

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Луханина Владимира Олеговича «Методика проектирования электроприводных воздушных винтов беспилотных летательных аппаратов с учётом технологии изготовления и стендовых испытаний», представленной к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13. «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов».

В диссертации соискателя Луханина В.О. рассмотрен комплекс актуальных вопросов, связанных с оптимальным проектированием воздушных винтов для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) различных схем, применяемых в настоящее время в военной и гражданской сферах страны. Эти вопросы касаются:

- методов и алгоритмов расчета аэродинамических характеристик воздушного винта на режимах осевого обтекания;
- технологии изготовления воздушных винтов при единичном и массовом производстве;
- методики проведения экспериментальных исследований электроприводов и летных испытаний БПЛА с винтовым двигателем;
- алгоритмов решения оптимизационных задач, функционалы которых содержат нелинейности и ограничения.

Автором диссертации принят ряд допущений, которые вполне логичны при решении поставленной задачи:

- 1) учет только режимов осевого обтекания воздушного винта, как наиболее характерных для совокупности задач, решаемых БПЛА;
- 2) стационарная постановка задачи на этапе выбора параметров БПЛА и оценки режимов работы электропривода;
- 3) применение гипотезы плоских сечений при расчете аэродинамических характеристик малоразмерных воздушных винтов;
- 4) использование линейных вихревых моделей как в дисковой, так и в лопастной постановке.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

«18» 12 2023г.

К числу несомненных достоинств диссертации следует отнести рациональное сочетание расчетных и экспериментальных методов исследований, выполненных на стенде, который спроектировал и изготовил автор диссертации. Результаты выполненных экспериментов использованы для:

- валидации разработанных алгоритмов расчета аэродинамических характеристик винта в режиме работы на месте;
- обоснования допущений, принятых автором при разработке методики расчета аэродинамических характеристик профиля при различных значениях углов атаки, числах Маха и Рейнольдса;
- идентификации математической модели электродвигателя постоянного тока по режимам холостого хода и работы под нагрузкой в допустимом диапазоне оборотов.

Принципиально важным является утверждение автора о необходимости проектирования оптимального воздушного винта под конкретный летательный аппарат, для чего предварительно должны быть получены его аэродинамические характеристики по углу атаки либо экспериментальным, либо расчетным путем в рабочем диапазоне чисел Рейнольдса, который может не совпадать с областью автомодельности. Заслуживает внимания ограничение по максимальной скорости горизонтального полета электроприводного БПЛА, которое обусловлено предельно допустимыми величинами тока в обмотках установленного электродвигателя или температурными ограничениями по нагреву конструкции.

Следует отметить научное обоснование метода "вращающейся крыльчатки" для получения внешних характеристик электродвигателя, который удобно применять при отсутствии установки для замера крутящего момента на его валу. Такая методика существенно упрощает проведение испытаний электроприводов БПЛА, которые, по утверждению автора, должны обязательно предшествовать выбору оптимальных параметров воздушных винтов, независимо от принятого критерия.

В качестве замечаний следует отметить следующее.

1. Не описан алгоритм получения балансировочной поляры БПЛА вертикального взлета и посадки, для которого в диссертации получены параметры оптимального воздушного винта по критерию максимальной скорости полета.

2. Не приведены численные значения повышения скорости вычисления индуктивных скоростей на основе лопастной вихревой теории в фиксированных точках радиуса лопасти, которые, по утверждению автора могут быть получены при использовании алгоритма одномерной линейной интерполяции по скорости невозмущенного воздушного потока, набегающего на винт.

3. Не учтено влияние степени разрядки аккумуляторной батареи на изменение по времени максимальной скорости полета БПЛА и, соответственно, предельно возможной дальности полета.

Указанные замечания не снизили общего положительного мнения о выполненной научной работе. Диссертация В.О. Луханина на тему «Методика проектирования электроприводных воздушных винтов беспилотных летательных аппаратов с учётом технологии изготовления и стендовых испытаний» соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор Луханин Владимир Олегович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13. «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов».

Начальник научно-исследовательского центра  
комплексных исследований и разработок  
винтокрылых летательных аппаратов (НИЦ КИиР ВКЛА)  
кандидат технических наук

Миргазов Руслан Миннхатович

Адрес электронной почты: [Ruslan.Mirgazov@tsagi.ru](mailto:Ruslan.Mirgazov@tsagi.ru)

Телефон: 8-495-556-45-73; 8-926-180-53-23.

Полное название организации:

Федеральное автономное учреждение «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФАУ «ЦАГИ»)

Адрес организации: 140180 Московская область, г. Жуковский, ул. Жуковского, 1, Тел. 8(495)5564303, E-mail: info@tsagi.ru

Я, Миргазов Руслан Миннхатович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Луханина Владимира Олеговича и их дальнейшую обработку.

11.12.2023

Р.М. Миргазов

Подписи Миргазова Руслана Миннхатовича заверяю.

Ученый секретарь диссертационного совета 31.1.006.01

доктор физико-математических наук, доцент



М.А. Брутян