



Акционерное общество
«Национальный центр вертолетостроения
им. М.Л. Миля и Н.И. Камова»
(АО «НЦВ Миль и Камов»)
ул. Гаршина, д. 26/1, пгт. Томилино,
г.о. Люберцы, Московская обл., 140070
тел.:(495) 669-23-90,
факс:(498) 553-80-02, (495) 669-23-84
ОГРН 1027739032969, ИНН 7718016666
e-mail: info@nhcmk.ru
www.rhc.ru

29.10.2025 № 10-01/1/38250

на № _____

О направлении отзыва на
диссертационную работу

Председателю диссертационного
совета
ФГБОУ ВО «Московский
авиационный институт
(национальный
исследовательский университет)»

Малышеву В.В.

Волоколамское шоссе, д.4, г.
Москва, 125993

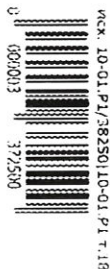
Уважаемый Вениамин Васильевич!

Направляем отзыв официального оппонента Чобан Василия Мильевича на диссертационную работу Ермакова Павла Григорьевича «Разработка алгоритмов для обеспечения безопасной посадки беспилотного вертолета на необорудованную площадку», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Приложение: Отзыв на 6 л. в 2 экз.

Кандидат технических наук,
Директор-главный конструктор
НИЦ функционального развития
ВКЛА

В.М. Чобан



Сбитнев Юрий Геннадьевич
+7 (495) 669-23-90 (54-72)

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«30» 10 2025 г.

ОТЗЫВ

официального оппонента — кандидата технических наук Чобана Василия Мильевича на диссертацию Ермакова Павла Григорьевича на тему «Разработка алгоритмов для обеспечения безопасной посадки беспилотного вертолета на необорудованную площадку», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Актуальность темы исследования. В настоящее время как в Российской Федерации, так и за рубежом применение беспилотных вертолетов (БВ) осуществляется для решения широкого круга задач. При этом все большую актуальность приобретает необходимость осуществления экстренной безопасной посадки БВ на необорудованную площадку, например, при возникновении нештатных ситуаций или для оперативной эвакуации людей в районах чрезвычайных ситуаций. Диссертационная работа Ермакова П.Г. посвящена решению данной актуальной задачи, а именно разработке бортовых алгоритмов определения оптимального маршрута облета площадок, пригодных для посадки, определения места посадки с применением нейроалгоритмов, принятия решения о посадке и обеспечения **автоматической** безопасной посадки БВ на выбранную площадку.

Важность решения подобной задачи подтверждается Приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 29 мая 2023 №195 «О внесении изменений в Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 31 июля 2009 №128» (Об утверждении Федеральных авиационных правил «Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации»). Раздел X указанного приказа «Правила выполнения полетов на беспилотных воздушных судах» в качестве обязательного требования выделяет необходимость реализации на борту беспилотных воздушных судов мер, направленных на обеспечение экстренной посадки на необорудованную площадку.

Таким образом, актуальность выбранной темы диссертационного исследования не вызывает сомнений.

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«30» 10 2025г.

Важно отметить, что обеспечение оперативной посадки БВ на необорудованную площадку требует решения сложных научных задач, связанных с необходимостью удовлетворения комплекса противоречивых требований при выборе площадки, пригодной для посадки.

Диссертационная работа состоит из четырех глав, введения, заключения, приложения и списка использованных литературных источников.

Во **введении** автор обосновывает и формулирует основные положения, определяющие актуальность решаемой задачи, конкретизирует предмет и объект исследования, формулирует новизну полученных результатов исследования.

В **первой главе** приводится анализ современного состояния исследований, проводимых в России и за рубежом в интересах обеспечения экстренной посадки БВ на необорудованную площадку. Автор, опираясь на существующие нормы и требования ИКАО, определяет набор условий, которым должна удовлетворять площадка, пригодная для посадки БВ, и предлагает техническую постановку задачи, адекватную этим условиям.

В диссертационной работе предложена оригинальная двухэтапная схема поиска площадки, пригодной для посадки:

- на первом этапе, используя цифровую карту местности (ЦКМ) на борту БВВ формируется маршрут облета площадок, пригодных для посадки с учетом особенностей рельефа поверхности. При этом, в диссертации использованы вероятностные критерии для оценки пригодности той или иной площадки для посадки, что представляется вполне обоснованным, учитывая статистическую неопределенность информации, представленной в ЦКМ;
- на втором этапе, реализуемом в процессе движения БВ по сформированному маршруту, принимается окончательное решение о посадке с учетом плотности грунта. Это решение формируется в результате решения задачи классификации на основе данных георадара, размещаемого на борту БВ.

Вторая глава посвящена разработке алгоритма планирования облета потенциально пригодных для осуществления безопасной посадки беспилотным вертолетом необорудованных участков местности. Приводится описание вычисления вероятностей пригодности необорудованных площадок требованиям международной организации гражданской авиации (ИКАО) на основе

статистической обработки априорных данных цифровой карты местности (ЦКМ).

Выбор того или иного участка местности в качестве посадочной площадки базируется на использовании целевой (критериальной) функции, устанавливающий компромисс между энергетическими затратами на перелет к выбранной площадке и вероятностью пригодности этой площадки для посадки.

В третьей главе описываются алгоритмы, реализуемые на борту БВ при его следовании по сформированному маршруту облета площадок, пригодных для посадки, для оперативной оценки плотности грунта, элементов рельефа местности, принятия решения по снижению до высоты работы георадара и окончательного выбора посадочной площадки.

Автором предложено и использовано оригинальное решение по определению прочности грунта в месте посадки на основе нейросетевой обработки данных георадара при проведении облучения грунта подстилающей земной поверхности. Вместе с тем справедливо рассматривается проблема счисления высоты БВ на над земной поверхностью, вызванная ограничениями эксплуатации георадара. Для решения этой проблемы автор осуществляет счисление высоты БВ на основе слабосвязанной схемы комплексирования навигационных данных платформенной инерциальной навигационной системы (БИНС) и лазерного высотомера (ЛВ) ближнего ИК-диапазона, ядром которой является модификация алгоритма калмановской фильтрации.

В четвертой главе приводятся результаты имитационного моделирования разработанных автором алгоритмов для обеспечения безопасной посадки беспилотного вертолета на необорудованную площадку. При моделировании процесса построения маршрута облета площадок использовались данные реальной ЦКМ – SRTM. Обучение нейросетевого классификатора производилось с помощью открытых данных георадиолокационного зондирования земных почв (георадар с частотой излучения электромагнитной волны 100 МГц), вероятность ложно - положительных решений предлагаемого автором классификатора составляет менее 0,1 %. Верификация алгоритма интеграции навигационных данных БИНС и ЛВ производилась в ходе летных испытаний беспилотного

вертолета, заявленная точность определения высоты воздушного судна соответствует категории III ИКАО на уровне гарантированной вероятности 0,95.

Научная ценность представленной диссертационной работы заключается в следующем:

- разработан алгоритм планирования облета беспилотным вертолетом необорудованных площадок с целью обеспечения безопасной посадки, базирующийся на использовании вероятностей пригодности того или иного участка местности, полученных на основе статистической обработки данных ЦКМ;
- разработан алгоритм определения прочности грунта в предполагаемом месте осуществления посадки, базирующийся на нейросетевой обработке данных георадиолокационного зондирования;
- разработан алгоритм интеграции навигационных данных БИНС и ЛВ вертикального канала бортовой навигационной системы беспилотного вертолета на базе слабосвязанной схемы с возможностью фиксации аномальных всплесков в показании лазерного высотомера, основу которой составляет модификация фильтра Калмана;
- разработано специализированное программно-математическое обеспечение, реализующее комплекс алгоритмов, обеспечивающих безопасную посадку беспилотного вертолета.

Практическая значимость результатов, представленных в диссертационной работе, состоит в том, что разработанные автором алгоритмы позволяют повысить безопасность эксплуатации беспилотных вертолетов за счет реализации на борту алгоритмов, обеспечивающих, в случае необходимости, возможность оперативной посадки на необорудованную площадку с учетом требований к рельефу и прочности грунта.

Достоверность результатов работы обеспечивается корректным использованием математического аппарата, сопоставлением результатов математического моделирования с результатами проведенных летных экспериментов.

Результаты, полученные в диссертационной работе, прошли **апробацию** на 6 международных и всероссийских научно-технических конференциях,

достаточно полно отражены в 6 печатных работах: в 4 статьях в журналах, входящих в перечень ВАК, в 2 работах в сборниках статей, индексируемых в базе Scopus и Web of Science. Отмечу, что соискателем опубликованы 2 статьи по теме диссертационного исследования в качестве основного автора, что подтверждает безусловную самостоятельность проведенных исследований. Кроме того, автором зарегистрировано 3 свидетельства программ для ЭВМ.

Диссертационная работа соответствует пунктам 2, 3 и 4 паспорта специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

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.

Указанные недостатки не снижают значение полученных автором новых научных и практических результатов.

Заключение.

Диссертационная работа Ермакова Павла Григорьевича на тему: «Разработка алгоритмов для обеспечения безопасной посадки беспилотного вертолета на необорудованную площадку» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной лично автором, в ней содержится решение важной и актуальной задачи обеспечения безопасной посадки беспилотного вертолета на неподготовленную местность.

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что диссертация 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, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Официальный оппонент:

директор-главный конструктор НИЦ функционального развития ВКЛА, Акционерное общество «Национальный центр вертолетостроения им. М.Л. Миля и Н.И. Камова», кандидат технических наук

«21» 10 2025 г.

Чобан В. М. /

Подпись Чобан В.М. заверяю:

Руководитель правового управления

Прохоров А.В.

Акционерное общество «Национальный центр вертолетостроения им. М.Л. Миля и Н.И. Камова».

Адрес: 140070, Московская область, город Люберцы, поселок городского типа Томилино, ул Гаршина, д. 26/1 .

Сайт: <https://rhc.ru>

Моб. тел.: +7 (916) 576 - 99 - 42

E-mail: V.choban@nhc.aero

С отзывом ознакомлен
30.10.2025