

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
по научно-производственной
деятельности

Акционерного общества «Обнинское
научно-производственное
предприятие «Технология»
им. А. Г. Ромашина»



А.К. Хмельницкий

« 07 » 01 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – акционерное общество «Обнинское научно-производственное предприятие «Технология» им. А. Г. Ромашина» 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

Один из возможных способов старта беспилотного летательного аппарата (БЛА) класса «поверхность – воздух» – вертикальный, обладает рядом преимуществ тактического и эксплуатационного характера по сравнению с другим способом старта – наклонным. Вертикальный способ старта БЛА обеспечивает возможность круговой обороны, сокращает время подготовки к старту, увеличивает боекомплект комплекса и снижает его уязвимость. Однако в отличие от наклонного старта, при котором пусковая установка с БЛА предварительно разворачивается в направлении цели, вертикальный старт требует интенсивного склонения БЛА с целью скорейшего выхода на траекторию наведения. Наиболее сложные условия вертикального старта характерны для БЛА морского базирования при ходе и во время качки корабля. Из-за малой скорости БЛА в начальный момент времени аэродинамические силы являются не достаточными для интенсивного склонения БЛА и

Отдел документационного
обеспечения МАИ

« 04 » 02 2022 г.

управление БЛА при вертикальном старте реализуется газодинамическими способами. Применяют два основных способа склонения вертикально стартового БЛА. Первый состоит в применении системы управления вектором тяги (СУВТ) основного реактивного двигателя БЛА и реализуется специальными устройствами, отклоняющими реактивную струю двигателя для создания управляющей силы. Наиболее широкое распространение среди таких устройств получили газовые рули, позволяющие при склонении управлять БЛА по тангажу, и крену, что обеспечивает всеракурсность применения БЛА. Альтернативным способом склонения является применение автономных газодинамических устройств, создающих реактивную управляющую силу, пропорциональную команде управления или в виде кратковременных реактивных импульсов.

Выбор рационального способа склонения и реализующего его устройства – сложная задача, требующая проведения комплексных исследований на этапе формирования облика и последующих этапах проектирования БЛА класса «поверхность – воздух». В этой связи тема диссертационной работы, которая посвящена исследованию альтернативных способов и систем склонения БЛА с последующим выходом на задачи проектирования блока газовых рулей в составе системы склонения БЛА, является **актуальной**.

Оценка структуры и содержания диссертации, ее завершенности

Диссертация изложена на 112 страницах машинописного текста, включает 37 рисунков и 13 таблиц. Работа имеет общепринятую структуру, состоит из введения, четырех глав, основных выводов и результатов, списка использованной литературы из 75 наименований. Содержание диссертации полностью соответствует поставленной цели и задачам исследования.

Диссертация и автореферат изложены ясным и понятным научным языком и в целом оформлены в соответствии с установленными требованиями. Структура диссертации логична, а ее внутренняя организация отвечает заявленной теме и проведенным исследованиям. Содержание, последовательность и стиль представления материалов и результатов работы, обоснованность положений и выводов исследований расчетными и фактическими данными, в т.ч. в графической форме, способствуют пониманию полученных автором научных результатов, подчеркивают внутреннее единство работы и свидетельствуют о **личном вкладе** автора диссертации в науку.

Во введении дана общая характеристика диссертационной работы, обоснована актуальность рассматриваемой темы, определены цель и основные

задачи диссертационного исследования, отмечены научная новизна и практическая значимость работы, сформулированы положения, выносимые на защиту.

В первой главе, которая носит обзорный характер, рассмотрены возможные способы склонения БЛА класса «поверхность – воздух» с вертикальным стартом; раскрыты принципы и проанализированы возможные схемы систем склонения БЛА; приведены примеры систем склонения БЛА, реализованных к настоящему времени; дан краткий обзор работ, посвященных вопросам исследования и проектирования систем склонения БЛА, а также патентов, посвященных конструктивным решениям газовых рулей. В завершении главы дана постановка общей задачи диссертационного исследования.

Во второй главе даны требования технического задания на разработку вертикально стартующего БЛА класса «поверхность – воздух», которые относятся к управлению его склонением, и представлен разработанный соискателем метод определения параметров блока газовых рулей в составе системы склонения БЛА, удовлетворяющей требованиям морского базирования с использованием «горячего» или «холодного» вертикального старта.

Задача определения проектных параметров блока газовых рулей в составе системы склонения БЛА, в соответствии с предлагаемым методом, решается в три взаимосвязанных этапа. Первый этап – сравнительный анализ альтернативных систем склонения – проводится с целью обоснования целесообразности применения СУВТ, реализуемой газовыми рулями, в качестве системы склонения; критерием выбора рациональной системы склонения является минимум массы проектируемого БЛА. Второй этап направлен на выбор эффективного конструкционного материала и определение потребной внешней геометрии газового руля с учетом уноса материала газовой струей с его передней кромки. В качестве критерия выбора рационального материала принято отношение полной площади газового пуля (с учетом унесенной площади) к минимальной площади, необходимой для создания потребной управляющей силы. Третий этап состоит в конструкторско-технологической проработке газовых рулей и их размещения в сопловом блоке или за его пределами на специальных пилонах.

В третьей главе представлены методика и пример решения задачи сравнительного анализа альтернативных способов и систем склонения класса «поверхность – воздух» по критерию минимума массы проектируемого БЛА.

Приведены блок-схема и основные соотношения методики; представлены уравнения движения БЛА в плоскости склонения, а также основные соотношения для расчета параметров альтернативных систем склонения.

В качестве примера применения методики рассмотрена задача сравнительного анализа альтернативных способов и систем склонения, обеспечивающих вертикальный старт гипотетического БЛА класса «поверхность – воздух» средней дальности морского базирования. В качестве альтернативных систем склонения рассматривались: СУВТ, реализуемая газовыми рулями, размещаемыми в сопле двигателя БЛА или за его срезом, импульсная двигательная установка (ИДУ) и автономное устройство пропорционального управления (АУПУ). Для определения параметров облика БЛА с альтернативными системами склонения использовалась система автоматизированного проектирования, разработанная на кафедре 602 МАИ «САПР ЛА». Исследования альтернативных систем склонения проводились при варьировании времени склонения, одного из наиболее важных параметров требований технического задания на разработку системы склонения БЛА. Для систем склонения с газовыми рулями варьировался также конструкционный материал, из которого выполнены газовые рули. Сравнительный анализ полученных обликов БЛА по массовому критерию показал, что для исследуемых условий старта система склонения в виде СУВТ двигателя с газовыми рулями является более предпочтительной по сравнению с системами склонения, реализуемыми газодинамическими устройствами автономного управления.

В четвертой главе изложена разработанная соискателем комплексная методика проектирования блока газовых рулей системы склонения БЛА класса «поверхность – воздух»; представлены результаты решения задачи выбора рационального конструкционного материала и внешних геометрических параметров газовых рулей с учетом уноса материала с их передней кромки, а также сравнительного анализа компоновочных схем и конструктивно-технологических решений блока газовых рулей.

Решение задачи выбора рационального конструкционного материала и определения геометрических параметров газовых рулей показано на примере разработки системы склонения гипотетического БЛА класса «поверхность – воздух», представленного в третьей главе диссертации. Рассматриваемыми конструкционными материалами являлись сталь, углеметаллопластик (УМП) и вольфрам – материалы с существенно различными физическими свойствами, значительно влияющими на массу газового руля: эрозионной стойкостью и

плотностью. Анализ полученных результатов расчета газовых рулей с учетом уноса материала с передней кромки свидетельствует о том, что при различном времени склонения вертикально стартующего БЛА рациональными (т.е. отвечающими условию эффективности конструкционного материала) являются различные материалы. Так, например, при относительно малом времени склонения, равном 1,5 секунды, рациональным конструкционным материалом оказалась сталь, а при большем времени склонения, равном 3 секунды, – УМП. Для газовых рулей, выполненных из данных конструкционных материалов, найдены основные компоновочные и конструктивно-технологические параметры блока газовых рулей системы склонения рассматриваемого БЛА.

В заключении сформулированы основные выводы по диссертационной работе.

Автореферат в должной мере освещает основные разделы диссертации и позволяет сделать выводы об объеме и научных результатах проведенных соискателем исследований.

Основные результаты и их значимость для развития соответствующей отрасли науки

Значимость результатов диссертации для науки заключается в развитии методического обеспечения исследовательских и проектных работ, связанных с разработкой систем склонения БЛА класса «поверхность – воздух».

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Разработанные в диссертации методы и методики целесообразно использовать на этапе обликowego проектирования при разработке новых и модернизации существующих БЛА классов «поверхность – воздух» с вертикальным стартом.

Использование результатов диссертационной работы целесообразно в ведущих научно-исследовательских и опытно-конструкторских организациях: ГосНИИАС (г. Москва), ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского (г. Жуковский, Московская область), ГосМКБ «Вымпел» им. И.И. Торопова (г. Москва), ГосМКБ «Радуга» им. А.Я. Березняка» (г. Дубна, Московская область), ГосМКБ «Факел» им. акад. П.Д. Грушина (г. Химки, Московская область), ГНПП «Регион» (г. Москва), НПК «КБ машиностроения» (г. Коломна, Московская область), КБП (г. Тула), а также в гражданских и военных учебных заведениях, занимающихся подготовкой специалистов в области разработки, производства и

эксплуатации БЛА, в том числе: МГТУ им. Н.Э. Баумана, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, Самарском университете.

Считаем целесообразным **продолжить исследования** в направлении развития расчетно-экспериментальных методов оценки эффективности применяемого для газовых рулей конструкционного материала, в первую очередь, из числа современных композиционных материалов.

Достоверность, новизна, реализация выводов и результатов диссертации

Полученные соискателем результаты и выводы по работе показывают, что задачи, сформулированные в ходе проведенных научных исследований, успешно решены в полном объеме.

Выполнена верификация методик, что подтверждает практическую применимость самого метода проектирования блока газовых рулей системы склонения БЛА класса «поверхность – воздух».

К научной новизне следует отнести разработанные соискателем:

метод определения проектных параметров блока газовых рулей в составе системы склонения БЛА класса «поверхность – воздух» с использованием «горячего» или «холодного» вертикального старта;

методику выбора рациональной системы склонения по критерию массы БЛА из альтернативных вариантов, в числе которых: СУВТ, реализуемая газовыми рулями, размещаемыми в сопле двигателя или за его срезом, ИДУ и АУПУ;

комплексную методику проектирования блока газовых рулей системы склонения БЛА, предназначенную для оценки эффективности применяемого конструкционного материала; определения потребных геометрических параметров газовых рулей с учетом уноса материала с передней кромки; сравнительного анализа компоновочных схем и конструктивно-технологических решений блока газовых рулей.

Замечания по диссертации

- 1) В диссертации проведено сравнение работы в газовой струе РДТТ управляющих плоскостей ГР из нескольких материалов: сталь, вольфрам, углепластик, стеклопластик и т.п. Однако не представлено данных для широко известных и стойких к абляционному воздействию керамических материалов.

- 2) Не все источники эмпирических зависимостей, представленных в главе 3 диссертационной работы, обозначены по тексту, как и источники данных, используемых при расчетах.
- 3) Заявленные способы реализации метода определения параметров блока ГР в составе системы склонения БЛА, на наш взгляд, не выстроены в последовательную схему: в разработке методики определения рациональной системы склонения при выборе между ГР, ИДУ и АУПИ (глава 3), по итогам которой должна быть выбрана оптимальная система, результат исследований заранее вынесен в название последующей, 4 главы. Следовательно, название 3 главы не полностью соответствует заявленной цели, так как не содержит упоминание о расчетном подтверждении преимуществ применения газовых рулей. Таким образом, складывается впечатление, что все дальнейшие работы по разработке методики выбора материала, внешней геометрии и т.п. параметров были заранее спланированы для наиболее перспективной схемы склонения.
- 4) Основные этапы поиска оптимальных параметров БЛА проводились в программе САПР ЛА, разработанной на кафедре 602 ФГБОУ ВО МАИ. Остается не раскрытым вопрос личного вклада автора работы в создание представленной методики, а также вопрос использования теоретических зависимостей параметров движения и методики расчета траектории склонения БЛА вне рамок указанного ПО.
- 5) График, представленный на рисунке 3.14, не имеет обозначения координатных осей.
- 6) В расчете эрозионного воздействия на ГР реактивной струи упоминаются т.н. частицы К-фазы. Так как данное обозначение носит специализированный характер, то для полного понимания требуется описание или расшифровка принятого наименования этих частиц.
- 7) Так как в диссертационной работе представлены данные по завершеному исследованию, то рекомендуем формулировать все предложения с описанием той или иной операции в прошедшем, а не настоящем времени.

Данные замечания не снижают высокий уровень диссертационной работы и носят рекомендательный характер для организации дальнейших исследований.

Заключение

Диссертация Виндекера Александра Викторовича, выполненная под руководством доктора технических наук, доцента Парафеся Сергея Гавриловича, является завершенной научно-квалификационной работой, в которой предложены новые обоснованные решения, направленные на решение актуальных научных задач – совершенствования проектирования БЛА класса «поверхность – воздух» на этапе формирования его облика, соответствует паспорту специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов»

Выводы, рекомендации и теоретические положения, изложенные в диссертации Виндекера Александра Викторовича достоверны, научно обоснованы, отличаются научной новизной и практической ценностью и апробированы на различных конференциях.

Автор диссертационной работы корректно ссылается на авторов и первоисточники заимствования материалов и отдельных результатов, использованных в диссертации.

Автореферат содержит 24 страницы, включая 7 рисунков, 3 таблицы, полностью отражает содержание диссертационной работы и позволяет сделать выводы об объеме научных исследований. Диссертация и автореферат размещены в открытом доступе в сети Интернет в установленные Положением о присуждении ученых степеней сроки.

Основные результаты работы достаточно полно опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Материалы диссертации отражены в 3 научных статьях, в том числе 2 в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ для кандидатских диссертаций.

Диссертационная работа «Метод определения проектных параметров блока газовых рулей в составе системы склонения беспилотного летательного аппарата класса «поверхность – воздух», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов, отвечает критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 и пунктам 3, 8, 9 области исследований паспорта специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов, а ее автор Виндекер Александр Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

