

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.03

Соискатель: Ермаков Павел Григорьевич

Тема диссертации: Разработка алгоритмов для обеспечения безопасной посадки беспилотного вертолета на необорудованную площадку

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

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 04 декабря 2025 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 Ермакову Павлу Григорьевичу 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, А.И. Болкунов, В.А. Воронцов, В.Н. Евдокименков, А.В. Ефремов, С.Ю. Желтов, К.А. Занин, Д.А. Козорез, М.С. Константинов, А.В. Ненарокомов, С.Н. Падалко, В.Г. Петухов, Г.Г. Райкунов, К.И. Сыпало, Ю.В. Тюменцев.

Ученый секретарь диссертационного совета
24.2.327.03, д.т.н., доцент

Проректор по научной работе, д.т.н., доцент

 А.В. Старков

А.В. Иванов

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 04.12.2025 г., протокол № 28

О присуждении **Ермакову Павлу Григорьевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка алгоритмов для обеспечения безопасной посадки беспилотного вертолета на необорудованную площадку» по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки) принята к защите «02» октября 2025 г., протокол № 14, 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, Ермаков Павел Григорьевич, «01» мая 1998 года рождения. В 2022 г. окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по специальности 24.05.05 «Интегрированные системы летательных аппаратов» (диплом специалиста 107718 1252034) с присвоением квалификации инженер. В 2025 году окончил обучение в очной аспирантуре в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки) (свидетельство об окончании аспирантуры 107704 0002965, регистрационный номер 2025/СА - 005 от 07 июля 2025 г.).

В период подготовки диссертации и по настоящее время соискатель Ермаков Павел Григорьевич работает в Федеральном автономном учреждении

«Государственный научно – исследовательский институт авиационных систем» в должности инженера подразделения 3000.

Диссертация выполнена на кафедре «Информационно-управляющие комплексы летательных аппаратов» института №7 «Робототехнические и интеллектуальные системы» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационно-управляющие комплексы летательных аппаратов» МАИ Евдокименков Вениамин Николаевич.

Официальные оппоненты:

1. Гайденов Андрей Викторович – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник Общества с ограниченной ответственностью «Инновационные технологии и решения» (ООО «Инновационные технологии и решения»).

2. Чобан Василий Мильевич – гражданин Российской Федерации, кандидат технических наук, директор – главный конструктор НИЦ функционального развития винтокрылых летательных аппаратов Акционерного общества «Национальный центр вертолетостроения им. М.Л. Миля и Н.И. Камова» (АО «НЦВ Миля и Камова»).

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 на заседании кафедры «Динамика и управление полетом летательных аппаратов» (протокол № 4 – А5 от 06.11.2025 г.), подписанном заведующим кафедрой «Динамика и управление полетом летательных аппаратов», кандидатом технических наук И.Л. Петровой, профессором кафедры «Динамика и управление полетом летательных аппаратов», доктором технических наук Толпегиним О.А., заверенным ученым секретарем ученого совета, доктором технических наук М.С. Смирновой и утвержденным проректором по научной работе и инновационному развитию, кандидатом технических наук, А.В. Вороновым, указала, что диссертационную работу Ермакова П.Г. можно квалифицировать как научно-квалификационную работу, в которой содержится технически обоснованное решение научной задачи по разработке алгоритмов, позволяющих обеспечить безопасную посадку беспилотного вертолета на необорудованную площадку, а также что диссертационная работа

Ермакова П.Г. соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, а ее автор Ермаков Павел Григорьевич достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Соискатель имеет 19 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 15 работ, включающих 4 статьи опубликованных в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК Минобрнауки РФ, 2 работы в рецензируемых изданиях, которые входят в международные реферативные базы данных Перечня ВАК-МРБД, 3 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

Статьи в рецензируемых журналах из перечня ВАК, соответствующие специальности 2.3.1.:

1. Ермаков П.Г., Евдокименков В.Н., Гоголев А.А. Определение угла наклона необорудованной посадочной площадки беспилотного воздушного судна вертолетного типа на основе информации цифровой карты местности // Труды МАИ. – 2023. – № 132. (15 с. авт., категория К1, № 2825, Перечень ВАК от 25.11.2025 г.). Личный вклад автора заключается в разработке алгоритма вычисления оптимальной оценки угла наклона посадочной площадки на основе данных цифровой карты местности (ЦКМ) с использованием метода наименьших квадратов.

2. Евдокименков В.Н., Ермаков П.Г., Гоголев А.А. Построение оптимального маршрута облета необорудованных вертодромов // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2023. – № 12. – С.3 -10. (5 с. авт., категория К2, № 528 Перечень ВАК от 25.11.2025 г.). Личный вклад автора заключается в разработке алгоритма формирования оптимального маршрута облета участков местности для поиска площадки, пригодной для посадки, на основе решения задачи целочисленного математического программирования.

3. Ермаков П.Г. Статистическая обработка данных бортовых навигационных систем беспилотного воздушного судна вертолетного типа при осуществлении посадки // Труды МАИ. – 2024. – № 138. (25 с. авт., категория К1, № 2825, Перечень ВАК от 25.11.2025 г.).

4. Ермаков П.Г. Задача многокритериальной оптимизации выбора необорудованного вертодрома // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2024. – № 6. – С.191 – 201. (11 с. авт., категория К2, № 1387, Перечень ВАК от 25.11.2025 г.).

Статьи в периодических изданиях, которые входят в международные реферативные базы данных Перечня ВАК-МРБД:

1. Евдокименков В.Н., Ермаков П.Г., Гоголев А.А. Оперативное управление беспилотным вертолетом для обеспечения экстренной безопасной посадки на необорудованную площадку // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. –2024.— № 3.— С. 169-182. (англ.) Evdokimenkov V.N., Gogolev A.A. and Ermakov P.G. Operational Control of an Unmanned Helicopter to Ensure an Emergency Safe Landing on an Unequipped Pad // Journal of Computer and Systems Sciences International. 2024. vol. 63. no. 3. pp. 521 – 533. (9 с. авт., № 667/128 Перечня ВАК–МРБД от 31.12.2023 г., список RSCI 1555 - 6530, 1064 - 2307, Q3, Scopus, WoS). Личный вклад автора заключается в разработке моделей и алгоритмов для осуществления посадки беспилотного вертолета на неподготовленную площадку.

2. Гоголев А.А, Ермаков П.Г. Алгоритм комплексирования данных бесплатформенной инерциальной навигационной системы малых беспилотных летательных аппаратов // СТИН. –2022.— № 7. (англ.) Gogolev A.A., Ermakov P.G. Algorithm for Integrating Data from the Autonomous Inertial Navigation Systems of Drones // Russian Engineering Research. 2022. vol.42. no. 9. pp.936– 938. (2 с. авт., № 1074/244 Перечня ВАК–МРБД от 31.12.2023 г., список RSCI 1068-798X, Q3, 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 работы не приведено доказательство статистической независимости событий при вычислении итоговой вероятности пригодности необорудованной площадки для посадки БВ с учетом требований к рельефу земной поверхности по ИКАО.

2. Не представлено сравнительного анализа нейросетевых архитектур, которые могут быть использованы для решения задачи нейросетевой классификации типа грунта необорудованной площадки.

3. В работе отсутствует анализ вычислительной эффективности алгоритма комплексирования навигационных данных БИНС и ЛВ, не рассмотрена возможность его функционирования на отечественных вычислителях.

4. В тексте работы не приводятся сведения о языке программирования (среде программирования), на котором (в которой) было написано специализированное программно-математическое обеспечение разработанных алгоритмов.

5. Некоторые иллюстративные материалы оформлены небрежно. Например, надписи на рисунках, содержащих значения высоты БВ по ЛВ, не читаются (стр. 55). Надписи на рисунках, иллюстрирующих гистограммы распределения значений угла наклона поверхности посадочной площадки на стр. 95-98 не читаются.

6. При нумерации рисунков пропущен рисунок 27, текст работы содержит рисунки 26 и 28 (стр.93 - 94).

2) Гайденков Андрей Викторович, официальный оппонент, доктор технических наук, профессор. **Отзыв положительный**, заверен генеральным директором ООО «Инновационные технологии и решения» А.В. Грозновым.

Недостатки диссертационной работы.

1. В тексте работы не упоминается вид распределения случайной ошибки ЦКМ при генерировании реализаций высот рельефа (стр. 22), которые используются для оценивания угла наклона потенциальной площадки для осуществления на нее посадки.

2. Функция потерь $C_{i,j}$ (стр. 34), используемая для вычисления вероятности пригодности вертодромов, справедлива для случая статистической независимости вероятностных мер углов наклона и неровностей посадочных площадок. В случае коррелированности указанных вероятностных мер, возможно завышение вероятности пригодности посадочных площадок.

3. Автором рассматривается только одна единственная архитектура нейронной сети для решения задачи классификации грунта. В работе нигде не производится сопоставления с другими альтернативными вариантами архитектур нейронных сетей.

4. Не приведено вычислительное время функционирования алгоритма интеграции навигационных данных БИНС и ЛВ на этапе коррекции (выражения (30)). Очевидно, что вычисление корреляционной матрицы $\tilde{R}_c$ (стр. 79) требует определенного времени. Здесь можно отметить, что и время определения аномального выброса на основе приведенного автором алгоритма (стр. 76) в данных ЛВ не указано. Ясно, что это время должно быть менее

времени дискретизации данного сенсора, чтобы не пропустить очередное значение высоты летательного аппарата по ЛВ.

5. Не рассмотрены ограничения в работе георадара при оценке типа грунта по прочности, вызванные случайными ошибками ЦКМ и лидара.

6. Не рассмотрен вопрос парирования влияния бокового ветра при посадке беспилотного вертолета. При эксплуатации беспилотных летательных аппаратов малого-среднего класса данная проблема носит серьезный характер.

7. Не свободна работа и от неточностей, связанных с оформлением. Надписи на рисунках эволюции высоты беспилотного вертолета по лазерному высотомеру весьма затруднительно прочитать (стр. 55). Надписи на рисунках гистограмм распределения оценки угла наклона неподготовленной площадки не читаются (стр. 95 – 98).

3) Чобан Василий Мильевич, официальный оппонент, кандидат технических наук. **Отзыв положительный**, заверен руководителем правового управления АО «НЦВ Миля и Камова» А.В. Прохоровым.

В качестве недостатков диссертации следует отметить следующие:

1. Итоговая вероятность пригодности площадки для посадки в работе вычисляется как произведение трех вероятностей, учитывающих пригодность площадки по углу наклона, по перепадам высот внутри области площадки и по перепадам высот за границей площадки. При этом автор по умолчанию полагает, что все перечисленные факторы статистически независимы. Никаких соображений, подтверждающих обоснованность этого предположения, в работе не приводится.

2. Выбор алгоритма Адама в интересах обучения нейронной сети, используемой для решения задачи классификации грунта по его плотности, недостаточно обоснован и базируется только на его достоинствах, обозначенных в открытых источниках. В работе не приводится сопоставление используемого алгоритма обучения нейронной сети с известными аналогами.

3. Не рассмотрен вопрос возможности реализации разработанных алгоритмов для обеспечения безопасной посадки беспилотного вертолета на необорудованную местность на базе отечественных вычислителей.

4. Не указаны условия проведения летных экспериментов при апробации алгоритма комплексирования навигационных данных БИНС и ЛВ.

5. В работе нет упоминания про дискретность, погрешность высотной информации выбранной для решения данной задачи ЦКМ, не проведена оценка погрешностей вычислений угла наклона площадки, неровностей рельефа площадки.

4) Акционерное общество научно-производственное объединение «Мобильные Информационные Системы», отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан начальником отдела научно-исследовательских работ, к.т.н., доцентом К.В. Епишиным, главным специалистом отдела научно-исследовательских работ, к.т.н., доцентом А.Н. Медведем и утвержден генеральным директором-главным конструктором, д.т.н. Д.В. Сухомлиновым.

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

1. В автореферате не указаны точностные характеристики используемой цифровой карты местности, которые являются определяющими при:

- разработке алгоритма планирования маршрута облета необорудованных площадок;

- определении наличия на поверхности посадочной площадки неровностей, ограничения для которых декларируются в автореферате.

2. В автореферате, при описании алгоритма нейросетевой классификации типа грунта не приведены:

- условия проведения натурного эксперимента;
- возможные аномальные значения в показаниях георадара;
- ограничения использования георадара (осадки, роса и т.п.).

3. В автореферате не представлены требования к высоте расположения георадара над поверхностью площадки для обеспечения необходимой достоверности получения результатов о прочности грунта.

5) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова» РАН, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан старшим научным сотрудником лаборатории № 80 «Киберфизических систем», к.т.н. П.М. Трефиловым и заверен ведущим инженером Л.Л. Заложневой.

Недостатки автореферата:

1. Следовало бы привести оценку вычислительной трудоёмкости алгоритма планирования маршрута.

2. Желательно уточнить характеристики использованной цифровой карты местности.

3. Не приведено сравнения работы алгоритма по детектированию аномальных значений в данных лазерного высотомера с аналогичными алгоритмами.

6) Филиал публичного акционерного общества «Яковлев» – Центр комплексирования, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан начальником отдела систем самолетовождения, к.т.н., доцентом Е.С. Неретиным, заместителем начальника отдела отказобезопасности и надежности, к.т.н., доцентом Л.Г. Цесарским и утвержден генеральным директором-главным конструктором, А.А. Герасимовым.

В качестве **замечаний** к диссертационной работе, выделим следующие:

1. Выражения (2), (3) предполагают использование в качестве оценок вероятностей соответствия участка местности требованиям по высотам рельефа их частот, рассчитываемых на основе метода Монте-Карло. К сожалению, автор не приводит сведений по числу реализаций, использованных для расчета частот (2) и (3), что затрудняет оценку их пригодности.

2. Автор предлагает для оценки функции стоимости использовать выражение (5). При этом, никаких соображений по выбору структуры этого выражения и способа его формализованного представления в автореферате не приводится. Поэтому оценить, насколько адекватно предложенное выражение отражает стоимость перелета между отдельными участками местности, невозможно.

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

Следует отметить, что автореферат диссертационной работы не лишен и некоторых недостатков:

1. В работе при планировании маршрута облета участков местности для поиска площадки, пригодной для посадки, не учитывается влияние ветровой обстановки в месте предполагаемой посадки. Влияние ветровых возмущений способно существенным образом повлиять на формирование оптимального маршрута движения БВ.

2. В автореферате не приведены результаты сравнения полученных автором результатов с решениями подобной задачи, полученными другими авторами.

8) Филиал публичного акционерного общества «Объединенная авиастроительная корпорация» – Оперативно-тактическая авиация, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный,** подписан главным конструктором по системам управления ЛА, д.т.н., профессором С.В. Константиновым, начальником бригады «КСУ, СДУ, САУ, РП», к.т.н. А.А. Верейкиным, заместителем ученого секретаря Отделения НТС, к.т.н. Ф.А. Насоновым и утвержден первым заместителем директора филиала – управляющим директором ОКБ ОТА – директором ОКБ Сухого, к.т.н. М.Ю. Стрельцом.

Представленная диссертационная работа не свободна от недостатков. В частности:

1. Не приведены соображения, регламентирующие выбор весовых коэффициентов в функции потерь на стр. 10.

2. В качестве основы принятия решения о пригодности участка местности для посадки с учетом плотности грунта автор безальтернативно предлагает использовать классификатор на основе двухслойного персептрона. Было бы полезно проанализировать возможность использования нейронных сетей, имеющих иную архитектуру.

3. В части представления результатов наглядно показана зависимость времени решения задачи коммивояжера от количества необорудованных вертодромов при использовании различных методов оптимизации. Ценным дополнением к этому анализу могли бы стать четкие рекомендации по выбору метода в зависимости от конкретного количества вертодромов.

9) Филиал «ОТА» Опытно-конструкторское бюро Микояна («ОКБ Микояна»), отзыв на автореферат. **Отзыв положительный,** подписан заместителем главного конструктора ОКБ по системам управления, д.т.н. Ю.Г. Оболенским и утвержден первым заместителем начальника КБ И.А. Федотовым.

Вместе с тем, в процессе знакомства с материалами автореферата диссертации возник ряд замечаний:

- вероятностный учет соответствия посадочной площадки требованиям по высоте рельефа базируется на ее представлении в виде сетки с квадратными ячейками. В работе отсутствует обоснование выбора размера этих квадратных ячеек;

- не приведены результаты сравнительного анализа авторских результатов с альтернативными результатами решения данной задачи, представленными в отечественных и зарубежных библиографических источниках.

10) Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет», отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заведующим кафедрой «Системы автоматического управления», д.т.н., профессором О.В. Горячевым и утвержден проректором по научной работе М.С. Воротилиным.

В качестве **замечаний**, возникших при знакомстве с материалами автореферата, выделим следующие:

1. В функции потерь (выражение 5) не указано как вычисляются коэффициенты $\alpha_{i,j}$ и β .

2. Для классификации типа грунта в работе использовался двухслойный перцептрон. Какие-либо соображения, подтверждающие обоснованность подобного выбора, отсутствуют.

3. Нет информации о дискретности и точности цифровой карты местности, используемой в предлагаемом авторе алгоритме.

11) Акционерное общество «Эколибри», отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заместителем главного конструктора по системному проектированию, к.т.н. Ю.В. Балашовым и утвержден генеральным директором Т.В. Павловой.

Автореферат не свободен от следующих недостатков:

1. Не ясно как задается диагональная ковариационная матрица ошибок высотной информации цифровой карты местности.

2. Не приводится обоснования использования двухслойного перцептрона в качестве нейросетевого классификатора для определения типа грунта поверхности.

12) Федеральное государственное унитарное предприятие Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации (ФГУП «ГосНИИ ГА»), отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заместителем директора Научно-исследовательского центра гражданской авиационной техники (НЦ-31), к.т.н. Е.М. Луневым и утвержден научным руководителем, д.т.н., профессором В.С. Шапкиным.

Замечания:

1. По тексту работы не ясно, как определяется ковариационная матрица ошибок высотной информации цифровой карты местности (формула 1, стр.8).

2. Не приведено сравнительного анализа функционирования алгоритма фиксации аномальных выбросов в данных лазерного высотомера с существующими алгоритмами детектирования аномальных значений во временных рядах.

3. Представленные оценки качества бинарной классификации типа грунта опираются только на результаты имитационного моделирования и не подкреплены результатами полунатурных или летных экспериментов, что ограничивает их значимость.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, компетентностью, имеющимся у них большим практическим опытом системного проектирования информационно - управляющих систем беспилотных летательных аппаратов, в том числе, в области соответствующей паспорту специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки) и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова является авторитетной научно-учебной организацией в области аэрокосмических технологий, обеспечивающей проведение фундаментальных научных исследований. Заключение по диссертационной работе обсуждено и подписано учеными, которые непосредственно занимаются вопросами, связанными с разработкой имитационных моделей функционирования беспилотных летательных аппаратов и критериев их эффективности, исследованиями динамики движения и управления летательными аппаратами при наличии неопределенностей. Они являются авторитетными специалистами в области перспективных методов обработки информации в интересах навигации и управления летательными аппаратами, компьютерного моделирования.

Гайденков Андрей Викторович – автор более 40 работ, имеет патент на изобретение. При участии А. В. Гайденкова проводятся исследования, направленные на разработку математического обеспечения и алгоритмов обработки информации от разносектральных систем технического зрения, ведется разработка по созданию комплекса помехозащищенного обнаружения малоразмерных воздушных целей в видимом и инфракрасном диапазоне.

Чобан Василий Мильевич – автор более 70 работ, имеет патенты на изобретение. Под руководством В. М. Чобана проводятся исследования в области развития вертолетных комплексов и систем, разработки стендов и моделирующих комплексов для создания и отработки перспективных функциональных задач вертолетов. Ведутся опытно-конструкторские работы по модернизации и созданию вертолетной техники двойного назначения.

В дискуссии приняли участие:

Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, шифр специальности в совете
Сыпало Кирилл Иванович	д.т.н., 2.3.1.
Тюменцев Юрий Владимирович	д.т.н., 2.3.1.
Ненарокомов Алексей Владимирович	д.т.н., 1.2.2.
Малышев Вениамин Васильевич	д.т.н., 2.5.16.
Петухов Вячеслав Георгиевич	д.т.н., 2.5.16.
Красильщиков Михаил Наумович	д.т.н., 2.3.1.
Ким Николай Владимирович	к.т.н., МАИ, профессор

Диссертационный совет отмечает, что диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, соответствует паспорту специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки), а **наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем**, могут быть сформулированы следующим образом:

1. Предложена формализация задачи планирования маршрута облета беспилотным вертолетом необорудованных площадок с целью поиска площадки, пригодной для посадки, как задачи целочисленной оптимизации, в рамках которой удастся учесть требования по рельефу к необорудованной площадке.

2. Задача определения типа грунта посадочной площадки впервые формализована как задача классификации данных георадара с использованием нейросетевой модели, обеспечивающей выбор посадочной площадки, удовлетворяющей требованию необходимой прочности грунта с гарантированной вероятностью 0,99.

3. Разработаны математические модели и алгоритм счисления высоты беспилотного вертолета, использующий навигационные данные бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС) и лазерного высотомера (ЛВ) на основе адаптивной модификации фильтра Калмана с возможностью учета аномальных всплесков в показании лазерного высотомера, и вырабатывающий навигационное решение в части определения высоты с точностью не хуже 30 см на уровне гарантированной вероятности 0,95.

4. Разработано ранее не существовавшее специализированное программно-математическое обеспечение, реализующее:

- планирование маршрута облета беспилотным вертолетом необорудованных площадок для поиска площадки, пригодной для посадки, с

использованием цифровой карты местности и вероятностных критериев, позволяющих учесть особенности рельефа;

- проверку выполнения требования по необходимой прочности грунта в месте предполагаемой посадки на основе нейросетевой обработки данных георадара;

- высокоточное навигационное счисление высоты беспилотного вертолета над подстилающей земной поверхностью при осуществлении посадки.

Проведенные исследования являются **новыми**, выносимые автором на защиту результаты исследований, получены впервые, а их **новизна** заключается в том, что на основе системного анализа разработан и реализован комплексный подход к обеспечению безопасной посадки беспилотного вертолета на необорудованную площадку с учетом требований международной организации гражданской авиации.

Теоретическая значимость заключается в разработке математических моделей, алгоритмического обеспечения, направленных на повышение безопасности эксплуатации беспилотных воздушных судов вертолетного типа за счет обеспечения возможности безопасной посадки на необорудованную площадку с учетом ее рельефа, прочности поверхности предполагаемого места посадки.

Практическая значимость работы заключается в создании алгоритмов и программно-математического обеспечения, позволяющих повысить безопасность эксплуатации беспилотного вертолета за счет возможности оперативной безопасной посадки на необорудованную площадку с учетом комплекса требований, учитывающих особенности рельефа и прочность грунта в месте предполагаемой посадки. Необходимость реализации на борту беспилотного воздушного судна мер, направленных на обеспечение экстренной посадки на необорудованную площадку, является обязательным требованием согласно Приказу Министерства транспорта Российской Федерации от 29.05.2023 №195 о внесении изменений в Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 31.07.2009 №128 «Об утверждении Федеральных авиационных правил «Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации».

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается следующими актами о внедрении результатов диссертации и свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ:

1. Акт о практическом внедрении результатов диссертационной работы. Настоящий акт подтверждает, что материалы, представленные в диссертационной работе Ермакова П.Г., использованы в научно-

исследовательской работах, проводимых в ООО «ЦТИИ НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского» при выполнении СЧ НИОКР шифр «Р-135-ЦТИИ» и СЧ НИОКР шифр «Р-265-ЦТИИ».

2. Акт о внедрении в учебный процесс. Настоящий акт составлен на основании заключения комиссии кафедры «Информационно-управляющие комплексы летательных аппаратов» МАИ. Следующие результаты диссертационной работы внедрены и используются в учебном процессе для подготовки студентов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»:

- математические модели и алгоритмы планирования маршрута облета беспилотным вертолетом участков местности с целью поиска площадки, пригодной для посадки, использованы в рамках лекционных курсов «Алгоритмы оптимального управления», «Автоматизация управления одиночными и групповыми действиями беспилотных летательных аппаратов»;

- алгоритм интеграции навигационных данных БИНС МЭМС и лазерного высотомера вертикального канала бортовой навигационной системы беспилотного вертолета на базе слабосвязанной схемы, использован в курсе «Комплексирование информационных приборов» при выполнении курсового проектирования и практических занятий.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023682103 от 23.10.2023 «Программа для построения оптимального маршрута облета БВС вертолетного типа необорудованных вертодромов» авторов Ермакова П.Г., Евдокименкова В.Н., Гоголева А.А.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024614592 от 19.02.2024 «Программа для обработки инерциальных данных на базе МЭМС и лидара БВС вертолетного типа» автора Ермакова П.Г.

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 20246182425 от 11.04.2024 «Программа для решения задачи классификации типа грунта необорудованного вертодрома» авторов Ермакова П.Г., Шайхутдинова М.Р.

Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию в организациях, осуществляющих проведение исследований в области управления беспилотными летательными аппаратами, таких как ФАУ «ГосНИИАС», ФГБУ «НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского», МАИ, МГТУ им Н.Э. Баумана, а также при проведении опытно-конструкторских работ в АО «Вертолеты России», АО «Эколибри», ГК «Беспилотные системы» и др.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что основные положения диссертации опираются на современный

математический аппарат и согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации. 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 диссертации научно обоснованы новые технические решения, имеющие существенное значение для развития авиационной отрасли страны в части обеспечения безопасной посадки беспилотного вертолета на необорудованную площадку, а именно:

1. Алгоритм планирования маршрута облета необорудованных площадок, включающий статистическую обработку данных цифровой карты местности.

2. Алгоритм проверки требования по прочности грунта на основе нейросетевой обработки данных георадара.

3. Алгоритм высокоточного навигационного счисления высоты беспилотного вертолета на основе обработки данных бесплатформенной инерциальной навигационной системы и лазерного высотомера на этапе посадки.

4. Программное обеспечение, реализующее: планирование маршрута облета необорудованных площадок с учетом статистической неопределенности данных цифровой карты местности, проверку выполнения требования по необходимой прочности грунта площадки на основе нейросетевой обработки данных георадара; высокоточное навигационное счисление высоты беспилотного вертолета при осуществлении посадки.

В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания:

1. Из доклада не ясно какие требования к цифровой карте местности сформулированы в этой работе.

2. Предлагаете оценивать несущую способность грунта с помощью георадара, но на какую поверхность в принципе не может сесть вертолет.

Соискатель Ермаков П.Г. ответил на задаваемые вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Дискретность ЦКМ должна быть 1,5 диаметра несущего винта исходя из норм ИКАО, также еще одним из требований должно быть наличие типа объекта на поверхности, эти требования явно выходят из результатов данной работы.

2. На этапе вычисления вероятностей пригодностей отсеиваем те площадки, которые являются заведомо непригодными (лесной массив, реки), то есть при решении задачи классификации исключаем, что находимся над заведомо запрещенным типом объекта.

В диссертационной работе все заимствованные материалы представлены со ссылкой на автора или источник. Тем самым работа удовлетворяет п.14 Положения о присуждении ученых степеней.

На заседании 04 декабря 2025 г. диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, и принял решение за **новые научно-обоснованные технические решения, имеющие существенное значение для развития авиационной отрасли страны в части обеспечения безопасной посадки беспилотного вертолета на неподготовленную площадку присудить Ермакову Павлу Григорьевичу ученую степень кандидата технических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки), участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – 1, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета
24.2.327.03, д.т.н., профессор
Малышев Вениамин Васильевич



Ученый секретарь диссертационного совета
24.2.327.03, д.т.н., доцент
Старков Александр Владимирович



Проректор по научной работе, д.т.н., доцент
Иванов Андрей Владимирович



«04» декабря 2025 г.