

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 новых алгоритмов для системы информационной поддержки пилота летательного аппарата (ЛА), выполняющего аэрогеофизическую съемку – дистанционное зондирование Земли с целью построения карт аномалий различных физических полей для дальнейшей интерпретации с целью поиска месторождений полезных ископаемых, изучения особенностей геологического строения и тектонических нарушений.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и приложений. Во введении определяется основная цель работы, приводится содержание работы и обзор основных публикаций.

Первая глава работы посвящена обзору и исследованию задачи информационной поддержки пилота при выполнении аэросъемочных полетов. Рассмотрены существующие системы навигационной поддержки, исследованы их особенности, предложены пути совершенствования систем информационной поддержки пилота применительно к задачам аэрогеофизики. Сформулированы требования к структуре системы информационной поддержки пилота при аэрогеофизической съемке и поставлены задачи, которые необходимо решить для удовлетворения указанных требований.

Вторая глава посвящена решению задачи оптимального по быстродействию управления для математической модели автомобиля Дубинса, которая приближенно описывает движение ЛА в проекции на горизонтальную плоскость. Задача решается для режима захода на маршрут и для режима сближения с текущим маршрутом. Полученные траектории выбираются в качестве программных для движения ЛА. На основании измеряемого по данным навигационной системы расхождения текущей и программной траекторий формируется параметр системы информационной поддержки пилота, задача которого – удерживать данное расхождение в нуле. Учитывая тот факт, что техническое задание на съемку не требует максимально точно следовать заданному маршруту, а лишь ограничивает возможные боковые отклонения, автор предложил формировать программные траектории не как оптимальные по быстродействию, а как допустимые по отклонениям, что должно облегчать работу пилота.

В третьей главе описан алгоритм оценки параметров системы «ЛА + пилот» и настройки параметров для выработки информации, выводимой пилоту на индикатор в качестве подсказки. А именно, 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. Приведен анализ результатов моделирования работы алгоритма на данных полетов вертолета в сложных горных условиях и на данных самолета при относительно небольших перепадах высот. Сформулированы выводы о том, что предложенный подход может быть эффективен при выполнении аэрогравиметрической съемки с обтеканием рельефа для минимизации вертикальных перегрузок.

Пятая глава посвящена практической реализации разработанного математического и алгоритмического обеспечения в бортовом программном обеспечении NAVDAT, описана структура исходных данных, а также конфигурация всего бортового комплекса, включающего индикатор для информационной поддержки пилота. На основе экспериментально полученных данных выполненных съемочных работ выполнен анализ продемонстрирована эффективность работы 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.

В настоящее время аэрогеофизические методы и технологии находят свое применение при поиске нефтяных и газовых месторождений, различных рудных полезных ископаемых, источников питьевой и технической воды. Поскольку непрерывно растут возможности аэрогеофизической аппаратуры, неизбежно растут требования в том числе к выполнению полетов. Не смотря на развитие беспилотных технологий, подавляющая часть объемов аэрогеофизических исследований выполняется с использованием

пилотируемой авиации, поэтому разработка эффективных средств информационной поддержки пилота является важной и актуальной задачей.

Научная новизна. В работе сформулированы требования к структуре системы информационной поддержки пилота при аэрогеофизической съемке, реализация которых позволила обеспечить повышение точности проводки ЛА и эффективности использования летного времени, предложен алгоритм формирования сигналов системы информационной поддержки пилота, позволяющий удовлетворять требованиям технического задания в части точности следования заданной линии пути без избыточной нагрузки на пилота, предложен алгоритм оценки параметров системы информационной поддержки, обеспечивающий ее настройку для наиболее эффективного выполнения полетного задания, для аэросъемки с генеральным обтеканием рельефа применен энергетический подход к обеспечению информационной поддержки пилота, который позволяет избежать излишних вертикальных перегрузок.

Обоснованность научных положений. Работа содержит ясное и полное изложение всех полученных результатов, обоснование сделанных выводов и заключений, с достоверными ссылками на литературу, приведены необходимые выкладки, демонстрирующие правильность результатов. Даны ссылки на работы предшественников и современников. Все полученные автором алгоритмы испытаны на модельных и экспериментальных данных, продемонстрирована их эффективность.

Практическая значимость. Предложенные алгоритмы составляют основу программного комплекса NAVDAT, который обеспечивает навигационную поддержку пилота в процессе аэрогеофизической съемки и решение сопутствующих задач. 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 (пилота, борт-инженера, борт-оператора, штурмана). Обеспечены среднеквадратичное значение ошибки бокового отклонения на уровне 2 – 3 м, затраты летного времени в среднем около минуты в режиме перехода с маршрута на маршрут.

В диссертационной работе А.М. Гаракоева можно отметить хорошие прикладные результаты, полученные при грамотном применении формальных методов и строгих математических построений. Положительной особенностью является то, что полученные

результаты иллюстрируются результатами обработки большого объема полетных данных, что подтверждает справедливость полученных выводов и работоспособность разработанных алгоритмов. Важно отметить завершенность, полноту и практическую направленность представленных в диссертации исследований, логичность построения и четкость изложения материала. Диссертация и автореферат соответствуют требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Содержание автореферата полностью отражает основные результаты работы.

По теме диссертации соискателем опубликовано четыре работы в изданиях, рекомендованных ВАК, в том числе три в журналах, рекомендованных для представления работ по данному научному направлению. Результаты диссертационной работы обсуждались и докладывались на 9 конференциях.

Замечания по диссертации. После прочтения работы можно отметить следующие замечания.

1. Все рассуждения в Главе 2 выполняются в предположении плоской Земли. Однако, при достаточно больших территориях съемки такое предположение уже некорректно. Традиционно в авиации применяется понятие об ортодромиях (геодезических), которые являются кратчайшим расстоянием между парой точек. Однако, данное понятие появляется только в главе 5.
2. В разделе 3.3.2 не вполне понятно объяснение разной величины радиуса разворота для самолетов Cessna-172 и Ан-3. Автор говорит об ограничениях на максимально допустимый крен самолета Cessna, но не приводит его величины. Как не приводит указанных ограничений для Ан-3, которые наверняка тоже существуют.
3. Уравнения баланса полной энергии в разделе 4.1 предполагают наличие информации о воздушной скорости ЛА. В то же время в разделе 4.3 приводятся графики путевой скорости, полученные по данным спутниковой навигационной системы. Следовало отметить данное несоответствие и оценить последствия для предложенного алгоритма, возникающие из-за отсутствия учета скорости ветра.

Закключение. Указанные замечания отнюдь не снижают достоинств диссертационной работы, которая представляет собой законченное научное исследование на актуальную тему, обладающее научной новизной и практической значимостью. Считаю, что диссертация А.М. Гаракоева содержит новое научно обоснованное техническое решение по разработке математического и алгоритмического обеспечения

системы информационной поддержки пилота, имеющее существенное значение для совершенствования аэрогеофизических работ. Диссертация удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям* и соответствует профилю специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика». Автор диссертации, А.М. Гаракоев, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности.

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

начальник сектора
по индикации и картографии
Акционерного общества
«Раменское приборостроительное
конструкторское бюро»,
к.т.н. (специальность 05.13.01)



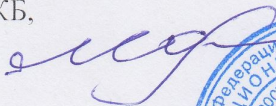
Шелагурова Марина Сергеевна

« 27 » 05 2024 г.

Акционерное общество «Раменское приборостроительное конструкторское бюро»
140103, Московская обл., г. Раменское, ул. Гурьева, 2, тел. +7 495 992 56 90,
эл. адрес: marinashell@mail.ru

Подпись к.т.н. Шелагуровой М.С. удостоверяю

Главный конструктор АО РПКБ,
д.т.н., профессор



Ильин Михаил Ильич



М.С.И. (серийная основная)