



Проректору по научной работе,
д.т.н., профессору Ю.А. Равиковичу
125993, г. Москва, А-80, ГСП-3
Волоколамское шоссе, д.4
ФГБОУ ВО Московский авиационный
институт (национальный
исследовательский университет)

Уважаемый Юрий Александрович!

Направляю Вам отзыв официального оппонента кандидата технических наук, старшего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН) Ракова Дмитрия Леонидовича на диссертацию Виндекера Александра Викторовича «Метод определения проектных параметров блока газовых рулей в составе системы склонения беспилотного летательного аппарата класса «поверхность – воздух», представленную в ученый совет Д 212.125.10 на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Раков Дмитрий Леонидович с 2001 года работает в институте машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук в должности старшего научного сотрудника.

Приложение: отзыв в двух экземплярах.

Ученый секретарь
ИМАШ РАН



В.Ф. Юдкин

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«04» 02 2022

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук,
старшего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Института машиноведения им. А.А. Благонравова
Российской академии наук (ИМАШ РАН)
Ракова Дмитрия Леонидовича
на диссертационную работу Виндекера Александра Викторовича
«Метод определения проектных параметров блока газовых рулей в составе
системы склонения беспилотного летательного аппарата класса «поверхность –
воздух», представленной на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и
производство летательных аппаратов»

Актуальность темы диссертации

Для современных беспилотных летательных аппаратов (БЛА) класса «поверхность – воздух» характерно использование вертикального старта из транспортно-пускового контейнера. Вертикальный способ старта обладает преимуществами по сравнению с наклонным способом старта, в числе которых: возможность организации круговой обороны, сокращение времени подготовки БЛА к старту, увеличение боекомплекта комплекса и снижение его уязвимости. Однако в отличие от наклонного старта, при котором пусковая установка с размещенным на ней БЛА ориентирована в направлении цели, вертикальный старт требует интенсивного склонения БЛА для скорейшего выхода на траекторию наведения. При этом наиболее сложные условия вертикального старта характерны для БЛА морского базирования при ходе и качки корабля. Ввиду малости аэродинамических сил в начальный момент времени управление БЛА при вертикальном старте осуществляется газодинамическими способами.

В настоящее время применяют два основных способа склонения вертикально стартового БЛА. Первый способ состоит в использовании системы управления вектором тяги (СУВТ) основного реактивного двигателя БЛА с помощью специальных устройств, как правило газовых рулей (ГР), позволяющих при склонении управлять БЛА по всем трем каналам: тангажу, рысканью (курсу) и крену, что обеспечивает всеракурсность применения БЛА. Вторым способом является применение автономных газодинамических устройств управления.

Выбор рационального способа и определения проектных параметров реализующей его системы склонения требует проведения комплексных

Отдел документационного
обеспечения МАИ

« 04 02 2022 г. »

исследований на этапе формирования облика и последующих этапах проектирования БЛА класса «поверхность – воздух». Сложность указанной задачи обусловлена, в том числе и взаимным влиянием параметров системы склонения и массы проектируемого БЛА. В этой связи тема диссертационной работы, которая посвящена разработке метода определения проектных параметров блока ГР в составе системы склонения БЛА класса «поверхность – воздух», является *актуальной*.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Новыми научными результатами, полученными соискателем в процессе диссертационного исследования, являются:

– метод определения проектных параметров блока ГР в составе системы склонения БЛА класса «поверхность – воздух» с использованием «горячего» или «холодного» вертикального старта, удовлетворяющий требованиям сухопутного и морского базирования;

– методика выбора рациональной системы склонения по критерию минимума массы проектируемого БЛА из числа альтернативных вариантов: СУВТ, реализуемая ГР, размещаемыми в сопле двигателя БЛА или за его срезом, импульсная двигательная установка (ИДУ) и автономное устройство пропорционального управления (АУПУ);

– комплексная методика проектирования блока ГР системы склонения БЛА, решающая задачи выбора конструкционного материала ГР, определения потребных геометрических параметров ГР с учетом уноса материала с передней кромки, а также сравнительного анализа компоновочных схем и конструктивно-технологических решений блока ГР.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается строгостью используемых математических моделей, корректным применением методов исследования и проектирования систем склонения БЛА, сравнением получаемых результатов с известными решениями в данной области, а также апробацией основных положений и результатов диссертационной работы на ряде научно-технических конференций.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы состоит в развитии методов исследования и проектирования систем склонения БЛА класса «поверхность – воздух» с вертикальным стартом.

Практическая значимость состоит в разработке инструментария определения проектных параметров блока ГР, направленного на сопровождение научно-исследовательских работ, связанных с проектированием систем склонения БЛА рассматриваемого класса.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы.

Во введении дана общая характеристика диссертационной работы: обоснована актуальность темы исследования, определены цель и научные задачи работы, обозначены ее научная новизна и практическая значимость, сформулированы положения, выносимые на защиту.

В первой главе дан обзор способов и систем склонения БЛА класса «поверхность – воздух»; приведены примеры реализованных к настоящему времени систем склонения БЛА; дан краткий обзор работ в области исследования и проектирования систем склонения БЛА, а также патентов, посвященных, в первую очередь, конструктивным решениям ГР. Завершается глава постановкой задачи исследования.

Во второй главе изложен разработанный соискателем метод определения параметров блока ГР в составе системы склонения БЛА, удовлетворяющей требованиям сухопутного и морского базирования с использованием «горячего» или «холодного» вертикального старта. Согласно блок-схеме предлагаемого метода, процедура определения проектных параметров блока ГР содержит три взаимосвязанных этапа. На первом этапе проводится сравнительный анализ альтернативных систем склонения по критерию минимума массы проектируемого БЛА с целью выбора рациональной системы склонения. Переход к следующему этапу осуществляется, если доказана целесообразность использования СУВТ, реализуемой ГР, в качестве системы склонения проектируемого БЛА. Второй этап связан с выбором эффективного конструкционного материала и определением потребной внешней геометрии ГР с учетом уноса выбранного материала с его передней кромки газовой струей реактивного двигателя БЛА. В качестве критерия выбора рационального материала принято отношение полной площади ГР (с учетом унесенной площади) к минимальной площади ГР, необходимой для создания потребной для склонения БЛА управляющей силы. Здесь же уточняются проектные параметры системы склонения БЛА с ГР, полученные при формировании облика БЛА на предыдущем этапе. Необходимость уточнения связана с приближенностью расчета параметров ГР, в частности вследствие отсутствия учета обгорания ГР в газовой струе реактивного двигателя. Третий этап предполагает конструкторско-

технологическую проработку ГР и их размещения в сопловом блоке или за его пределами.

Третья глава посвящена рассмотрению задачи сравнительного анализа альтернативных способов и систем склонения БЛА класса «поверхность – воздух». Для решения данной задачи соискателем разработана методика выбора рациональной системы склонения по критерию минимума массы проектируемого БЛА. Представлены блок-схема и основные соотношения методики; приведены уравнения движения БЛА в плоскости склонения, а также основные соотношения для расчета параметров альтернативных систем склонения.

С использованием предлагаемой методики соискателем решена задача сравнительного анализа альтернативных способов и систем склонения гипотетического БЛА класса «поверхность – воздух» средней дальности морского базирования. Беспилотный летательный аппарат нормальной аэродинамической схемы с ракетным двигателем твердого топлива предназначен для полета со скоростями, не превышающими 3 – 4 Маха. Расчет параметров облика БЛА с альтернативными системами склонения выполнялся в системе автоматизированного проектирования летательных аппаратов (САПР ЛА) кафедры 602 МАИ. Альтернативными системами склонения являлись: СУВТ основного двигателя БЛА, реализуемая ГР, выполненными из различных конструкционных материалов, и автономные газодинамические устройства: ИДУ и АУПУ. Исследования альтернативных систем склонения проводились при варьировании времени склонения – важнейшего параметра из требований технического задания на разработку системы склонения БЛА. Сравнение полученных по массовому критерию обликов БЛА показало, что для исследуемых условий старта более предпочтительной системой склонения является СУВТ двигателя с газовыми рулями по сравнению с автономными газодинамическими устройствами управления.

В четвертой главе диссертации представлена комплексная методика проектирования блока ГР системы склонения БЛА, разработанная соискателем для решения задач второго и третьего этапа итерационного алгоритма метода определения параметров блока ГР в составе системы склонения БЛА класса «поверхность – воздух». Соискатель приводит блок-схему и основные соотношения методики, а также основные результаты решения задач выбора конструкционного материала, определения внешней геометрии ГР с учетом уноса материала с передней кромки ГР по критерию эффективности

применяемого материала и сравнительного анализа компоновочных схем и конструктивно-технологических решений блока ГР.

Для гипотетического БЛА класса «поверхность – воздух» средней дальности морского базирования, параметры которого были получены в результате решения задачи сравнительного анализа систем склонения при формировании облика БЛА на первом этапе итерационного алгоритма метода определения параметров блока ГР в составе системы склонения БЛА, рассмотрено решение задачи выбора рационального конструкционного материала и внешней геометрии ГР. Рассматриваемыми материалами являлись: сталь, углеметаллопластик (УМП) и вольфрам – материалы с существенно различными физическими свойствами: эрозионной стойкостью и плотностью – свойствами, значительно влияющими на массу и геометрические параметры ГР. Анализ полученных результатов решения данной задачи свидетельствует о том, что при различном времени склонения рассматриваемого гипотетического БЛА рациональными (отвечающими условию эффективности материала) являются различные конструкционные материалы. Например, рациональным материалом при относительно малом времени склонения, равном 1,5 с, оказалась сталь, а при большем времени склонения, равном 3 с, – УМП. Для ГР, выполненных из данных конструкционных материалов, были найдены основные компоновочные и конструктивно-технологические параметры блока ГР системы склонения рассматриваемого БЛА.

В заключении соискателем сформулированы основные выводы по диссертационной работе.

Замечания по диссертации:

1. В диссертации при выборе рационального способа склонения БЛА и реализующего его устройства не проводится анализ того, какой из типов вертикального старта – «горячий» или «холодный» – является более предпочтительным.

2. При построении траектории полета БЛА не учитывалась третья координата (по глубине полета), что не полно отражает ситуацию с дополнительными ошибкам наведения, которые можно было бы нивелировать в большинстве своем на этапе склонения, благодаря достаточно быстрому и точному развороту БЛА в направлении цели.

3. Из текста диссертации не ясно, учитывалось ли при выборе рационального конструкционного материала и внешней геометрии ГР его газодинамическое обтекание и, если учитывалось, то каким образом: были ли у ГР острые углы передней кромки или они были скошены, закруглены и т.п.

4. В тексте диссертации имеются орфографические и синтаксические ошибки. Например, “методика решения задачи выбора рациональной системы склонения по критерию минимума БЛА на этапе...” подразумевает, скорее всего массу БЛА. Заключение сформулировано несколько хаотично и начинается не с первого пункта.

5. Нумерация источников цитирования расставлена не в порядке их появления в тексте, например сначала идет ссылка на 33, а затем на 31 источник.

Однако данные замечания не снижают общей положительной оценки научных результатов работы и ее практической ценности.

Соответствие диссертации заявленной специальности

Представленная диссертация соответствует следующим областям исследования паспорта специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов», пунктам:

3. Разработка методов поиска оптимальных конструкторско-технологических решений на ранних стадиях проектирования ЛА;

8. Разработка методов модельного и математического обеспечения для решения (исследования) функциональных задач: выбора оптимального состава ЛА с разной дальностью полета и массой полезной нагрузки; выбора траектории полета и точности доставки груза и др.;

9. Разработка методов, моделей и программного обеспечения для принятия оптимальных решений с целью исследования проектно-конструкторских задач при заданных ограничениях с учетом их компромиссного характера, риска и различимости сравниваемых вариантов изделий (процессов).

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

В целом, диссертационная работа выполнена на высоком уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для науки и практики и связанной с повышением эффективности проектирования беспилотных летательных аппаратов с вертикальным стартом.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в трех научных статьях, две из которых опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, и апробированы на десяти международных научных конференциях.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа по актуальности избранной темы, ее содержанию, объему и глубине проведенных исследований, ценности полученных научных и практических результатов, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, полученных лично автором, их достоверности удовлетворяет критериям, предъявляемым «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842. Автор диссертационной работы, Виндекер Александр Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Старший научный сотрудник
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Институт
машиноведения им. А.А. Благонравова
Российской академии наук (ИМАШ РАН),
кандидат технических наук.



Д.Л. Раков

Адрес: 101000, Москва, Малый Харитоньевский переулок, д.4
Телефон: +7 (495) 623-50-97
E-mail: rdl@mail.ru

Подпись Ракова Дмитрия Леонидовича удостоверяю:

специализации по содержанию ДЛМ Селиванов
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук

С отзывом ознакомлен Виндекер А.В. Виндекер 04.02.2022