

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** 24.2.327.03

**Соискатель:** Мокрова Мария Игоревна

**Тема диссертации:** «Повышение эффективности мониторинга пожарной обстановки с использованием беспилотного летательного аппарата на основе адаптивного алгоритма»

**Специальность:** 2.3.1. – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)»

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:**

На заседании 22 декабря 2022 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, установленным Положением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, и принял решение присудить Мокровой Марии Игоревне ученую степень кандидата технических наук.

**Присутствовали:** председатель диссертационного совета В.В. Малышев, заместитель председателя диссертационного совета М.Н. Красильщиков, ученый секретарь диссертационного совета А.В. Старков, члены диссертационного совета: В.Т. Бобронников, В.А. Воронцов, В.Н. Евдокименков, А.В. Ефремов, А.И. Кибзун, Д.А. Козорез, М.С. Константинов, С.Н. Падалко, В.Г. Петухов, В.Н. Почукаев, Ю.Н. Разумный, Г.Г. Райкунов, В.В. Родченко, Г.Г. Себряков, Ю.В. Тюменцев, А.В. Шаронов

Ученый секретарь диссертационного совета

24.2.327.03, д.т.н., доцент

 А.В. Старков

Начальник отдела УДО МАИ  
Т.А. Анкина



## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.03**

созданного на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
(МАИ)

**по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 22.12.2022 г., протокол № 22

О присуждении **Мокровой Марии Игоревне**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение эффективности мониторинга пожарной обстановки с использованием беспилотного летательного аппарата на основе адаптивного алгоритма» по специальности 2.3.1. – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)» принята к защите «20» октября 2022, протокол № 15, диссертационным советом 24.2.327.03 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ, Московский авиационный институт), 125993, Москва, Волоколамское шоссе, 4, приказ о создании совета № 105/нк от 11.04.2012 г.

**Соискатель**, Мокрова Мария Игоревна, «05» июня 1992 года рождения. В 2016 г. окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», освоила программу специалитета по специальности 160601 «Прицельно-навигационные системы летательных аппаратов» и успешно прошла государственную итоговую аттестацию. Решением Государственной экзаменационной комиссии присвоена квалификация инженер. В 2021 году окончила обучение в аспирантуре по направлению подготовки 09.06.01 – «Информатика и вычислительная техника» (диплом об окончании аспирантуры 107718 1178940, регистрационный номер 2021/70-0108Д от 08 июля 2021 г.).

В период подготовки диссертации соискатель Мокрова Мария Игоревна работала на кафедре «Информационно-управляющие комплексы летательных аппаратов» МАИ в должности ассистента. В настоящее время соискатель продолжает свою деятельность в должности ассистента кафедры «Информационно-управляющие комплексы летательных аппаратов» МАИ.

Диссертация выполнена в МАИ на кафедре «Информационно-управляющие

комплексы летательных аппаратов» института №7 «Робототехнические и интеллектуальные системы».

**Научный руководитель** – доктор технических наук, доцент, проректор по учебной работе, профессор кафедры «Информационно-управляющие комплексы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Козорез Дмитрий Александрович.

**Официальные оппоненты:**

1. Холостов Александр Львович – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Специальной электротехники автоматизированных систем и связи» ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России».

2. Пащенко Василий Николаевич – гражданин Российской Федерации, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Мехатроника и робототехнические системы» КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Все оппоненты дали положительные отзывы о диссертации.

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова (БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова), г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, обсужденном и одобренном на совместном научно-техническом семинаре кафедр И4 – Радиоэлектронные системы управления и И9 – Систем управления и компьютерных технологий (протокол №1/22 от 28 ноября 2022 г.), подписанном заведующим кафедрой «Радиоэлектронные системы управления», доктором технических наук, профессором С.Ю. Страховым, доцентом кафедры «Систем управления и компьютерных технологий», кандидатом технических наук, доцентом В.Ю. Емельяновым и утвержденным ректором Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, доктором технических наук, профессором К.М. Ивановым, указала, что диссертационная работа Мокровой М.И. является научно-квалификационной работой, содержащей научно-обоснованные технические решения, которые позволяют повысить эффективность операции мониторинга пожарной обстановки за счет управления высотой полета БПЛА, а также адаптивной предварительной обработки изображений, получаемых на борту БПЛА. Внедрение данных решений позволит повысить эффективность использования авиационного мониторинга в чрезвычайных ситуациях, а также автоматизировать управление БЛА при выполнении таких операций. Диссертация Мокровой М.И. написана единолично, содержит ряд результатов, представляющих научную новизну. Предлагаемые в

работе решения и выводы доказаны, апробированы и проанализированы. Мокрова Мария Игоревна достойна присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Соискатель имеет 24 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 24 работы, включающих 3 статьи опубликованных в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК Минобрнауки РФ, 8 работ в изданиях, индексируемых в международной реферативной базе данных SCOPUS. Наиболее значимыми научными работами по теме диссертации являются:

**Статьи в рецензируемых журналах перечня ВАК:**

1. Ким Н.В., Михайлов Н.А., Мокрова М.И. Авиационный поиск наземных объектов в сложных условиях наблюдения // Научно-технический журнал СТИН 02'2020. М.: Редакция журнала «СТИН», 2020, сс. 14-17. (3с. авт., №1009, перечень ВАК МРБД от 12.04.2022)

Представлены результаты системного анализа комплекса авиационного мониторинга на базе беспилотных летательных аппаратов и алгоритм выбора оптимальной высоты полета в сложных условиях наблюдения, таких как задымление, туман, сумерки.

2. Ким Н.В., Мокрова М.И., Полянский В.В. Организация согласованной работы манипулятора и системы технического зрения робота // Научно-технический журнал СТИН 09'2021. М.: Редакция журнала «СТИН», 2021, сс. 2-5. (1 с. авт., №1009, перечень ВАК МРБД от 12.04.2022)

Рассмотрена задача повышения эффективности применения автономных сервисных роботов за счет согласованной работы манипуляторов и бортовой системы технического зрения (СТЗ) при выполнении операций с различными объектами. Представлена методика реализации согласованного функционирования СТЗ и манипулятора, включающая оценку положения объекта интереса относительно робота и алгоритм планирования управлений манипулятором с учетом полученных оценок.

3. Мокрова М.И. Исследование влияния сложных условий пожарной обстановки на качество наблюдения и безопасность полёта БЛА // Известия ЮФУ. Технические науки, №1(218), 2021, сс.112-124. (13 с. авт., №1091, перечень ВАК по состоянию на 22.12.2020)

Проведен анализ эффективности перспективных методов предварительной обработки изображений с целью дальнейшего распознавания объектов, а также предложен способ учета показателей эффективности системы мониторинга пожарной обстановки для решения задачи оптимизации выбора высоты полета БЛА.

**Статьи в журналах, индексируемых в иностранных библиографических и реферативных базах данных (SCOPUS, Web Of Science):**

1. Evdokimenkov V.N., Kim N.V., Kozorez D.A., Mokrova M.I. Control of unmanned aerial vehicles during fire situation monitoring // INCAS Bulletin, Volume 11, Special Issue / 2019, pp. 66-73. (5 с. авт., Scopus)

2. Kim N.V., Mokrova M.I., Mikhailov N.A. Control of an UAV for Fire Monitoring // Proceedings - International Conference on Developments in eSystems Engineering, DeSE. – Kazan, Russia:IEEE, 2019, October-2019, pp. 60-63. (2 с. авт., Scopus)

3. Kim N.V., Mokrova M.I., Mikhailov N.A. Drone Searches in Challenging Conditions // ISSN 1068-798X, Russian Engineering Research, 2020, Vol. 40, No. 7, pp. 583–585. (2 с. авт., Scopus)

4. Polyansky V.V., Bodunkov N.E., Mokrova M.I. Creating a Technology for Synthesizing Mechatronic Devices and VR Systems // 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), 2020, pp. 1-6. (2,5 с. авт., Scopus)

5. Bodunkov, N.E., Polyansky, V.V., Kim, N.V., Mokrova, M.I. Preparing the guide robot to operation // Proceedings - International Conference on Developments in eSystems Engineering, DeSE. – Kazan, Russia:IEEE, 2020, 2020-December, pp. 146–151. (3 с. авт., Scopus)

6. Mokrova M.I., Kotelnikov I.K. Monitoring of the Earth's surface in conditions of low visibility // 2021 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), 2021, pp. 1-6. (5 с. авт., Scopus)

7. Kozorez, D.A., Mokrova, M.I., Kim, N.V. Formation and research of UAV safety models and observability of objects when monitoring the fire setting // Journal of Physics: Conference Series, 2021, 1958(1). (4 с. авт., Scopus)

8. Kim, N.V., Mokrova, M.I., Polyanskii, V.V. Coordinating the Operation of a Robot's Manipulator and Vision System // Russian Engineering Research, 2021, 41(12), pp. 1189–1192. (2 с. авт., Scopus)

**В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты, представленные в диссертации.**

**На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы:**

**1) Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, ведущая организация. Отзыв положительный.**

Замечания по диссертационной работе:

1. В тексте диссертации отсутствуют сведения об организации летного эксперимента. Информацию о его задачах, методике проведения, условиях, в которых получены результаты удалось получить только из ответов автора при обсуждении доклада.

2. Очевидно, что разные типы беспилотных летательных аппаратов в разной степени подвержены воздействию рассмотренных в работе экстремальных факторов, а также характеризуются разными динамическими свойствами как объекты управления. К сожалению, в работе не указано, на какой конкретно тип БПЛА ориентированы предложения автора.

3. Необходимо отметить чрезмерно расширенную трактовку автором понятия «полунатурное моделирование», что, впрочем, не опровергает оценки достоверности полученных результатов.

4. В работе не приводятся результаты анализа средств системы технического зрения, располагаемых на борту БПЛА, и влияния их характеристик на работу предлагаемого алгоритма.

5. Предложенный автором работы подход к выбору оптимальной высоты полета БПЛА предполагает наличие на борту цифровой карты местности с нанесенными высотами насаждений, но в работе не представлены требования к точности карт.

6. Желательно было бы видеть оценки бортовых вычислительных ресурсов БПЛА, необходимых для хранения цифровой карты местности и реализации всех предлагаемых вычислительных процедур.

7. Адаптивный алгоритм мониторинга пожарной обстановки представлен в тексте укрупненной схемой. Словесная детализация блоков алгоритма вместе с распределенными по тексту без соответствующих ссылок расчетными процедурами затрудняют его полноценное восприятие.

8. В материалах диссертации отсутствуют сведения о внедрении ее результатов.

9. В тексте диссертации не выделен подраздел 1.1 и выводы по первой главе. Впрочем, автор видимо не предусматривает разницы между терминами «глава», «раздел» и т.п. Выводы по второй и третьим главам отсутствуют.

10. Текст диссертации содержит стилистические погрешности и необоснованные отклонения от ГОСТ на отчет о научно-исследовательской работе или общепринятых правил оформления научно-технических текстов.

**2) Холостов Александр Львович**, официальный оппонент, доктор технических наук, доцент. **Отзыв положительный**, заверен начальником отдела кадров Академии ГПС МЧС России полковником вн. службы И.А. Казариновой.

В качестве замечаний по диссертации следует отметить следующее.

1. На стр. 13 приводятся статистические данные о количестве пострадавших и погибших на пожарах без ссылки на источник этих данных. Кроме того, количество погибших на 1 млн. населения приведено за период 2003-2014 гг.

2. Не рассмотрено влияние тепловых потоков от пожара на положение и возможные колебания летательного аппарата, а, следовательно, и на четкость получаемого изображения.

3. Не описан процесс изменения высоты полета беспилотного летательного аппарата при необходимости ее корректировки во время перехода на исследуемой территории от одного участка к другому.

4. Не рассматривается вариант четкости изображения и, как следствие, улучшения распознавания за счет применения камеры с более высоким разрешением.

5. Для адаптивного алгоритма (стр. 84) представлена схема работы (рис. 2.34), но нет подробного описания. На стр. 83 описывается только принцип адаптивности этого алгоритма, а на стр. 77-81 приводятся только примеры расчетов по аналитическим зависимостям, используемым в этом алгоритме. Кроме того, на алгоритме в блоке условия отсутствуют надписи выполнения или невыполнения условия.

6. В тексте диссертации присутствуют отдельные смысловые и текстовые неточности, наиболее существенные из которых на стр. 13, 15, 34, 65, 74, 99.

**3) Пашенко Василий Николаевич**, официальный оппонент, кандидат технических наук, доцент. **Отзыв положительный**, заверен заместителем директора по научно-исследовательской работе, заведующим кафедрой ИУК5 «Системы обработки информации», к.ф.-м.н., доцентом Е.В. Вершинин.

Ниже перечислены замечания, которые возникли в процессе знакомства с диссертационной работой Мокровой М.И.

1. В работе указывается, что производственные правила для выбора параметров математических моделей наблюдаемости объектов и безопасности полета БЛА, учитывающие условия пожарной обстановки, могут пополняться и расширяться за счет включения в них дополнительных параметров. Однако, пошаговое описание методики расширения и дополнение этих производственных правил в работе отсутствует.

2. Совершенно точно, что канал высоты наиболее сложный при управлении БЛА оператором для его выбора. Однако, при мониторинге оператор имеет возможность визуально оценивать степень опасности пожара для аппарата. В работе отсутствует анализ повышения эффективности за счет использования предложенного алгоритма относительно управления высотой БЛА оператором.

3. В работе не приводится никакой экономической оценки применения предлагаемого подхода. Однако, достижение цели диссертационного исследования предполагалось при минимизации ущерба, которая в последствии оценена лишь с точки зрения обнаружения объектов интереса.

4. В тексте диссертации присутствуют отдельные смысловые и текстовые неточности, наличие которых осложняет целостное восприятие материалов диссертационной работы.

**4) Федеральное автономное учреждение «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан начальником лаборатории, к.т.н. В.А. Штодой и заверен ученым секретарем учреждения С.М. Мужичеком.

В качестве замечаний по автореферату диссертационной работы необходимо отметить следующие:

1. В диссертации, судя по автореферату, не определены рамки проводимого исследования.

2. В автореферате диссертации отсутствует информация о внедрении (практическом использовании) результатов выполненных исследований.

3. Для расчета оптимальной высоты полета автором по умолчанию предполагается наличие на борту цифровой карты местности, с учетом имеющейся на ней растительности. Однако, не указано, с какой точностью должна быть детализирована информация, нанесенная на карту. Не описано какая именно карта имеется в виду, с точки зрения источника информации.

4. Из автореферата диссертации не ясно, каким образом получена расчетная зависимость для высоты полета БПЛА (формула 8), а также как осуществляется выбор нормированных коэффициентов ранжирования.

**5) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН**», отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан старшим научным сотрудником лаб. № 45 «Оптимальных управляемых систем им. В.Ф. Кротова», к.ф.-м.н. К.А. Царьковым и заверен главным научным сотрудником лаборатории 57, д.т.н., профессором А.Ю. Заложневым.

Недостатки работы:

- не учтены особенности динамики БПЛА, связанные с его движением в горизонтальной плоскости;
- не учтены ограничения на управление, накладываемые характеристиками маневренности аппарата.

**6) Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина", отзыв на автореферат. Отзыв положительный, подписан руководителем направления «Мехатроника и робототехника», доцентом кафедры информационно-измерительной и биомедицинской техники, к.т.н. С.А. Голем и заверен ученым секретарем Ученого совета, к.ф.-м.н., доцентом К.В. Бухенским.**

К работе имеются следующие замечания:

- автор говорит о том, что предлагаемый алгоритм можно интерпретировать как адаптивный, однако из автореферата не понятно, как автоматически определяется пожарная обстановка. Сам классификатор, входящий в функциональную схему алгоритма (рис. 3), не раскрыт в автореферате;
- учитывая пространство подбираемых эмпирических коэффициентов, входящих в формулу составного критерия (8), целесообразно было рассмотреть для решения поставленной задачи конкурирующий подход на основе нечеткой логики.

**7) Московское опытно-конструкторское бюро «Марс», отзыв на автореферат. Отзыв положительный, подписан научным руководителем МОКБ «МАРС»-филиал ФГУП «ВНИИА», д.т.н. В.Н. Соколовым.**

Вместе с тем, следует отметить ряд замечаний, которые возникли в процессе знакомства с авторефератом:

1. Автор в процессе управления высотой БЛА не учитывает воздействие струйного ветра, а также турбулентность атмосферы, объективно порождаемую тепловыми потоками в условиях пожара. Применительно к БЛА малого и среднего класса упомянутые факторы могут оказывать существенное дестабилизирующее воздействие.

2. В автореферате не раскрыта методика проведения имитационного моделирования, недостаточно полно представлены результаты проведенных исследований, в частности, летных экспериментов. Не конкретизируется тип БЛА, использованный в качестве прототипа.

3. Отсутствует оценка требуемых вычислительных ресурсов на борту БЛА для реализации разработанных алгоритмов, в том числе при использовании бортовых вычислителей, созданных на отечественной элементной базе.

**8) Акционерное общество «Государственное машиностроительное конструкторское бюро «Вымпел» им. И.И. Торопова», отзыв на автореферат. Отзыв положительный, подписан директором научно-исследовательского и летно-испытательного центра, д.т.н. М.Н. Правидло, начальником бригады А.А. Голдовским, инженером-математиком 3 категории Д.А. Дуняшевым, заверен**

заместителем генерального директора по безопасности и кадрам И.П. Зайцевым и утвержден заместителем генерального директора по НИОКР, к.т.н. А.Н. Беляевым.

Вместе с тем, представленный на рецензию автореферат дает основание для замечаний к выполненной диссертационной работе, наиболее существенными из которых являются следующие:

— математическая модель пожарной обстановки не учитывает емкость батареи БЛА и энергозатраты при его маневре, что, помимо рассмотренных параметров, также оказывает влияние на безопасность его полета;

— судя по автореферату, переход от алгоритма выбора высоты к алгоритму выбора метода предварительной обработки изображения отражен неполно, что затрудняет понимание последовательности решения задачи.

**9) Акционерное общество научно-производственное объединение «Мобильные Информационные Системы», отзыв на автореферат. Отзыв положительный,** подписан заместителем генерального директора – главного конструктора, д.т.н., доцентом В.А. Андросовым, начальником отдела научно-исследовательских работ, к.т.н., доцентом К.В. Епишиным и утвержден генеральным директором – главным конструктором Д.В. Сухомлиновым.

Однако следует выделить вопросы, возникшие при изучении представленного к отзыву автореферата:

1. Для обоснования эффективности разработанных алгоритмов автор приводит в автореферате результаты эксперимента с моделью наблюдаемости ОИ. Однако, из реферата не ясно, какие эксперименты проводились с моделью безопасности полета БЛА.

2. При описании эмпирических моделей (формулы 1-3) не указан интервал значений эмпирических коэффициентов  $h_a$ ,  $h_s$ , что приводит к трудности их восприятия. Судя по обозначению, речь идет о приведенных высотах.

3. В выражении общего критерия потерь при мониторинге (формула 8), полученного раскрытием формулы (4) с использованием формул (2) и (3), в слагаемых правой части уравнения перепутаны местами индексы « $a$ » и « $s$ ».

**10) Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет», отзыв на автореферат. Отзыв положительный,** подписан зав. кафедрой «Системы автоматического управления», д.т.н., проф. О.В. Горячевым и заверен начальником отдела кадров Смирновой О.И., проректором по научной работе М.С. Воротилиным.

Замечания и вопросы:

– из изложенного в автореферате описания алгоритма обследования местности, охваченной пожаром, остается неясным, как происходит

переход между областями пожара различного класса, а в частности, каким образом осуществляется изменение высоты полета БЛА;

- из приведенных на рис. 6 графиках не ясно, какие параметры менялись и в чем разница между графиками, в результате по ним сложно оценить информацию, которую хочет донести автор. Также в описании совсем не указано, что изображено на рис. 6(б).

**11) Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского»,** отзыв на автореферат. **Отзыв положительный,** подписан директором проектного комплекса «Ситуационное моделирование и интегрированные системы авиационных комплексов», д.т.н. Н.Б. Топоровым и утвержден первым заместителем генерального директора, д.т.н., профессором В.С. Шапкиным.

Несмотря на высокое качество проделанной М.И. Мокровой работы, эта работа не лишена некоторых недостатков:

1. В работе не рассматривается групповое применение БЛА, и соответственно не оценена эффективность разработанного адаптивного алгоритма при его применении.

2. В работе не отражена применимость алгоритма при использовании камер разных частотных диапазонов наблюдения.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается наличием большого числа публикаций в предметной области, непосредственно связанной с темой диссертационного исследования, профессиональной компетентностью, практическим опытом проектирования систем управления пилотируемыми и беспилотными летательными аппаратами, навыками решения задач навигации и управления на основе обработки изображений. Таким образом, специалисты, выбранные в качестве официальных оппонентов, и специалисты, представляющие ведущую организацию, обладают необходимыми компетенциями в области, соответствующей специальности 2.3.1. – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)» и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Ведущая организация БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова является авторитетной научно-учебной организацией в области аэрокосмических технологий, объединяющей специалистов, обладающей высокой научной квалификацией в вопросах, связанных с темой диссертационной работы. При непосредственном участии специалистов БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова реализованы фундаментальные и прикладные научные проекты в области создания информационных и управляющих систем летательных аппаратов, проектирования

робототехнических комплексов различного целевого назначения, в том числе робототехнических комплексов воздушного базирования.

Заключение по диссертационной работе обсуждено и подписано учеными, которые непосредственно занимаются вопросами, связанными с разработкой ситуационных моделей исследования применения летательных аппаратов и критериев их эффективности, исследованиями динамики движения ЛА, обработкой полетной информации в интересах решения задач навигации и управления. Они являются авторитетными специалистами в области перспективных методов обработки информации и компьютерных технологий.

Холостов Александр Львович – автор более 90 работ, книг, пособий и монографий. Под его руководством проводятся исследования по повышению оперативности реагирования на пожары и чрезвычайные ситуации техногенного характера подразделениями федеральной противопожарной службы.

Пащенко Василий Николаевич – автор более 70 научных трудов, автор 30 книг и пособий, имеются патенты на изобретение. Руководит работами в области разработки систем управления автоматическими и автоматизированными системами, проводит исследования, связанные с искусственным интеллектом, обработкой изображений и созданием программ и программно-аппаратных комплексов, баз данных. Проводит производственные испытания в промышленности, в том числе оборонной, ракетно-космической, энергетике, транспорте, медицине.

Таким образом, специалисты, представляющие ведущую организацию, и привлеченные в качестве официальных оппонентов, в совокупности обладают необходимыми компетенциями в области научных проблем, определенных специальностью 2.3.1. – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)».

**В дискуссии приняли участие:**

Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, шифр специальности в совете
Тюменцев Юрий Владимирович	д.т.н., 2.3.1.
Райкунов Геннадий Геннадьевич	д.т.н., 2.5.16.
Ефремов Александр Викторович	д.т.н., 2.5.16.
Воронцов Виктор Александрович	д.т.н., 2.5.16.
Малышев Вениамин Васильевич	д.т.н., 2.5.16.
Евдокименков Вениамин Николаевич	д.т.н., 2.3.1.
Ким Николай Владимирович	к.т.н.
Бобронников Владимир Тимофеевич	д.т.н., 2.3.1.
Старков Александр Владимирович	д.т.н., 2.5.16.

Диссертационный совет отмечает, что тема и содержание диссертационной работы соответствует паспорту специальности 2.3.1. – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)». Оформление диссертации и автореферата соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней и ГОСТ Р 7.0.11 2011 «ДИССЕРТАЦИЯ И АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ. Структура и правила оформления»

Диссертационный совет отмечает, что **наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем**, могут быть сформулированы следующим образом:

1. Разработана математическая модель, позволяющая обеспечить приемлемый компромисс между противоречивыми по своей природе требованиями при проектировании беспилотной авиационной системы мониторинга пожарной обстановки.

2. На основе разработанной модели сформирован критерий эффективности беспилотной авиационной системы мониторинга пожарной обстановки, позволяющий учесть факторы, существенным образом влияющие на достоверность обнаружения объектов интереса в очаге пожара и безопасность полета беспилотного летательного аппарата. Наличие подобного критерия позволило реализовать алгоритм оперативного выбора высоты полета беспилотного летательного аппарата.

3. Разработан алгоритм, основанный на анализе шумов на изображении и адаптации метода предварительной обработки к условиям, при которых получено исследуемое изображение.

4. Получены результаты летных экспериментов по исследованию влияния характеристик пожара на показатели эффективности системы беспилотной авиационной системы мониторинга пожарной обстановки, позволившие также подтвердить эффективность разработанной адаптивной системы.

**Новизна полученных результатов** заключается в разработке адаптивной системы мониторинга пожарной обстановки с использованием системы технического зрения, располагаемой на беспилотном летательном аппарате. Существенно новым элементом разработанной системы является блок оперативного определения оптимальной высоты полета, обеспечивающий компромисс между требованием безопасности полета беспилотного летательного аппарата в очаге пожара и требованием достоверного обнаружения объектов интереса.

**Теоретическая значимость** материалов диссертационной работы заключается в модификации существующих методов выбора высоты полета БЛА над местностью с учетом экстремальных условий полета, объективно

возникающих в очаге пожара. В основе такой модификации лежит предложенный в диссертационной работе критерий, учитывающий наиболее значимые источники возможных потерь, а также адаптивный алгоритм, допускающий возможность использования различных методов предварительной обработки изображений в зависимости от текущих условий наблюдения.

**Практическая значимость** работы заключается в расширении возможностей авиационного мониторинга пожарной обстановки за счет использования беспилотного летательного аппарата, оснащенного специализированной системой технического зрения. При этом, реализация на борту БЛА разработанного алгоритма оперативной оптимизации высоты полета и адаптивного алгоритма предварительной обработки изображения наблюдаемой сцены обеспечивает необходимый уровень безопасности полета БЛА и достаточную достоверность обнаружения объектов интереса в сложных условиях, возникающих в очаге пожара.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается следующими актами о внедрении результатов диссертации:

1. Акт о практическом использовании результатов диссертационной работы в Федеральном автономном учреждении Государственном научном центре «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» (ФАУ ГосНИИАС). Настоящий акт подтверждает, что материалы, представленные в диссертационной работе Мокровой М.И., использованы в работах, проводимых в рамках исследований в области беспилотных летательных аппаратов в условиях их одиночного и группового применения при решении оборонных и гражданских задач, в том числе в операциях поиска и обнаружения наземных объектов при наличии в районе целевого применения зон, закрытых для пролета и источников потенциальной угрозы.

2. Акт о внедрении результатов диссертационной работы в учебный процесс Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». Установлено, что следующие результаты диссертационной работы внедрены и используются в учебном процессе для подготовки студентов по специальности 24.05.05 «Интегрированные системы летательных аппаратов»:

1) алгоритмы выбора оптимальной с точки зрения минимума критерия эффективности мониторинга высоты полета БЛА;

2) адаптивный алгоритм предварительной обработки изображений, принимаемых на борту БЛА, на основе анализа гистограммы.

**Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию** в организациях, осуществляющих проведение исследований в области управления беспилотными летательными аппаратами, таких как ФАУ ГосНИИАС, МАИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, а также профильных организациях МЧС России, использующих средства авиационного мониторинга.

**Оценка достоверности результатов исследования** выявила, что основные положения диссертации опираются на современный математический аппарат и согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации. Соискателем разработаны и используются корректные математические модели и алгоритмы. В рамках исследования автором грамотно применены общие и специальные методы обработки информации, анализа и синтеза сложных технических систем, в том числе метод математического моделирования.

**В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания:**

1) из представленного доклада неясно, какая именно модель беспилотного летательного аппарата и каковы характеристики системы технического зрения, установленной на борту, предусмотрены для использования данного алгоритма;

2) в работе не рассмотрена возможность использования разработанного алгоритма для поиска объектов интереса в условиях задымления результатов съемок в инфракрасном спектральном диапазоне;

3) в работе не изложена методика выбора коэффициентов ранжирования потерь в предлагаемом скалярном критерии.

Соискатель Мокрова М.И. ответил на задаваемые вопросы и привел собственную аргументацию:

1) представленные в работе математические модели допускают адаптацию под любой тип летательного аппарата за счет соответствующего выбора коэффициентов, используемых в них. Иными словами, полученные результаты могут быть применены к ЛА с различными характеристиками, так как разработанные алгоритмы универсальны относительно типа аппарата;

2) получение изображений предусматривается только в видимом диапазоне, так как при пожаре использование инфракрасного диапазона для поиска объектов интереса является не информативным в связи с нагреванием почвы и объектов до температур, дающих примерно равный уровень яркостей на ИК-изображении, что делает обнаружение и распознавание невозможным;

3) выбор нормированных коэффициентов, позволяющих учитывать приоритет потерь, может осуществляться лишь непосредственно перед проведением операции, на этапе закладки полетного задания, так как значительным образом зависит от вида объекта поиска и модели используемого аппарата, т.е. возлагается на эксперта службы, эксплуатирующей данный БЛА.

