



ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ЯКОВЛЕВ»

**ФИЛИАЛ ПАО «ЯКОВЛЕВ» –
ЦЕНТР КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ**

Авиационный переулок, д. 5, Москва, 125167
ИНН 3807002509, КПП 771443001, ОГРН 1023801428111
тел.: +7 (495) 987-20-71, факс: +7 (495) 987-20-72
e-mail: office@ic.yakovlev.ru
www.yakovlev.ru

10.11.2025

№

962/226

на №

Ученому секретарю
диссертационного совета
24.2.327.03 при МАИ

Старкову А.В.

Волоколамское ш., д. 4,
Москва, 125993

Об отзыве на автореферат Ермакова П.Г.

Уважаемый Александр Владимирович!

Направляю Вам отзыв на автореферат диссертации Ермакова Павла Григорьевича на тему «Разработка алгоритмов для обеспечения безопасной посадки беспилотного вертолета на необорудованную площадку», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Приложение: Отзыв на автореферат диссертации, 2 экз. – в адрес.

С уважением,

Директор – главный конструктор

А.А. Герасимов

Исп. Неретин Е.С.
Тел. +7-495-987-20-71 (доб. 333)



УТВЕРЖДАЮ

Директор-главный конструктор
филиала ПАО «Яковлев» –
Центр комплексирования



А. А. Герасимов

« 10 » ноября 2025 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Ермакова Павла Григорьевича** на тему
«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)

В диссертационной работе рассматривается **актуальная** и теоретически сложная задача, связанная с обеспечением экстренной безопасной посадки беспилотного вертолета (БВ) на необорудованную площадку. Теоретическая сложность подобной задачи обусловлена тем, что в соответствии с требованиями ИКАО безопасная посадка БВ возможна при одновременном выполнении комплекса условий. Ситуация осложняется тем, что проверка всех этих условий должна проводится в ходе полета.

Автором предлагается удобный для практической реализации двухэтапный алгоритм обеспечения экстренной посадки БВ, использующий цифровую карту местности для проверки требований, связанных с особенностями рельефа поверхности в месте предполагаемой посадки, и георадар, размещенный на борту БВ, для оперативной проверки требования к плотности грунта.

На первом этапе на основе цифровой карты местности, размещенной на борту, формируется маршрут обхода площадок, потенциально пригодных для посадки, с учетом требований к рельефу местности. Для этого последовательно решаются статические задачи оптимизации, направленные на минимизацию потерь, возникающих при перелете БВ между посадочными площадками. При расчете потерь учитываются: вероятности удовлетворения посадочной площадки требованиям ИКАО; априорное состояние бортовых систем; неточность

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

« 11 » 11 2025.

определения собственного положения и позиционной информации ЦКМ, а также летно-технические характеристики.

Второй этап алгоритма реализуется непосредственно в процессе движения БВ по рассчитанному маршруту и предполагает окончательный выбор посадочной площадки с учетом требования к порочности грунта в месте посадки на основе обработки данных георадара. Задача определения прочности грунта сведена к задаче бинарной классификации типа грунта необорудованного вертодрома на базе двухслойного персептрона. Тестирование разработанного алгоритма производилось на открытых данных облучения георадаром основных типов грунтов с частотой 100 МГц. Вероятность правильной классификации грунтов, подходящих для осуществления посадки, составляет более 0.99, что доказывает возможность использования такого подхода при определении типа грунта в месте посадки.

Подобный подход является разумным компромиссом между оптимальностью полученного решения и возможностью его оперативной реализации в ходе полета.

Самостоятельный интерес представляет задача определения высоты БВ на этапе осуществления посадки. Предложенное автором алгоритмическое обеспечение по счислению высоты БВ над подстилающей поверхностью прошло верификацию на данных летных экспериментов. Ошибка определения высоты БВ при осуществлении посадки остается в пределах ± 30 см.

Состоятельность предлагаемых решений подтверждается как результатами имитационного моделирования, так и результатами летных испытаний.

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.

Высказанные замечания не снижают положительную в целом оценку представленной диссертационной работы. Работа Ермакова П.Г. «Разработка алгоритмов для обеспечения безопасной посадки беспилотного вертолета на необорудованную площадку» представляется завершённой научно-квалификационной работой, соответствует требованиям ВАК РФ и Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки), а её автор, Ермаков П.Г., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Начальник отдела систем самолетовождения,
представитель руководства филиала
по научным и образовательным вопросам
кандидат технических наук, доцент

Е. С. Неретин

Рабочий телефон: +7 495 987 20 71, доб. 333.

Адрес электронной почты: evgeny.neretin@ic.yakovlev.ru

Заместитель начальника отдела
отказобезопасности и надёжности,
кандидат технических наук

Л. Г. Цесарский

Рабочий телефон: +7 495 987 20 71, доб. 161.

Адрес электронной почты: lev.tsesarskiy@ic.yakovlev.ru

Данные об организации:

филиал ПАО «Яковлев» – Центр комплексирования.

адрес: 125167, г. Москва, Авиационный переулок, дом 5.

телефон: +7 (495) 987- 20- 71

e-mail: office@ic.yakovlev.ru