

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.07

Соискатель: Кутейникова Екатерина Николаевна

Тема диссертации: Исследование трехрежимного газодинамического привода ЛА с диаметральной лопастной машиной и управляющим электродвигателем.

Специальность: 05.02.02 – «Машиноведение, системы приводов и детали машин».

Решение диссертационного совета по результатам публичной защиты диссертации:

На заседании 29 декабря 2020 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует паспорту специальности 05.02.02 «Машиноведение, системы приводов и детали машин» и удовлетворяет критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (редакция от 01.10.2018), и принял решение присудить Кутейниковой Екатерине Николаевне учёную степень кандидата технических наук.

Присутствовали: *председатель диссертационного совета* Пенкин В.Т., *учёный секретарь диссертационного совета* Дежин Д.С., члены диссертационного совета: Ковалев К.Л., Самсонович С.Л., Беспалов В.Я., Бусурин В.И., Вольский С.И., Зечихин Б.С., Кириллов В.Ю., Киселев М.А., Кривилев А.В., Лалабеков В.И., Лохнин В.В., Машуков Е.В., Мельников В. Е., Парафесь С.Г., Шевцов Д.А.

Учёный секретарь диссертационного
совета Д 212.125.07

Начальник отдела

Т.А. Аникина



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.07,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 29 декабря 2020 г. № 6

О присуждении Кутейниковой Екатерине Николаевне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование трехрежимного газодинамического привода ЛА с диаметральной лопастной машиной и управляющим электродвигателем» по специальности 05.02.02 - «Машиноведение, системы приводов и детали машин» принята к защите 28.10.2020 г. (протокол №6) диссертационным советом Д 212.125.07, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России), 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д. 4, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №105/НК от 11.04.2012 г.

Соискатель Кутейникова Екатерина Николаевна, 1992 года рождения, в 2015 г. окончила обучение в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», г.

Москва, по специальности «Системы приводов летательных аппаратов», квалификация «инженер».

С 2015 года по настоящее время работает в Московском авиационном институте на кафедре 702 «Системы приводов авиационно-космической техники» ассистентом и по совместительству специалистом по учебно-методической работе.

В 2015 году поступила в аспирантуру МАИ кафедры 702 по специальности 05.02.02 – «Машиноведение, системы приводов и детали машин».

Диссертация выполнена на кафедре №702 Института № 7 «Робототехнические и интеллектуальные системы» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва.

Научный руководитель – доктор технических наук **Самсонович Семен Львович**, профессор, профессор кафедры 702 «Системы приводов авиационно-космической техники» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

Горячев Олег Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Системы автоматического управления» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования Тульского государственного университета (ФГБОУВПО ТулГУ), **выбор** которого связан с его высокой компетентностью в области систем приводов;

Козырев Алексей Владимирович, кандидат технических наук, заместитель главного конструктора по направлению авиационных средств

поражения АО «Государственное научно-производственное предприятие «Регион», **выбор** которого обусловлен его компетентностью в области систем управления полетом летательных аппаратов.

Официальные оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук (ИПУ РАН), г.Москва, **выбрана** на основании ее достижений в области разработки систем управления полетом летательных аппаратов. Ведущая организация в своем положительном заключении, принятом на заседании расширенного семинара лабораторий №2 «Технических средств управления», №27 «Технической диагностики и отказоустойчивости» и №29 «Системной интеграции средств управления» и подписанном председателем семинара доктором технических наук А.М.Касимовым и ученым секретарем семинара кандидатом технических наук А.В. Балабановым, указала, что диссертация Кутейниковой Е.Н. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основе выполненных исследований разработаны модели, алгоритмы расчета и методика проектирования газодинамического привода ЛА с диаметральной лопастной машиной и управляющим электродвигателем. Диссертация обладает внутренним единством применяемых подходов к решению рассматриваемой проблемы, содержит новые научные результаты, которые опубликованы в рецензируемых научных изданиях и отражают личный вклад автора диссертации. Научная новизна положений, которые вынесены на защиту, не вызывает сомнений. Теоретический и практический уровни работы заслуживают высокой оценки. Автореферат в полной мере отражает содержание и основные положения диссертационной работы. Диссертация полностью соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г.

№842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор – Кутейникова Екатерина Николаевна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.02 – «Машиноведение, системы приводов и детали машин».

Оппоненты и сотрудники ведущей организации имеют публикации в международных и отечественных рецензируемых изданиях по теме работы.

Соискатель имеет 20 (двадцать) научных публикаций по теме диссертации, в том числе 2 (две) публикации в изданиях из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и на соискание ученой степени доктора наук, 1 (один) патент на изобретение. Большинство работ опубликованы в соавторстве, при этом вклад соискателя был определяющим, а опубликованные результаты получены либо лично соискателем, либо при непосредственном участии соискателя.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Кутейникова Е.Н., Лалабеков В.И, Самсонович С.Л. Построение газодинамического привода, использующего кинетическую энергию набегающего потока // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2016. № 12 – 4. С.61-70.
2. Кутейникова Е.Н. , Лалабеков В.И, Самсонович С.Л. Математическая модель газодинамического привода ЛА с диаметральной лопастной машиной и управляющим электродвигателем // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2020. № 4. С.157-167.

Патенты на изобретение:

3. Кутейникова Е.Н., Никаноров Б.А., Самсонович С.Л., Фимушкин В.С. и др. Патент РФ №2634609. Способ управления беспилотным летательным аппаратом и блок рулевых приводов для его осуществления. Опубликовано 01.11.2017 г.

На диссертацию и автореферат поступило 6 отзывов. Все отзывы положительные.

Отзыв на диссертацию ведущей организации.

Замечания по диссертации.

1. Для численного моделирования рабочих характеристик газодинамического привода соискателем используются двумерные модели. Учитывая, что некоторые конструкции РК в ДЛМ могут иметь значительное отношение длины к диаметру, расчетные двумерные модели могут оказаться не универсальными. В этом случае целесообразно сформулировать ограничение на применение двумерных моделей.
2. На рисунке 1.9 представлены поперечные сечения РК с воздухопроводом, геометрии которых названы соискателем неэффективными для исследуемых режимов работы, что подтверждено результатами компьютерного моделирования, согласующимися с экспериментальными данными из открытых источников. Тем не менее, представляет определенный интерес исследование вышеуказанных геометрий ДЛМ при различных параметрах рабочей среды.
3. При изложении разработанной методики проектирования ГДП целесообразно уточнить, что удовлетворительные результаты расчета являются основанием для выпуска рабочей конструкторской документации на опытный образец, поскольку, например, эскизная проработка конструкции (КД с литерой «Э») может быть выполнена до завершения всех необходимых расчетов.
4. В выводах к главе 4 более точно следовало бы указать не «рассмотрены...», а «предложены подходы к расчету ГДП со специфичными конструктивными параметрами, что расширяет область использования различных типов лопастных машин».

Отзыв на диссертацию официального оппонента Горячева Олега Владимировича.

Замечания по диссертации.

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 дается 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 изменения параметров его модели.
4. Отсутствие данных 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 путем 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 полета 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, пропуски слов.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Козырева Алексея Владимировича.

Замечания по диссертации.

1. В исследованиях не нашел отражения сравнительный анализ предложенного газодинамического привода с диаметральной лопастной машиной с наиболее близким к нему воздушно-динамическим рулевым приводом.
2. В работе используется сокращение БпЛА-беспилотный летательный аппарат, что противоречит требованиям ГОСТ Р 57858-2016 Системы беспилотные авиационные. Термины и определения, который предписывает пользоваться сокращением БЛА.
3. В тексте диссертационной работы делается ссылка на рисунок 2.16, в то время как рисунок, подходящий под описание имеет номер 2.17.

Отзывы на автореферат:

1.АО «Научно-производственное объединение «Базальт»

Отзыв обсужден и одобрен на заседании секции №1 научно-технического совета АО «НПО «Базальт», протокол №6-10 от 11.12.2020 начальником и подписан начальником научно-технического отдела, кандидатом технических наук, доцентом Дзюбой А.С. и заместителем начальника КБ, кандидатом технических наук, профессором, Пырьевым Е.В.

Замечания по автореферату:

1. Вывод о повышении эффективности работы газодинамического привода (ГДП) до 5 раз параллельно математическому описанию необходимо дополнить анализом физической сущности работы ГДП с блоком коммутации режимов работы.
2. Из автореферата не ясно, в конструкции каких АСП можно применять диаметрально лопастную машину в качестве ГДП с учетом ограничения ее использования только на дозвуковых скоростях.
3. Некоторые рисунки, а именно векторная диаграмма скоростей воздушного потока (рисунок 12 на странице 19 автореферата), слабо читаемы, что затрудняет восприятие геометрического представления выражения момента, создаваемого потоком на валу колеса.

2. АО «Конструкторское бюро приборостроения им. академика А. Г. Шипунова»

Отзыв составлен и подписан начальником сектора, кандидатом технических наук Никаноровым Борисом Александровичем и ведущим инженером-исследователем, кандидатом технических наук Машеровым Павлом Евгеньевичем.

Замечания по автореферату:

1. Не очевидна практическая значимость исследования компрессорного режима работы диаметральной лопастной машины в рулевом приводе.
2. Автореферат не лишен стилистических ошибок и ряда опечаток.
3. Интересным было бы привести в данном исследовании сопоставление уровня аэродинамического сопротивления набегающему потоку воздуха лопастной машины при работе ее в генераторном режиме.
4. Расчет лопастей машин должен соответствовать скорости набегающего потока и соотношению его со скоростью вращения лопастного колеса, что обуславливает собой сложности при резком изменении скорости вращения колеса. При этом возможны возмущающие явления, срыв потока на законцовках лопастей, возникновение местных скоростей звука, что может приводить к процессам разрушения, поэтому не мешало бы произвести

прочностной расчет, определяющий ресурс работы привода в различных режимах.

5. В первой главе исследования газодинамических процессов в программе ANSYS проводилось при скоростях 300 м/с, что обусловлено работой лопастного колеса на дозвуковых скоростях, однако, уже в третьей главе фигурируют сверхскоростные скорости в 500 м/с.
6. Рисунок 12 на странице 19 весьма затруднителен для восприятия из-за своего малого размера.

3. АО "Корпорация "Московский институт теплотехники"

Отзыв составлен заместителем начальника отделения кандидатом технических наук Череповым И.В.

Замечания по автореферату:

1. К недостаткам автореферата следует отнести отсутствие сравнительного анализа статических и динамических характеристик с существующими газодинамическими приводами.

4. АО «Центральный научно-исследовательский институт автоматики и гидравлики»

Отзыв составлен начальником НТО-1, заместителем главного конструктора кандидатом технических наук Волковым Сергеем Владимировичем и утверждён заместителем генерального директора – научным руководителем АО «ЦНИИАГ», доктором технических наук, старшим научным сотрудником, Солуниным В.Л.

Замечания по автореферату:

1. Отсутствие обоснования выбора диаметральных лопастных машин из различных типов.
2. Отсутствие сравнительного анализа по массе и габаритам с существующими газодинамическими приводами.
3. Оформительские неточности.

5. АО Московский научно-производственный комплекс «Авионика» имени О.В. Успенского

Отзыв составлен начальником отдела ТО-31 АО МНПК «Авионика» доктором технических наук, доцентом Бронниковым А.М. и зам.начальника отдела ТО-31 АО МНПК «Авионика» Зудилиным А.С. и утверждён управляющим директором Заец В.Ф.

Замечания по автореферату:

1. Не представлены сравнительные характеристики рассматриваемого привода с другими типами приводов, в частности электромеханическими и гидравлическими.
2. Было бы интересно увидеть в работе данные по функционированию привода на сверхзвуковых скоростях в связи с тем, что значительная часть полета большого количества летательного аппарата и средств поражения проходит в данном режиме. Из работы не совсем понятно, способен ли данный тип привода вообще эффективно работать при сверхзвуковом потоке воздуха.
3. Результаты натурных экспериментов приведены только для компрессорного режима работы, два остальных режима рассмотрены только в рамках моделирования.
4. В тексте автореферата не четко сформулированы основные научные положения, полученные в работе.
5. Методика проектирования трехрежимных ГДП с ДЛМ и управляющим электродвигателем необоснованно названа оптимальной, поскольку отсутствуют сформулированные критерии оптимальности, а самое главное – доказательства определения их экстремумов.

6. АО «Государственный научно-исследовательский институт приборостроения» (ГосНИИП)

Отзыв составлен заместителем начальника отдела рулевых приводов и системного программного математического обеспечения Степановым В.С. и утвержден генеральным директором Медведевым В.М.

Замечания по автореферату:

1. Отсутствие сравнения предлагаемого способа управления БПЛА с другими способами, использующими забортный воздух, и с распространенной реализацией газодинамического управления при помощи пропорционального электропневмораспределителя, по таким критериям как: эффективность управления, потребляемая энергия при осуществлении маневров БПЛА, масса и габариты устройства, сложность и стоимость. Не приведена та область параметров БПЛА, которая делает применение предложенного способа управления предпочтительным по отношению к существующим способам.
2. В автореферате нет оценок энергетических характеристик «генераторного» режима: какие потребители на борту он может питать, какой процент экономии электроэнергии при типичных циклограммах полета БПЛА.
3. Математическая модель, описывающая функционирование предложенного устройства, очевидно, содержит множество допущений, не приведенных в автореферате, в связи с чем нет возможности оценить корректность некоторых математических зависимостей. Не ясно, как управляется это устройство (судя по тому, что для снятия ЛАФЧХ на электродвигатель подается синусоидальное напряжение амплитудой 27 В, «входом» привода является напряжение на электродвигателе, «выходом» – тяга. Но при этом не приводится передаточная функция между ними).
4. Заявленную цель работы *«исследование режимов работы газодинамического привода с диаметральной лопастной машиной, включающей управляющий электродвигатель, для создания методики проектирования привода беспилотного летательного аппарата и авиационного средства поражения»*, судя по приведенным в автореферате исследованиям, более правильно сформулировать как *«исследование режимов работы управляемой электроприводом диаметральной лопастной машины, с целью осуществления газодинамического управления беспилотным летательным аппаратом»*.

В дискуссии приняли участие:

члены диссертационного совета: Лалабеков В.И., Ковалев К.Л., Кривилев А.В., а также кандидат технических наук, доцент кафедры 904 «Инженерная графика» Рипецкий Андрей Владимирович и кандидат технических наук заместитель начальника отдела рулевых приводов и системного программного математического обеспечения АО «Государственный научно-исследовательский институт приборостроения» Степанов Вилен Степанович.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **предложены и запатентованы** новые способ и устройство газодинамического привода для управления полетом ЛА, которые основаны на применении кинетической энергии набегающего потока и позволяют повысить энергоэффективность приводных систем;
- **выявлены** требования к геометрии диаметральной лопастной машины, обеспечивающие наибольшую вырабатываемую тягу;
- **создана** методика проектирования газодинамических приводов с диаметральной лопастной машиной и управляющим электродвигателем на основе конечно-элементного анализа, позволяющая разрабатывать исполнительные механизмы с наилучшим вариантом компоновки и возможностью рекуперации энергии.

Теоретическая значимость обоснована тем, что

- **построена** математическая модель газодинамического привода на основе диаметральной лопастной машины и управляющего электродвигателя, позволяющая исследовать физические процессы в различных режимах работы, выполнять расчет развиваемой тяги и автоматизировать построение статических и динамических характеристик исполнительного механизма;

- **предложен** алгоритм переключения между режимами работы, позволяющий сократить энергопотребление газодинамического привода с диаметральной лопастной машиной и управляющим двигателем до 5 раз в сравнении с аналогичным приводом с компрессорным режимом.

Практическое значение полученных результатов заключается в том, что использование газодинамического привода с диаметральной лопастной машиной и управляющим электродвигателем для управления полетом расширяет область использования ЛА на малых скоростях набегающего потока и высотах с различной плотностью воздуха.

Достоверность полученных результатов подтверждена использованием апробированных современных методов расчета, исследованием двух независимых моделей, сравнением результатов между собой, результатами экспериментов из открытых источников.

Личный вклад соискателя состоит в обосновании использования кинетической энергии набегающего потока в приводных системах для управления полетом ЛА, исследовании возможных режимов работы газодинамического привода с диаметральной лопастной машиной и управляющим электродвигателем и выработки соответствующих требований к конструктивным параметрам рабочего колеса и воздухопровода, совершенствовании математической модели привода, учитывающей рабочие процессы в воздухопроводе при различных режимах работы, исследовании статических и динамических характеристик, а также разработке методики проектирования газодинамических приводов с диаметральной лопастной машиной и управляющим электродвигателем.

Представленные в диссертационной работе результаты получены лично или при непосредственном участии автора.

На заседании 29.12.2020 г. диссертационный совет пришёл к заключению о том, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, которая соответствует паспорту специальности 05.02.02 «Машиноведение, системы приводов и детали машин»,

удовлетворяет критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г. (ред. от 01.10.2018 г. с изм. от 26.05.2020) и принял решение присудить Кутейниковой Екатерине Николаевне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности 05.02.02 «Машиноведение, системы приводов и детали машин», участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 17, против - 0(нет), недействительных бюллетеней – 0 (нет).

Председатель
Диссертационного совета Д 212.125.07
д.т.н., с.н.с.

В.Т. Пенкин

Ученый секретарь
Диссертационного совета Д 212.125.07
к.т.н., доцент
29.12.2020

Д.С. Дежин

Начальник отдела
Т.А. Аникина

