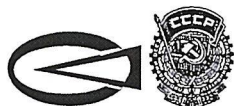


АО «Корпорация  
«Тактическое ракетное вооружение»



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-  
ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«РЕГИОН»

Каширское шоссе, 13А, г. Москва, Россия, 115230  
Факс (495) 741-55-55 тел. (499) 611-30-55  
E-mail: gnppregion@sovintel.ru  
ОКПО 11494873 ОГРН 1057747873875  
ИНН/КПП 7724552070/772401001

Проректору ФГБОУ ВО  
«Московский авиационный  
институт (национальный  
исследовательский университет)»  
по научной работе, д.т.н.,  
профессору Ю.А. РАВИКОВИЧУ  
125993, г. Москва, Волоколамское ш., 4

11.12.2020 № 11487/100

На 702-016-232 от 29.10.2020г.

Уважаемый Юрий Александрович!

Высылаю Вам отзыв официального оппонента на диссертационную работу Кутейниковой Екатерины Николаевны на тему Исследования трехрежимного газодинамического привода ЛА с диаметральной лопастной машиной и управляющим электродвигателем, представленную в диссертационный совет Д 212.125.07.

Приложение: Отзыв..., экз. 1 и 2, на 4 л. каждый экз.  
Диссертация..., 1 книга.  
Автореферат..., 1 брошюра.

С уважением,

Главный конструктор направления АСП, к.т.н.

А.В. Козырев

Служба документационного  
обеспечения МАИ

«11 12 2020»

## ОТЗЫВ

**официального оппонента кандидата технических наук,  
Козырева Алексея Владимировича на диссертационную работу  
Кутейниковой Екатерины Николаевны, выполненную на тему:  
«Исследование трехрежимного газодинамического привода летательного  
аппарата с диаметральной лопастной машиной и управляющим  
электродвигателем», представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности  
05.02.02 – «Машиноведение, системы приводов и детали машин»**

С начала XXI века во всем мире резко повысился интерес к беспилотным летательным аппаратам. Их широкое использование для задач наблюдения и мониторинга признано эффективным как в военной, так и в гражданской сферах.

Значительная часть беспилотных летательных аппаратов в малом и сверхмалом классе разрабатывается с использованием узлов и агрегатов, работающих только на электрической энергии, запасаемой в аккумуляторных батареях перед полетом.

В этой связи создание энергосберегающего рулевого привода является для конструкторов первостепенной задачей.

Другим не менее важным направлением развития авиационной техники, требующим использования энергосберегающего рулевого привода, являются управляемые планирующие авиационные бомбы. Этот класс авиационных средств поражения не осуществляет резких маневров на траектории, но предъявляет к приводам требования минимального энергопотребления с целью упрощения и минимизации массы энергосистемы изделия.

С учетом выше сказанного, диссертационная работа по исследованию трехрежимного газодинамического привода летательного аппарата с диаметральной лопастной машиной и управляющим электродвигателем является актуальной, т.к. предложенный привод предполагает использование кинетической энергии набегающего потока воздуха для создания управляющего момента и при определенных условиях полета может генерировать электроэнергию и возвращать её в энергосистему.

Рассмотренные в диссертации принципы управления летательным аппаратом с использованием энергии набегающего потока воздуха газодинамическим приводом с диаметральной лопастной машиной и управляющим электродвигателем ранее в серийных образцах авиационной техники не применялись, содержат новизну и защищены патентом.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, её общий объем составляет 103 листа. Текст диссертационной работы в достаточной

Отдел документационного  
обеспечения МАИ  
«11» 12 2020

мере иллюстрирован рисунками, блок-схемами, таблицами, формулами, графиками, содержит результаты моделирования и библиографический список использованной литературы.

Введение посвящено обоснованию актуальности тематики диссертационного исследования, поставлены цели и задачи исследования, приведено описание существующих способов управления и конструктивных схем, в которых используется диаметральный лопатный аппарат.

Первая глава посвящена обзору и анализу конструкций диаметральных лопатных машин, рассмотрены вопросы ее монтажа в конструкции летательного аппарата. По итогам конечно-элементного анализа аэродинамики диаметральной лопатной машины были представлены рекомендации по проектированию для каждого из режимов работы.

Вторая глава посвящена разработке комплексной математической модели газодинамического привода на основе диаметральной лопатной машины с управляющим электродвигателем. Рассматриваемая модель учитывает как электрическую часть привода, так и процессы, происходящие внутри воздухопровода. Для обеспечения возможности исследования всех трех режимов был предложен блок переключения режимов работы. Представленная модель, а также блок переключения, реализованы в пакете программ Matlab Simulink и прошли верификацию по экспериментальным данным для компрессорного режима, и по результатам конечно-элементного анализа для смешанного режима. Для обеспечения сходимости моделей, отличающихся нетипичным течением потока, предложен метод коррекции на основе регрессивной модели третьего порядка.

Третья глава посвящена анализу статических и динамических характеристик, полученных из модели, представленной в главе 2. Моделирование проводилось в диапазоне скоростей от 0 до 300 м/с. Также на основе модели проводился анализ эффективности работы блока переключения. По результатам анализа был сделан вывод, что при его использовании эффективность работы газодинамического привода возрастет до 5 раз.

Четвертая глава посвящена разработке методики проектирования газодинамического привода с диаметральной лопатной машиной и управляющим электродвигателем. Приведены аналитические выражения для расчета момента нагрузки на валу диаметральной лопатной машины в различных режимах работы.

В заключении приводятся основные результаты диссертационной работы

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

В диссертации лично автором получены следующие новые научные результаты:

- по результатам рассмотрения конструктивных вариантов газодинамического рулевого привода с диаметральной лопастной машиной и управляющим электродвигателем выбраны рациональные характеристики и соотношения его элементов, позволяющие использовать кинетическую энергию набегающего потока воздуха;

- разработана математическая модель привода, позволяющая исследовать его статические и динамические характеристики во всех режимах работы;

- проведена верификация математической модели на базе данных исследований диаметральных вентиляторов в компрессорном режиме, а также путем сравнения результатов численного и математического моделирования;

- получено аналитическое выражение для определения момента нагрузки на валу лопастной машины с учетом геометрии рабочего колеса в различных режимах, которое необходимо при выборе электродвигателя;

- предложен алгоритм проектирования трехрежимных газодинамических приводов с диаметральной лопастной машиной на основе конечно-элементного анализа и математического моделирования с учетом заданных требований и ограничений.

В диссертации решены задачи:

- предложен способ управления БЛА, использующий кинетическую энергию набегающего потока;

- определены рациональные компоновки диаметральной лопастной машины и расчет её геометрии;

- составлена математической модели диаметральной лопастной машины;

- сформирован алгоритм управления переключения между режимами работы диаметральной лопастной машины;

- получены и проанализированы статических и динамических характеристик привода для компрессорного и смешанного режимов работы диаметральной лопастной машины.

Предложенная в диссертации методика проектирования трехрежимного газодинамического привода с диаметральной лопастной машиной, разработанная на её базе математическая модель и подготовленные по результатам моделирования рекомендации позволят выбирать рациональные технические параметры привода, использовать в качестве силового источника энергию набегающего потока, учесть технические требования применительно к заданным типам летательных аппаратов и ограничения для конкретных условий их применения. Именно в этом заключается практическая значимость представленной научной работы.

Обоснованность расчетов, выводов и рекомендаций, изложенных в диссертационной работе, базируется на использовании основных законов

механики, электротехники, газовой динамики.

Достоверность полученных результатов подтверждается применением апробированных программных продуктов ANSYS CFD, Matlab-Simulink, а также сходимостью результатов конечно-элементного анализа, математического моделирования и экспериментальных данных.

По диссертации можно сделать ряд замечаний:

В исследованиях не нашел отражения сравнительный анализ предложенного газодинамического привода с диаметральной лопастной машиной с наиболее близким к нему воздушно-динамическим рулевым приводом.

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.

В тексте диссертационной работы делается ссылка на рисунок 2.16, в то время как рисунок, подходящий под описание имеет номер 2.17.

Отмеченные замечания не изменяют положительной оценки диссертационной работы.

В целом по актуальности, научному и практическому значению с учетом опубликованных работ и полученному результату диссертация Кутейниковой Е.Н. соответствует требованиям ВАК России, а её автор как высококвалифицированный специалист, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.02.

Официальный оппонент,  
кандидат технических наук

“ 11 “ декабря 2020 года

А.В. Козырев

Подпись официального оппонента, кандидата технических наук А.В. Козырева удостоверяю.

“ 11 “ декабря 2020 года



Заместитель генерального директора  
по НИОКР АО «ГНПП «Регион»

Д.В. Бензорук

В отзыве одна колонка от 14.12.2020