

УДК 629.7.05

Малое беспилотное воздушное судно гибридного типа как летающая лаборатория для разработки систем управления полетом

Колбасов Иван Михайлович^(*)

kolbasovim@student.bmstu.ru

Гранина Полина Сергеевна

graninaps@student.bmstu.ru

Чулин Николай Александрович

nchulin@bmstu.ru

SPIN-код: 2844-0223

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Представлена разработка малого беспилотного воздушного судна гибридного типа в качестве летающей лаборатории для экспериментальной отработки алгоритмов и аппаратуры систем управления летательных аппаратов, а также — для эффективной реализации проектного подхода при подготовке специалистов по системам управления ЛА. Разработана первая версия системы управления, проведены расчеты аэродинамических и прочностных характеристик разработанного БВС. Результаты летных испытаний показывают работоспособность и перспективность принятых решений.

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

Введение. В настоящее время все более востребованными на рынке становятся беспилотные воздушные суда (БВС) гибридного типа, совмещающие крейсерский полет по самолетной схеме с возможностью вертикального взлета и посадки. Ключевым направлением их развития является создание систем управления, обеспечивающих безопасное и эффективное выполнение полетного задания на всех его этапах, особенно при взлете, посадке и в переходных режимах. Для экспериментальной проработки таких систем необходимы специализированные летающие лаборатории (ЛЛ), обладающие высокой гибкостью конфигурации и адаптивностью к изменяющимся исследовательским задачам.

В работе рассмотрены этапы разработки малого БВС гибридного типа в качестве носителя ЛЛ для разработки систем управления полетом.

Методы и материалы; результаты. В качестве компоновочной схемы гибридного летательного аппарата (ЛА) выбран вариант с отдельными винтомоторными группами (ВМГ) вертикальной и горизонтальной тяги. Для самолетного режима такая схема позволяет эффективно реализовать ограничения по углам тангажа и крена, а также по минимальной приборной скорости посредством комбинированного использования винтомоторных групп.

В результате проектного и проверочного расчетов в программном комплексе xflr5 [1] и пакете гидроаэродинамического моделирования SolidWorks Flow Simulation [2] были получены параметры и аэродинамические характеристики проектируемого ЛА. Максимальная взлетная масса составила 6 кг

при массе полезной нагрузки до 2 кг. Размах крыла 2000 мм, диапазон скоростей 0...30 м/с.

Использование композиционных материалов позволило обеспечить высокую жесткость конструкции, стойкость к механическим повреждениям и хорошее качество поверхности. «Негативная» композитная технология, при которой деталь формируется внутри матрицы, применима для мелкосерийного производства ЛА. Для обеспечения возможности самостоятельного изготовления учебных ЛА студенческими коллективами проведена работа по адаптации конструкции под 3D-печать.

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. Представлена архитектура распределенной бортовой системы с интегрированной модульной авионикой [3], отвечающая требованиям масштабируемости состава бортовой электроники и повышения отказобезопасности ЛА.

Заключение. Проведенные летные испытания, а также апробация участием в студенческом конкурсе авиационного творчества «СКАТ2025» и в XX Всероссийской молодежной научно-инженерной выставке «Политехника», где данный аппарат занял второе место, показали работоспособность и перспективность принятых решений. Платформа готова к интеграции дополнительного оборудования для испытаний систем управления.

Список источников

- [1] *R/C Soaring Digest*. February 2008, vol. 25, no. 2. URL: <https://www.rcsoaringdigest.com/pdfs/RCSD-2008/RCSD-2008-02.pdf> (accessed 20.10.2025).
- [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) (accessed 16.11.2024).
- [3] Брусникин П.М., Дудкин С.О., Неретин Е.С. Архитектура бортовой системы технического обслуживания с применением концепции распределенной ИМА. *Crede experto: транспорт, общество, образование, язык*, 2020, № 3, с. 40–49.