

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

д.т.н., профессора Горячева Олега Владимировича
на диссертационную работу Кутейниковой Екатерины Николаевны
«Исследование трёхрежимного газодинамического привода ЛА с
диаметрально лопастной машиной и управляющим электродвигателем»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.02.02 - «Машиноведение, системы приводов и детали
машин»

Диссертация Кутейниковой Е.Н. выполнена на кафедре 702 «Системы приводов авиационно-космической техники» Московского Авиационного Института (Национального исследовательского университета). Работа посвящена актуальной теме проектирования рулевых приводов летательных аппаратов (ЛА) на основе диаметральной лопастной машины (ДЛМ) с управляющим электродвигателем, и позволяющим использовать энергию набегающего потока. Актуальность работы определяется существенным возрастанием роли беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в решении широкого спектра задач, например, мониторинга обстановки, наблюдения, логистики, специальных операций и т.д., которые в свою очередь формируют более жесткие требования к длительности и дальности полета перспективных ЛА. Указанные характеристики в свою очередь во многом зависят от энергетической эффективности приводов управления, используемых на борту ЛА. В диссертации Кутейниковой Е.Н. проводятся исследования режимов работы трехрежимного газодинамического привода с ДЛМ и управляющим электродвигателем, использующем энергию набегающего потока, а также предлагается методика проектирования данного типа РП для БПЛА.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Работа изложена на 103 страницах машинописного текста, содержит 39 рисунков, 2 таблицы и список литературы из 36 наименований.

Во введении дано обоснование актуальности темы диссертационной работы, поставлены цели и задачи исследования, сформулирована научная новизна, показана практическая значимость работы.

В первой главе проводится обзор и анализ конструкций ЛА, в состав которых входят диаметрально лопастные машины, показаны направления особенности каждой конструкции и выделены направления дальнейшего их развития.

Автором проведен анализ возможных конструкций ДЛМ, по результатам проведенного численного моделирования процессов в

проточном объёме рассматриваемой ДЛМ были сделаны выводы об эффективности ДЛМ на различных скоростях в каждом из трёх режимов работы.

Во второй главе описывается разработка комплексной математической модели газодинамического привода с ДЛМ, учитывается использование электрического двигателя для приведения во вращение ДЛМ, особенности процессов в проточных объёмах ДЛМ. Данные модели могут использоваться для исследования статических и динамических характеристик привода в зависимости от изменения скоростного напора во всех выделяемых автором режимах работы. Для корректного описания переходов привода из одного режима работы в другой представлен алгоритм переключения между режимами работы. Модель и схема алгоритма переключения реализованы средствами пакета Matlab и верифицированы с применением численного моделирования методом конечных разностей и, для компрессорного режима работы, экспериментальных данных. В результате автором получена модель, обладающая сходимостью в 80 процентов для конструкций привода, соответствующих рекомендациям по проектированию из пункта 1.3 главы 1. Для обеспечения сходимости моделей предложен способ коррекции на основе регрессивной модели третьего порядка.

В третьей главе при помощи комплексной модели, полученной в главе 2, проводится анализ статических и динамических характеристик привода, состоящего из двух ветвей газодинамического привода с разнонаправленными векторами тяги, в диапазоне изменения скоростного напора от 0 до 300 м/с. Также на основе данной модели проверялась эффективность блока управления газодинамическим приводом. По результатам исследования автором сделан вывод о повышении эффективности работы газодинамического привода в 5 раз при использовании блока управления, реализующего переключение между режимами работы привода.

Четвёртая глава посвящена разработке методики проектирования газодинамического привода с ДЛМ и управляющим электродвигателем. В главе 4 представлен алгоритм проектирования привода рассматриваемого типа, приведено аналитическое выражение для момента нагрузки в трёх рассматриваемых автором режимах работы, даны рекомендации по проектированию привода для случая, когда конструкция проектируемого привода не может удовлетворить рекомендациям, изложенным в главе 1. Приведённые рекомендации по проектированию позволяют автоматизировать процесс проектирования относительно реализации

необходимой тяги привода и серьёзно сокращают время проектирования привода подобного класса.

В заключении приводятся основные результаты и выводы диссертационной работы.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов диссертации подтверждается внедрением в учебный процесс на кафедре «Системы приводов авиационно-космической техники» Московского авиационного института, а также использованием в исследовательских работах АО «Конструкторское бюро приборостроения им. академика А. Г. Шипунова», о чем убедительно свидетельствуют акты о внедрении.

К положительным особенностям работы, имеющим научную новизну, следует отнести следующее:

1. Предложен и запатентован способ управления беспилотным летательным аппаратом и блок рулевых приводов для его осуществления, использующий кинетическую энергию набегающего потока.

2. На основании конечно-элементного анализа и анализа ряда конструкций даны рекомендации по выбору компоновки ДЛМ и расчету её геометрии, с целью обеспечения необходимого управляющего усилия.

3. Составлена математическая модель газодинамического привода с ДЛМ и электрическим двигателем. Модель позволяет исследовать динамические и статические характеристики рассматриваемого привода при различных скоростях набегающего потока.

4. Разработан алгоритм переключения режимов привода, позволяющий повысить энергетическую эффективность привода в пять раз, что доказано математическим моделированием.

5. Создана методика проектирования газодинамического привода с ДЛМ и управляющим электродвигателем, включающая в себя поэтапное решение задач проектирования для привода, разрабатываемого в соответствии с рекомендациями по конструированию. Даны рекомендации для проведения процесса проектирования привода «нестандартной» конструкции.

К недостаткам диссертационной работы относится следующее:

1. В работе отсутствует описание объекта и предмета исследования. Как следует из названия диссертации, рассматривается газодинамический привод ЛА, вместе с тем в работе указываются и беспилотные ЛА и авиационные средства поражения и управляемые снаряды.

2. В первой главе вместо четкого определения наиболее предпочтительной компоновки диаметральной лопастной машины даются подробные рекомендации, которые, однако, окончательно не определяют

положение электродвигателя. Так, в тексте первой главы в пояснении к рисунку 1.9 сообщается о негативном влиянии вала в центре ротора, но в конечном итоге не даётся заключения о том, следует ли при конструировании избегать наличия вала в центре ротора.

3. В работе отсутствует обоснование допущений принимаемых при построении математической модели газодинамического привода с ДЛМ, например, отсутствует обоснование выбора температуры окружающей среды 288 К, нет информации о степени форсирования электрического двигателя и возможных изменениях параметров его модели.

4. Отсутствие данных экспериментальной апробации технических решений, рассматриваемых в работе, приводит к необходимости подтверждать достоверность математической модели путем сравнения с результатами численного моделирования и с параметрами, полученными при работе «вентиляторных» устройств другого вида, нежели рассматриваемые в работе.

5. В работе не достаточно подробно рассмотрены вопросы работы РП в смешанном режиме на высоких скоростях. При этом не ясно, моделировался ли вообще режим работы привода на высокой скорости, когда один из потоков будет не разгоняться ротором, а наоборот тормозиться путём противовращения.

6. В работе не представлено сравнение массогабаритных характеристик рассматриваемого типа привода с другими типами приводов, используемых для управления БпЛА и авиационных средств поражения, также непонятны ограничения на максимальную скорость полёта ЛА, при которой сохраняется управляемость. Таким образом, при бесспорной актуальности работы нет никаких конкретных данных о конкурентоспособности рассматриваемого типа привода для использования его при решении задач управления беспилотными летательными аппаратами и авиационными средствами поражения.

7. Часть приведенных в работе единиц измерения численных данных не соответствует системе СИ.

8. Текст на некоторых рисунках трудночитаем, отсутствуют направления осей на графиках.

9. Присутствует некоторая небрежность в оформлении, орфографические и пунктуационные ошибки, ошибки при построении фраз и пропуски слов.

Несмотря на отмеченные недостатки, в целом работа Е.Н. Кутейниковой выполнена на высоком научном уровне и представляет собой комплекс научных исследований и новых решений актуальных научных проблем в

области машиноведения, систем приводов и деталей машин. Работа полностью соответствует специальности 05.02.02 - «Машиноведение, системы приводов и детали машин».

Диссертация и автореферат выполнены качественно и соответствуют требованиям ВАК.

Автореферат в полном объеме отражает основное содержание диссертации, результаты и выводы.

Основные материалы диссертации опубликованы в 20 печатных работах, в том числе 2 – в журнале, рекомендованном ВАК РФ, имеется 1 патент Российской Федерации на изобретение, что соответствует требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям.

Работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.02 - «Машиноведение, системы приводов и детали машин», а ее автор, Кутейникова Екатерина Николаевна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент –
заведующий кафедрой
«Системы автоматического управления»
ФГБОУ ВО "Тульский государственный
университет"

доктор технических наук, профессор

Горячев О.В.

« 08 » 12 2020 г.

Подпись Горячева О.В. заверяю.

Кутейникова Екатерина Николаевна



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет»,
Телефон: +7 (4872) 35-81-81, e-mail: info@tsu.tula.ru
Адрес организации: 300012, г. Тула, пр.Ленина, 92