

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Хоанг Ван Хынг
на тему «Автоматизация выбора схемы и параметров беспилотных
летательных аппаратов самолётного типа с использованием
многодисциплинарной оптимизации»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.5.13. Проектирование, конструкция, производство,
испытания и эксплуатация летательных аппаратов

Актуальность выбранной темы.

В последние годы значительно возрос интерес к беспилотным летательным аппаратам (БПЛА), особенно самолётного типа, которые широко применяются в наблюдении, картографировании, ретрансляции связи и мониторинге. Эти аппараты требуют тщательного проектирования для обеспечения высокой аэродинамической эффективности и продолжительности полёта.

Современные численные методы, моделирование и алгоритмы оптимизации позволяют эффективно решать многодисциплинарные задачи, повышая точность и надёжность проектирования и снижая риски и затраты. Применение многодисциплинарной оптимизации (МДО) на этапе концептуального проектирования БПЛА становится особенно важным. **Актуальной** задачей является создание автоматизированных систем, поддерживающих выбор схем и параметров БПЛА с целью повышения их эффективности и сокращения времени разработки.

Научная новизна работы.

1. Разработан алгоритм и ПО автоматизированной системы поддержки концептуального проектирования «АСП_КП» ЛА самолётного типа на основе варианта оптимизационного алгоритма «дифференциальной эволюции» (ДЭ), отличающийся от известных решений интеграцией опубликованных ПО (AVL, FreeCAD) с вновь разработанными программами: параллельных вычислений; сокращения размерности популяции; использования метода штрафных функций; введением пространства проектирования для учёта дискретных переменных.

2. Предложен компактный набор из 12 проектных переменных, способный породить в процессе оптимизации различные аэродинамические схемы от «нормальной» до схемы «утка», включая «тандем» путём введения в рассмотрение относительной площади двух несущих поверхностей.

3. Разработана методика и ПО уточнённого расчёта взлётной массы с внутренним циклом учёта обеспечения условия продольной устойчивости.

4. Разработан комплекс методик «test-opt» для исследования значимости проектных переменных в процессе оптимизации, оценки близости получаемого решения к оптимальному и исследования рельефа целевой функции в многомерном пространстве проектных переменных.

Практическая ценность работы.

Данная работа ориентирована на использование в проектных отделах предприятий авиационной отрасли. Разработанная методика позволяет не только находить оптимальные значения проектных переменных, но и получать обширную дополнительную информацию в графическом и числовом виде — облик летательного аппарата, аэродинамические характеристики, энерговооружённость, а также массы топлива, конструкции и двигателя. Это обеспечивает поддержку на последующих этапах проектирования. Кроме того, предложен эффективный вариант алгоритма дифференциальной эволюции для проектирования БПЛА самолётного типа, который способствует сокращению времени разработки и позволяет оперативно оценивать массы компонентов для обеспечения весового контроля.

Достоверность научных результатов

Достоверность научных результатов, полученных по предлагаемой методике, подтверждена комплексом специально разработанных подходов. Точность аэродинамических моделей проверялась сравнением с экспериментальными данными из аэродинамической трубы. Расчёт взлётной массы оценивался путём сопоставления с характеристиками двух реальных БПЛА самолётного типа. Масса топлива проверялась по двум известным методикам, а также предложен собственный более точный способ для аппаратов с большой дальностью полёта.

Замечания:

1. Стр. 3: «...С.М. Эгер...» – опечатка, должно быть «...С.М. Егер...».
2. Стр. 7, Таблица 1: удельная нагрузка на крыло в $\text{кг}/\text{м}^2$ (а выше в кг масса) – принято в $\text{Н}/\text{м}^2$ или в $\text{кГс}/\text{м}^2$.
3. В методе дискретных вихрей выбор количества панелей по размаху и хорде крыла также влияет на аэродинамические характеристики, однако объяснения их выбора нет.
4. Метод дискретных вихрей, используемый в программном обеспечении AVL, дает надежные результаты только на дозвуковых скоростях. Однако в диссертации не упоминается ограничение области скорости исследования.
5. Проводилось ли исследования влияния запаса продольной статической устойчивости на результаты расчетов и оптимизации?
6. Задаются ли в исходных данных для оптимизации дальность и продолжительность полета, маневренные характеристики БПЛА?
7. Непонятно, почему при оптимизации параметров двух известных БПЛА нормальная схема превратилась в «утку», а «тандем» в нормальную? Может это тупиковые ветви эволюции «особи» или локальные оптимумы?

