

ОТЗЫВ

официального оппонента Верещикова Дмитрия Викторовича
на диссертационную работу Калюжного Юрия Сергеевича
«Методика и алгоритм оперативной реконфигурации маршрута полета
воздушных судов гражданской авиации», представленной
на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.9.6 – «Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники»

Актуальность темы диссертации

Движение самолетов и вертолетов (ЛА) в воздушном пространстве всегда связано с необходимостью обхода разного рода препятствий (горный рельеф, высокие постройки), а так же запрещенных по каким-либо причинам областей, в том числе с неблагоприятными по условиям обеспечения безопасности полета явлениями (атмосферная турбулентность, грозовые явления, вулканическая пыль, закрытые для пролета территории над охраняемыми объектами и т.п.). При этом важным является не только предотвратить столкновение летательного аппарата с препятствием или его попадание в неблагоприятную область воздушного пространства, но и обеспечить решение основной транспортной задачи, ради которой полет собственно и был начат. В этой связи стоит обратить внимание на то, что, вообще говоря, современные бортовые средства позволяют обнаружить препятствие или, например, области с опасными метеорологическими явлениями, однако принять решение о том, как следует скорректировать траекторию движения летательного аппарата должен экипаж. На экипаж возлагается задача оценки рациональности новой траектории с точки зрения расхода топлива, времени полета, контроля за эксплуатационными ограничениями. Все это нужно сделать в известной степени оперативно и, кроме того, согласовать принятые решения с представителями системы управления воздушным движением. Ситуация осложняется тем, что, во-первых, современная практика предусматривает всего лишь двухчленный экипаж, а, во-вторых, обстановка, требующая анализа, может оперативно изменяться. Современные высокоавтоматизированные системы управления отчасти разгружают экипаж от задач пилотирования, но контроль за состоянием летательного аппарата, анализ ситуации и принятие решений остается за ним. Всё вышеизложенное подчеркивает целесообразность создания и применения систем, обеспечивающих ситуационную осведомленность экипажа в части наличия рациональных и безопасных маршрутов для осуществления полета, а, следовательно, и актуальность темы диссертации.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Анализ содержания диссертационной работы, представленной для оппонирования, позволяет утверждать, что основным (главным) достижением автора является обоснование возможности обеспечения безопасности полета в условиях наличия препятствий и обхода запрещенных для пролета областей

за счет применения разработанных методики и алгоритма оперативной реконфигурации маршрута полета.

В этом отношении целесообразно отметить следующие важные моменты:

1. Автор, на основе проведенного им анализа широкого спектра источников, утверждает, что существующие аналитические подходы к формированию траекторий движения различных технических средств не могут быть применены для оперативного изменения маршрута полета самолетов и вертолетов гражданской авиации из-за того, что они не учитывают эксплуатационные ограничения, не обеспечивают непременно прибытие в конечную точку маршрута, допускают вход в запрещенные области полета.

2. Особое мнение автор высказывает о вероятностных методах построения маршрутов с использованием нейросетевых технологий. По его мнению такие решения не во всех случаях дают однозначно прогнозируемый результат, а, следовательно, сертификация подобного рода систем по действующим нормативам затруднена или невозможна.

3. В диссертации автором решена задача по развитию известного подхода к синтезу законов управления летательным аппаратом путем решения обратной задачи динамики в части непрерывного учета коррекции траектории для преодоления возникающих препятствий и выбора рационального варианта исходя из заранее сформулированных критериев.

4. В работе путем численного моделирования продемонстрированы адаптивные свойства разработанных метода и алгоритма к объектам управления (самолету и вертолету), имеющим существенно различные значения кинематических характеристик движения и эксплуатационные ограничения.

Существенным фактором, подтверждающим практическую ценность работы и квалификацию автора, является то, что им предложены рекомендации по реализации алгоритма оперативной реконфигурации маршрута полета с использованием комплекса бортового оборудования самолета SSG-NEW.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается корректным использованием уравнений динамики полета, применением широко известного и апробированного математического аппарата, результатами моделирования, адекватно описывающими характер изменения траектории движения летательных аппаратов при обходе препятствий.

Замечания по диссертационной работе

В результате изучения диссертации и автореферата сформулирован следующий ряд замечаний:

1. В представленных для оппонирования материалах нет исчерпывающей информации о способе определения радиуса «тоннеля безопасности». Упомянуто только то, что он зависит от характеристик ЛА и установленных

для него ограничений, характеристик комплекса бортового оборудования и информационных систем. Кроме того, приведен только лишь общий вид функций для размера тоннеля, имеющей в качестве аргументов величины отклонений от маршрута, вызванных ошибками в определении координат ЛА и выходом параметров управления на ограничения.

2. Предложенная автором логика «двух лучей» позволяет рассчитывать только два альтернативных маршрута, однако в работе речь идет как минимум о трех маршрутах, обеспечивающих минимальное время, минимальный пройденный путь или минимальный отход от маршрута.

3. Автор провел анализ состава и возможностей современных комплексов бортового оборудования, однако не ясно, функционирование каких его элементов моделировалось при оценке адекватности бортового алгоритма реконфигурации маршрута полета.

Общая характеристика диссертационной работы

В целом, несмотря на отмеченные недостатки, представленная для оппонирования диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, связанную с научно-методическим обоснованием методики и алгоритма формирования альтернативных маршрутов полета летательных аппаратов, необходимость в которых вызвана наличием препятствий, существенно снижающих уровень безопасности полета и (или) областей пространства в которых эксплуатация ЛА запрещена.

В диссертационной работе автор продемонстрировал глубокое понимание проблем, связанных с необходимостью и возможностью совместного решения задач из области динамики полета и аналитической геометрии.

В списке использованной при подготовке диссертации литературы широко представлены работы, в которых другими авторами рассмотрены вопросы формирования целевых маршрутов (траекторий) движения объектов с различными свойствами, управления ими в условиях ограниченного пространства, наличия угроз безопасности различного типа.

Материалы диссертационной работы прошли апробацию на международных и российских конференциях, ее основные результаты опубликованы в семи изданиях (три из которых из перечня, рекомендуемого ВАК), программный продукт, созданный автором, зарегистрирован в ФИПС. Материалы работы легли в основу выполненной с участием автора научно-исследовательской работы, посвященной созданию научно-технического задела в области интеллектуализации бортового оборудования воздушных судов.

Автореферат отражает основное содержание диссертации и содержит необходимые сведения для оценки научной новизны и практической значимости результатов исследований, выполненных автором.

Заключение

Учитывая актуальность выполненных исследований, научную новизну

и практическую значимость полученных результатов считаю, что представленная для оппонирования диссертационная работа удовлетворяет требованиям, изложенным в Постановлении Правительства РФ о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор – Калужный Юрий Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.6 – «Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники».

Официальный оппонент - начальник 72 кафедры авиационных комплексов и конструкции летательных аппаратов ВУНЦ ВВС «ВВА» (394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А. Тел. 8(473)244-76-10, email: vaiu@mil.ru).

кандидат технических наук, доцент



Д.В.Верещиков

2 сентября 2025 г.

Подпись Верещикова Дмитрия Викторовича заверяю
Старший помощник начальника строевого отдела

М.П.



Ю.Фокин