



АО «ГНПП «Аэрогеофизика»: 119049, г. Москва, ул. Мытная, д. 22, стр. 1, офис 6.
Почтовый адрес: 125373, г. Москва, Походный проезд, д. 19
Тел: +7 (495) 738-77-77, +7 (495) 738-78-88; agp@aerogeo.ru; www.aerogeo.ru.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор АО «ГНПП «Аэрогеофизика»



Контарович Р.С.

2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**Акционерного общества «Геофизическое научно-производственное
предприятие «Аэрогеофизика»**

на диссертационную работу Гаракоева Амира Мусаевича на тему:
«Разработка математического и алгоритмического обеспечения системы
информационной поддержки пилота в процессе аэрогеофизической съемки»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка
информации, статистика»

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа Гаракоева А.М. посвящена созданию новых
методов построения систем и технологий информационной поддержки
процесса аэрогеофизической съемки в части управления проводкой
летательного аппарата по заданным линиям пути.

Данное направление безусловно является важным и актуальным,
особенно с учетом неуклонно растущих требований к точности, детальности и
экономической эффективности применения аэросъемочных технологий.

Содержание работы, соответствие паспорту специальности

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений, списка литературы и двух приложений. Работа изложена на 124 страницах, содержит 42 иллюстрации, 2 таблицы. Список цитируемой литературы включает 74 наименования.

Во **Введении** обосновывается актуальность, практическая и теоретическая ценность диссертационной работы. Дается краткий обзор работ, связанных с управлением действиями пилота при выполнении аэросъемки. Сформулирована цель и задачи исследования, изложена структура, основные положения работы, степень разработанности темы и краткое содержание разделов диссертации.

Глава 1 посвящена рассмотрению общих вопросов применительно к задачам информационной поддержки решения навигационных задач для различных режимов аэросъемки. Рассмотрены традиционные подходы, особенности существующих информационных систем, дан анализ тенденций развития и основных путей их совершенствования.

Глава 2 посвящена разработке алгоритма синтеза программной траектории проводки летательного аппарата. Показано, что информационная поддержка выполнения полетного задания в целом сводится к последовательному переключению двух основных режимов: стабилизации относительно заданной линии пути и захода на входной ориентир отрезка маршрута. Для указанных режимов приведена модель движения центра масс летательного аппарата. Показано, что построение траекторий, оптимальных по быстродействию целесообразно на основе принципа максимума Понтрягина в форме подмножества так называемых возможных траекторий Дубинса. Рассмотрены базовые принципы формирования представляемой пилоту управляющей информации в форме единого параметра отклонения (нуль-индикатора).

Глава 3 посвящена разработке метода и алгоритма адаптивной настройки параметров выработки управляющей информации для пилота. Рассмотрена

классическая схема единой динамической системы «Летательный аппарат + Пилот», показана возможность адаптивной подстройки регулятора. На основе экспериментально полученных данных съемочных серии съемочных полетов с применение различных летательных аппаратов вычислены параметры передаточных функций, показано их соответствие реальным параметрам движения. Для подобранных моделей выполнена идентификация параметров настройки алгоритма управления нуль-индикатором, реализовано численное моделирование полета в режиме «сближение» с заданным маршрутом. Результаты моделирования показали, что результаты моделирования динамических систем «Летательный аппарат + Пилот» для нескольких летательных аппаратов соответствуют реальным траекториям полетов.

Глава 4 посвящена разработке алгоритма вычисления управляющего параметра баланса энергии в системе «ЛА — двигатель — среда», представляющего пилоту возможность управления тягой двигателя при выполнении работ с повышенными требованиями к допустимым перегрузкам. Такой режим характерен для аэрогравиметрической съемки с генеральным обтеканием рельефа. Представлены практические результаты, полученные при полетах в различных регионах мира на различных летательных аппаратах.

В **Главе 5** изложены результаты технической и программной реализации представленных в работе алгоритмов в структуре бортового вычислительного комплекса NAVDAT. Рассмотрена общая программная структура бортового вычислительного комплекса, особенности информационного взаимодействия компьютеров локальной бортовой сети. Приведены результаты использования комплекса NAVDAT при выполнении съемок. Показана высокая точность соответствия фактических линий пути заданным отрезкам маршрутов. Это позволяет добиться экономии летного времени и повысить экономическую эффективность аэрогеофизической съемки.

Работа соответствует специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации» (Технические науки).

Научная новизна полученных результатов

1. сформулированы требования к структуре системы информационной поддержки пилота при аэрогеофизической съемке, реализация которых позволила обеспечить повышение точности проводки летательного аппарата и эффективности использования летного времени;
2. 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;
3. для системы «летательный аппарат + пилот» впервые предложен алгоритм оценки параметров системы информационной поддержки, обеспечивающий ее настройку для наиболее эффективного выполнения захода на маршрут;
4. для аэросъемки с генеральным обтеканием рельефа впервые применен энергетический подход к обеспечению информационной поддержки пилота, который позволяет избежать излишних перегрузок.

Достоверность и обоснованность полученных результатов

Достоверность полученных результатов обеспечивается строгостью применяемого математического аппарата, результатами математического и компьютерного моделирования, подтверждается при анализе результатов обработки данных, полученных в процессе экспериментальных и производственных работ, публикациями и выступлениями на конференциях.

Значимость полученных результатов

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в разработке математического и алгоритмического обеспечения системы информационной поддержки пилота при аэрогеофизической съемке, обеспечивающего требуемую точность следования заданной линии маршрута и эффективное использование летного времени.

Результаты разработки алгоритмов синтеза текущего фрагмента программной траектории, а также расчетного значения параметра отклонения от текущих параметров движения летательного аппарата являются развитием решения задачи быстродействия на основе принципа максимума Понтрягина.

В качестве теоретического развития предложены постановка и решение задачи Дубинса для одной пространственной и одной угловой координаты.

Предложенные алгоритмы составляют основу программного комплекса NAVDAT, который обеспечивает навигационную поддержку пилота в процессе аэрогеофизической съемки и решение сопутствующих задач. В том числе:

- прием информации от всех источников данных, включая навигационное оборудование;
- регистрацию всей бортовой информации для последующей камеральной обработки;
- подготовку информации для пилота.

Алгоритмы реализованы в виде программного обеспечения, которое 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).

Использование системы NAVDAT позволило:

- обеспечить среднеквадратичное значение ошибки бокового отклонения на дистанции порядка 1000 погонных километров съемки на уровне 2 – 3 м;
- обеспечить предельно низкие потери летного времени – в среднем 1– 1.5 минуты в режиме захода на маршрут;
- обеспечить возможность выполнения работ на маршрутах с предельно сложным рельефом местности с превышением высоты 500 м на расстоянии 1000 м.

Публикации, апробация работы и личное участие автора в получении результатов диссертации

По теме диссертации опубликовано четыре статьи в рецензируемых научных журналах, в том числе три статьи категории К1, из них две – по специальности 2.3.1 (технические науки), две публикации в сборниках из перечня Web of Science/Scopus, семь работ в сборниках трудов и тезисов конференций. Все результаты диссертационной работы получены Гаракоевым А.М. лично.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Результаты диссертационной работы предлагается использовать:

- на производственных предприятиях, выполняющих аэрогеофизические исследования;
- при проектировании новых информационно-управляющих систем обеспечения точности работы пилотов и штурманов-съемщиков;
- в образовательном процессе вузов направленности.

Общая характеристика работы

Диссертация Гаракоева А.М. представляет существенный вклад в совершенствование средств навигационного обеспечения при аэрогеофизических исследованиях. Приведенные в работе новые подходы к технологии выполнения съемок представляют очевидный интерес для разработки программного обеспечения соответствующего плана, а также используются в производственном процессе рядом предприятий.

Замечания по диссертационной работе

Отмечая высокий уровень полученных результатов, приводим следующие замечания, возникшие при анализе текста диссертационной работы:

1. В разделах 1.2 – 1.3 приведен обзор существующих систем навигационной поддержки, однако не приведена оценка эффективности их применения, недостаточно полно рассмотрены особенности применительно к задачам аэрогеофизической съемки.
2. Отсутствует ясное обоснование выбора вида передаточной функции в формуле (3.1). Не понятно, почему выбран именно второй порядок знаменателя.
3. На стр. 68 изложены причины большой разницы в коэффициентах модели для самолетов и вертолетов, однако они определенно являются гипотезой автора, в тексте нет четкого обоснования полученного расхождения.
4. В Главе 4 исследована возможность предоставления пилоту дополнительной управляющей информации, сформированной на основе баланса энергий, однако никак не рассмотрен вопрос оценки эффективности применения данного метода без учета изменчивости во времени базовых характеристик летательного аппарата: массы, момента инерции, а также условий полета: скорости и направления ветра, температуры и плотности воздуха и т.п.
5. Выводы к рисунку 5.11 на стр. 102 не являются столь очевидными, как утверждает автор. В аэрогеофизической практике достаточно много случаев, когда при одинаковом наборе навигационного оборудования на одном и том же воздушном судне разные пилоты обеспечивали существенно разное качество съемки. Зачастую это связано с опытом пилота, накопленным при выполнении съемки.

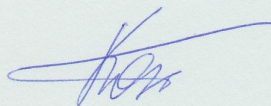
Тем не менее, приведенные замечания нисколько не снижают высокой оценки диссертационной работы Гаракоева А.М. Скорее, они являются пожеланиями для будущих исследований автора.

Заключение

Диссертация Гаракоева А.М. на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научной квалификационной работой, в которой научно обосновано разработанное математическое и алгоритмическое обеспечение системы информационной поддержки пилота, значительно повышающее эффективность аэрогеофизических комплексов применительно к решению геолого-геофизических задач, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора наук, а ее автор, Гараков Амир Мусаевич, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации» (технические науки).

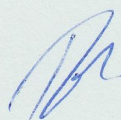
Диссертационная работа и отзыв рассмотрены на заседании научного-технического совета АО «ГНПП «Аэрогеофизика», присутствовало 10 человек, протокол №3 от 28.05.2024 г.

Исполнительный директор
АО «ГНПП «Аэрогеофизика»



О.Р. Контарович

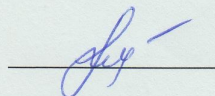
Начальник отдела ГГМ
АО «ГНПП Аэрогеофизика»



А.А. Трусов

Сведения о составителях отзыва верны, личные подписи составителей заверяю:

начальник отдела кадров



Л.В. Гассан

Акционерное общество «Геофизическое научно-производственное предприятие «Аэрогеофизика»

Почтовый адрес: 125459, г. Москва, Походный проезд, д. 19

вебсайт: <http://www.aerogeo.ru>

телефон: +7 495 738 77 77

электронный адрес: agp@aerogeo.ru



АО «ГНПП «Аэрогеофизика»: 119049, г. Москва, ул. Мытная, д. 22, стр. 1, офис 6.
Почтовый адрес: 125373, г. Москва, Походный проезд, д. 19
Тел: +7 (495) 738-77-77, +7 (495) 738-78-88; agp@aerogeo.ru; www.aerogeo.ru.

Исх. № 79 от 02.04.2024 г.

Заместителю директора по научной работе, председателю
диссертационного совета 24.1.107.01
при ФГБУН Институте проблем управления РАН
С.А. Красновой
117997, Москва, ул. Профсоюзная, 65

Уважаемая Светлана Анатольевна!

В ответ на исх. № 80/1134 от 01.04.2024 сообщаем, что Акционерное общество «Геофизическое научно-производственное предприятие «Аэрогеофизика» дает согласие выступить в качестве ведущей организации по диссертации Гаракоева Амира Мусаевича на тему «Разработка математического и алгоритмического обеспечения системы информационной поддержки пилота в процессе аэрогеофизической съемки», представленной в диссертационный совет 24.1.107.01 при ИПУ РАН для защиты на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» (технические науки).

Приложение:

- Сведения о ведущей организации по диссертационной работе (Приложение 1).

Директор

Р.С. Контарович