

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

о диссертационной работе Гаракоева Амира Мусаевича

«Разработка математического и алгоритмического обеспечения системы информационной поддержки пилота в процессе аэрогеофизической съемки», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

Диссертационная работа Гаракоева А.М. посвящена разработке математического обеспечения для системы информационной поддержки пилота летательного аппарата (ЛА), выполняющего аэрогеофизическую съемку – дистанционное зондирование Земли с целью построения карт аномалий различных физических полей.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и двух приложений. Во введении сформулирована основная цель работы, перечислен круг задач, которые требуется решить для достижения поставленной цели. Также представлен обзор основных публикаций, связанных с темой диссертационной работы.

Первая глава работы посвящена обзору известных аэросъемочных программно-аппаратных комплексов, направленных на решение задачи информационной поддержки пилота при выполнении аэросъемочных полетов. Исследованы особенности существующих систем навигационной поддержки и предложены особенности, предложены пути совершенствования таких систем применительно к задачам аэрогеофизики. Далее приведены требования к структуре системы информационной поддержки пилота при аэрогеофизической съемке и поставлены задачи, которые необходимо для этого решить.

Вторая глава носит теоретический характер, приводится решение задачи оптимального по быстродействию управления для упрощенной модели движения ЛА в проекции на горизонтальную плоскость. Автором проведено обоснование используемой математической модели движения ЛА. Рассмотрены варианты оптимальной задачи для режима захода на маршрут и для режима сближения с текущим маршрутом. Получены решения поставленных задач с помощью принципа максимума Л.С. Понтрягина.

Полученные оптимальные решения выбираются в качестве программных траекторий движения ЛА. На основании измеряемого по данным навигационной системы расхождения скорости изменения путевого угла текущей и программной траекторий формируется основной параметр системы информационной поддержки пилота.

В третьей главе описан алгоритм оценки параметров системы «ЛА + пилот» и настройки параметров информационной поддержки пилота. по результатам построения

упрощенной динамической модели системы предложено оценивать минимальный радиус разворота ЛА и время реакции системы «ЛА + пилот». Приведены результаты работы алгоритма на четырех различных ЛА.

В четвертой главе описан энергетический подход к формированию подсказки пилоту при обтекании рельефа. Разработан алгоритм вычисления соответствующего параметра для системы информационной поддержки пилота. Сформулированы выводы о том, что указанный алгоритм эффективен при выполнении аэрогравиметрической съемки с обтеканием рельефа для минимизации вертикальных перегрузок.

Пятая глава посвящена практической реализации разработанного математического и алгоритмического обеспечения в бортовой системе NAVDAT, описана структура и конфигурация всего бортового комплекса, включающего индикатор для информационной поддержки пилота. На основе экспериментальных данных выполнен анализ и продемонстрирована эффективность работы предложенных алгоритмов.

В заключении сформулированы выводы по результатам проведенных исследований.

Приложение 1 содержит описание решения задачи определения допустимого техническим заданием радиуса разворота при следовании прямолинейному участку траектории. В приложении 2 приведены копии актов о внедрении результатов диссертационной работы.

Актуальность темы.

Системы аэрогеофизической съемки находят все большее применение при поиске нефтяных и газовых месторождений, полезных рудных ископаемых. Как правило при проведении аэросъемки высоки требования к точности проводки ЛА по заданной траектории и эффективности использования летного времени. Поэтому разработка средств информационной поддержки пилота в процессе проведения съемки является актуальной.

Научная новизна. В работе получены требования к структуре системы информационной поддержки пилота, реализация которых обеспечивает повышение точности реализации программной траектории ЛА без избыточной нагрузки для пилота, а также повысить эффективности использования летного времени. Для системы «летательный аппарат + пилот» впервые предложен алгоритм коррекции параметров системы информационной поддержки, обеспечивающий наиболее эффективное выполнение захода на маршрут.

Обоснованность научных положений. Полученные в работе результаты являются обоснованными. Приведены необходимые выкладки, демонстрирующие правильность результатов, даны ссылки на предшествующие работы по рассматриваемой тематике. Результаты работы в достаточной мере публиковались и обсуждались на различных научных конференциях. Разработанные автором алгоритмы испробованы на модельных и экспериментальных данных, продемонстрирована эффективность предложенных алгоритмов.

Практическая значимость. Предложенные алгоритмы составляют основу программного комплекса NAVDAT, который обеспечивает навигационную поддержку пилота в процессе аэрогеофизической съемки. Разработанное автором программное обеспечение может работать как на одном, так и на нескольких компьютерах по бортовой локальной сети, предусмотрена возможность представления информации по отдельности для всех членов экипажа летательного аппарата.

По теме диссертационной работы опубликовано четыре работы в изданиях, рекомендованных ВАК, в том числе три в журналах, рекомендованных для представления работ по данному научному направлению. Результаты работы обсуждались и докладывались на девяти конференциях.

Замечания по диссертации. По тексту работы можно сделать следующие замечания:

1. В Главе 2 изложена методика упрощения уравнений движения ЛА (система уравнений (2.1)) выделения малого параметра и разделения движений. Однако, сами уравнения (2.1) представляют смесь кинематических уравнений движения центра масс ЛА (медленное движение) и уже нормализованных динамических уравнений движения ЛА вокруг центра масс (быстрое движение). Эти уравнения приведены без всяких ссылок. Следовало бы аккуратно провести переход от уравнений движения ЛА в плоскости к уравнениям (2.1)
2. Для обоснования оптимального решения задачи быстродействия для упрощенной модели ЛА используется принцип максимума Л.С. Понтрягина. Такое обоснование проведено не совсем аккуратно, поскольку в этой задаче имеется так называемый «особый» режим, где принцип максимума напрямую не позволяет найти оптимальное решение. Надо использовать необходимые условия оптимальности

особого режима (условия Келли), что в работе отсутствует. Тем не менее оптимальные траектории центра масс ЛА в работе найдены правильно.

3. Оптимальные траектории полета ЛА получены в предположении плоской Земли. При больших территориях съемки такое предположение выполняется приближенно. В работе отсутствуют оценки точности такой постановки задачи.

Перечисленные недостатки не влияют на общую положительную оценку работы. Работа выполнена на хорошем научно-техническом уровне. Научные положения, выводы и результаты работы являются обоснованными.

Заключение.

Диссертация Гаракоева Амира Мусаевича является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработано математическое и алгоритмическое обеспечение системы информационной поддержки пилота при выполнении аэрогеофизической съемки. Автореферат диссертации отражает основные результаты, полученные в работе. Высказанные замечания не снижают общее положительное впечатление от работы. Таким образом, диссертационная работа Гаракоева Амира Мусаевича «Разработка математического и алгоритмического обеспечения системы информационной поддержки пилота в процессе аэрогеофизической съемки» соответствует Положению о порядке присуждения ученых степеней и отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор Гаракоев А.М. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

На включение персональных данных, содержащихся в отзыве, в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку согласен.

Отзыв составил официальный оппонент

Лемак Степан Степанович,

доктор физико-математических наук по специальности 01.02.01 – теоретическая механика, профессор кафедры прикладной механики и управления механико-математического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова»,

руководитель лаборатории «Математическое обеспечение имитационных динамических систем» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова».

119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1.

тел. +7- 905-504-06-37

e-mail: lemnaks2004@mail.ru

Лемак С.С.

Подпись дфмн Лемака С.С. удостоверяю:

Декан механико-математического факультета МГУ,

член.корреспондент РАН

04.06.2024г.
Шафаревич А.И.

М.П. (гербовая/основная)

