

О Т З Ы В

официального оппонента 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

Обеспечение высокого уровня безопасности полётов зависит от полноты и своевременности предоставления экипажу (или бортовым интеллектуальным системам управления) необходимых данных для ситуационной осведомлённости, принятия решений и выполнения действий в различных ситуациях полёта, связанных с необходимостью изменения заданного маршрута полёта. Переход от монотонного полета по маршруту к активному управлению воздушным судном (ВС) в условиях быстроменяющейся обстановки и дефицита времени на принятие решения достаточно часто приводит к ошибочным действиям со стороны экипажа, которые могут приводить к аварийным или катастрофическим ситуациям полёта. Один из известных и апробированных вариантов решения подобных проблем является создание специализированной системы поддержки принятия решения, обеспечивающей выработку одного или нескольких вариантов безопасного продолжения полета в описанном случае. В этой связи, *диссертационная работа Калюжного Юрия Сергеевича, посвященная повышению уровня безопасности полетов за счет разработки методики и алгоритма с бортовой реализацией на самолёте, обеспечивающих оперативную реконфигурацию маршрута полета с целью облета наземных препятствий, запретных зон полета, областей с опасными метеорологическими явлениями, является актуальной.*

Научная новизна диссертационной работы состоит в создании новой методики оперативного перестроения маршрута полета, которая позволяет генерировать новые безопасные варианты продолжения полета, учитывающие вновь выявленные в процессе полета препятствия на пути следования ВС. Разработанный на основе предложенной методики алгоритм облета препятствий адаптирован автором для реализации в *виде функции в комплексах бортового оборудования (КБО) современных и перспективных воздушных судов*, отвечающих требованиям концепции интегрированной модульной авионики (ИМА) и концепции «стеклянной кабины». Комплексная реализация указанной функции на борту ВС будет способствовать устранению причин значительного числа авиационных происшествий и обеспечению безопасности при эксплуатации авиационной техники. Учитывая вышесказанное, можно сделать заключение о том, что тема диссертационной работы Калюжного Юрия Сергеевича **имеет высокую практическую ценность**.

Достоверность всех полученных результатов подтверждается верификацией математической модели, разработанной автором для решения поставленных задач, путем сравнения результатов моделирования с результатами, полученными аналитическим (точным) способом.

Работа прошла достаточную апробацию, результаты диссертационной работы представлялись, обсуждались и получили положительную оценку на различных конференциях, в том числе международных. По теме диссертации опубликованы три научные статьи в рекомендованных ВАК изданиях. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ и два акта о внедрении результатов исследований в ФАУ «ГосНИИАС» и ООО НПП «ПРИМА».

Структура диссертации

Диссертация состоит из введения, 4 глав и заключения, изложена на 217 страницах печатного текста, включает 259 рисунков, список используемой литературы из 101 наименования.

Во введении автор обосновывает актуальность темы диссертационной работы, направленной на повышение уровня безопасности полетов за счет разработки *методики, алгоритма, бортовой версии алгоритма (функции)*, обеспечивающих возможности оперативной реконфигурации маршрута полета с целью облета препятствий, запретных зон полета, областей с опасными метеорологическими явлениями. Приведены статистические данные по авиационным происшествиям, подтверждающие актуальность темы исследований.

Сформулирована цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, дана общая характеристика диссертации.

В первой главе автором приводится подробный анализ статистики авиационных происшествий, обзор состояния области исследований и рассмотрена степень разработанности вопросов, касающихся существующих подходов к *оперативной реконфигурации маршрута полета* с целью обхода препятствий, а также *средств обнаружения и идентификации препятствий*. На основании выполненного анализа делается заключение о необходимости *разработки методики и алгоритма оперативной реконфигурации маршрута полета*, обеспечивающих перестроение маршрута полета с учетом вновь выявленных препятствий (наземных и воздушных), *учитывающих характеристики ВС как объекта управления, допускающих реализацию в составе КБО современных и перспективных ВС*.

Во второй главе раскрыто содержание разработанной автором методики и алгоритма оперативной реконфигурации маршрута полета ВС. Представлены численные примеры, подтверждающие работоспособность методики и возможность практической реализации алгоритма реконфигурации маршрута полета ВС. Эффективность алгоритма реконфигурации маршрута полета продемонстрирована при облете одиночных и групповых препятствий, наземных и воздушных, в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

В третьей главе рассмотрены современные комплексы бортового оборудования (КБО) с точки зрения бортовой реализации разработанного автором алгоритма. Показано, что интеграцию разработанного алгоритма оперативной реконфигурации маршрута полета в состав современных КБО предпочтительнее выполнять в виде отдельной функции. Представленный анализ существующих КБО ВС нормальной и транспортной категорий подтвердил наличие всей необходимой номенклатуры аппаратных средств, необходимых для функционирования данной функции. Сформулированы требования к бортовой реализации алгоритма, включая функциональные требования, требования к точности исходных данных, а также аппаратно-технические требования. В соответствии с требованиями разработан бортовой алгоритм оперативной реконфигурации маршрута полета. Показаны возможные варианты реализации бортового алгоритма в КБО воздушных судов нормальной и транспортной категорий.

В четвертой главе представлены численные примеры решения тестовых задач, подтверждающих работоспособность разработанного бортового алгоритма (функции) оперативной реконфигурации маршрута полета при облете наземных препятствий типа горный массив и воздушных препятствий типа грозовой фронт с использованием цифровой карты местности. Кроме того, продемонстрирована адаптивность алгоритма к характеристикам ВС.

В заключении делается вывод о том, что поставленная цель диссертационного исследования достигнута – решена научная задача разработки методики и алгоритма оперативной реконфигурации маршрута полета, предназначенных для реализации в составе комплексов бортового оборудования (КБО) воздушных судов различных категорий. В работе получены следующие ключевые результаты:

1. На основании анализа статистических данных было установлено, что основной причиной авиационных происшествий в ситуациях, связанных с столкновениями с препятствиями при полетах на малой высоте, столкновением с землей при управляемом полете, попаданием в приборные метеоусловия при отсутствии допуска экипажа, попаданием в зону активной грозовой деятельности является *недостаточная ситуационная осведомленность экипажа, ошибки в условиях стресса и ограниченного времени на принятие решений, а также отсутствие на борту автоматизированных средств корректировки маршрута для безопасного обхода препятствий с учетом характеристик воздушного судна*.

2. Предложено решение в виде функционального дополнения системы самолетовождения, способного автоматически корректировать маршрут полета на основе данных о выявленных в процессе полета препятствиях, что позволяет повысить уровень безопасности полетов.

3. Разработана методика оперативной реконфигурации маршрута полета, а также алгоритм, обеспечивающий оценку безопасности текущего маршрута и расчет множества альтернативных безопасных и реализуемых траекторий с выбором оптимальных по заданным критериям.

4. Создан бортовой алгоритм, адаптированный для реализации в составе современных КБО, построенных по принципам интегрированной модульной авионики (ИМА) и концепции «стеклянной кабины».

5. Показана работоспособность разработанных решений при облете наземных и воздушных препятствий.

Вместе с тем необходимо указать на следующие недостатки:

1. В работе не представлены аэродинамические характеристики, а также высотно-скоростные характеристики двигателей воздушных судов, на базе которых демонстрируется работоспособность разработанных автором методики и алгоритма оперативной реконфигурации маршрута.

2. При описании алгоритма решения обратной задачи динамики полета, в представленных выражениях для управляющих параметров не описаны переменные λ и φ .

3. Название рисунка 16 в автореферате не соответствует его содержанию.

4. Отсутствует оценка и учёт необходимого минимального запаса времени на передачу службам УВД данных нового маршрута и получения разрешения на его изменение.

5. В предложенной методике оперативной реконфигурации маршрута полета отсутствует определение возможного дополнительного расхода топлива с оценкой его потребного запаса для достижения цели маршрута.

6. В определении границ тоннеля безопасности не учитываются габаритные размеры ВС, а в ограничениях на управляющие функции не учитываются ограничения по максимальной высоте полёта.

В целом, несмотря на отмеченные недостатки, представленная для оппонирования диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему. Предложенная автором диссертационной работы Калюжным Юрием Сергеевичем *методика и алгоритм оперативной реконфигурации маршрута полета воздушных судов гражданской авиации* позволит повысить уровень безопасности полетов за счет расширения функциональных возможностей комплексов бортового оборудования воздушных судов гражданской авиации.

По объёму выполненных исследований, актуальности, научной новизне и практической значимости диссертационная работа соответствует требова-

ниям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013г., а её автор Калужный Юрий Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.6. «Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники».

Официальный оппонент,
доктор технических наук,
начальник отдела 901 ПАО «МИЭА»

 Гребенкин А.В.

« 24 » 06 2025 г.

Публичное акционерное общество «Московский институт электромеханики и автоматики»

Адрес: 125167, город Москва, Авиационный переулок, 5

Тел.: +7 (499) 152-48-74

e-mail: inbox@aomiea.ru

Официальный сайт: <https://aomiea.ru/>

Подпись Гребенкина Александра Витальевича удостоверяю

Учёный секретарь к.т.н., с.н.с.

(должность)



Кербер О.Б.

(Фамилия И.О.)