorks%20Flow%20Simulation%202011%20Tutorial%20\(%20PDFDrive%20\).pdf](https://www.defence.lk/upload/ebooks/SolidWorks%20Flow%20Simulation%202011%20Tutorial%20(%20PDFDrive%20).pdf) (дата обращения 16.11.2024).
- [3] Зотов А.А. *Расчет самолета на прочность. Внешние нагрузки. Конструктивно-силовые схемы. Конструкционные материалы*. Москва, Вузовская книга, 2011, 64 с.