



Акционерное общество
«Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина»
(АО «НПО Лавочкина»)

Ленинградская ул., д. 24, г. Химки, Московская область, 141402, ОГРН 1175029009363, ИНН 5047196566
тел.: +7 (495) 573-56-75, факс: +7 (495) 573-35-95, e-mail: npol@laspace.ru, www.laspace.ru

14 АПР 2025

«___» _____ 20__ г.

№

342/8109

На №

от

Учёному секретарю
диссертационного совета
Д 24.1.481.02
на базе ИКИ РАН
к.т.н., С.В. Воронкову
117997, г. Москва,
ул. Профсоюзная 84/32

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель генерального
директора – генеральный конструктор



А.С. Митькин

2025 г.

Отзыв

на автореферат диссертации

Жукова Бориса Сергеевича

на тему «Автономная оптическая навигация космических аппаратов при полётах к Луне и малым телам солнечной системы», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.1 – Физика космоса, астрономия

Работа Жукова Бориса Сергеевича посвящена решению **актуальной комплексной научной задачи** по разработке и внедрению методов автономной оптической навигации космических аппаратов в практику космических полётов в дальний космос.

Исходя из анализа текста автореферата авторы отзыва сделали вывод о том, что **научная новизна** работы заключается в комплексном рассмотрении вопросов автономной оптической навигации с использованием телевизионных систем как по горизонту планеты (например, на трассе перелёта Земля-Луна), так и на

околопланетных орбитах с использованием специализированных каталогов ориентиров, оптимизированных для этих целей.

Отметим новые **научные результаты**, полученные в работе:

1. Разработан и исследован метод автономной оптической навигации по горизонту планеты на околопланетных орбитах.
2. Разработан и исследован метод автономной оптической навигации по контрольным точкам (КТ) на поверхности планеты.
3. Разработана методика комплексирования навигационных измерений по горизонту и по контрольным точкам на околопланетных орбитах. На основании навигационных измерений по горизонту определяется область поиска КТ сначала на изображениях ШНК и по ним уточняется радиус-вектор КА, далее определяется область поиска КТ на изображениях УНК и по ним происходит окончательное уточнение радиус-вектора КА. В результате обеспечивается автономность и высокая точность навигационных измерений.
4. Разработан и исследован метод комплексирования навигационных измерений по контрольным точкам и относительным ориентирам на траектории снижения при подлёте к месту посадки для перспективных космических аппаратов исследования Луны.
5. По типичным изображениям Луны исследованы методы выбора и установления соответствия контрольных точек и относительных ориентиров и их чувствительность к шуму, ошибкам задания масштаба и углов ориентации камер. Для выбора контрольных точек, который проводится на Земле, рекомендовано использование детектора Харриса, для выбора относительных ориентиров в реальном времени — более экономичного в вычислительном отношении определителя матрицы Гессе.
6. Разработан глобальный каталог контрольных точек на поверхности Луны для задач автономной оптической навигации, содержащий более 41 тыс. КТ. Выбранные КТ обладают свойствами оптимальной локализуемости, уникальности в области поиска, инвариантности к условиям наблюдения в широком диапазоне, независимости от объектов, не входящих в область определения КТ, и соответствия используемым алгоритмам навигационных измерений. Инвариантность к условиям наблюдения обеспечивается использованием многомасштабной пирамиды топографических моделей КТ, по которой рассчитываются эталонные изображения и дескрипторы КТ для конкретных направлений освещения и наблюдения. Структура каталога обеспечивает прямой доступ к КТ по заданным географическим координатам.
7. Разработан фотометрический метод автономного выбора места посадки (формирование "карты риска") на поверхности Луны и других безатмосферных тел на основе минимизации относительной дисперсии яркости площадки и использования адаптивных порогов на её среднюю яркость.

8. На основе предложенных методов автономной оптической навигации на околопланетных орбитах и на трассе перелёта создана оптическая навигационная система для пилотируемого транспортного корабля.
9. На основе предложенных методов автономной оптической навигации при посадке на поверхность небесных тел создана телевизионная система навигации и наблюдения ТСНН для проекта «Фобос-Грунт», а также разработана концепция и определены основные характеристики телевизионной системы навигации и наблюдения ТСНН-2 для миссии «Луна-27».

Важными **практическими результатами** работы являются:

1. Методы автономной оптической навигации, разработанные автором, позволяют повысить надёжность и безопасность космических полётов к Луне, Марсу, Венере и малым телам Солнечной системы, предусмотренных Федеральной космической программой.
2. Автономная оптическая навигация на этапе основного торможения при посадке КА на поверхность небесных тел позволит радикально повысить точность вывода КА к месту посадки, что даст возможность выбирать для посадки районы меньших размеров и в большей степени ориентироваться на научные задачи миссии, а не на наличие больших ровных площадей.

Работа Жукова Бориса Сергеевича вносит **существенный** вклад в развитие технологий автономной оптической навигации при реализации космических полётов.

Основные результаты диссертации опубликованы в 24 статьях в журналах из списка ВАК и 6 статьях в рецензируемых иностранных журналах. Кроме того, результаты работы докладывались более чем на 15-ти всероссийских и международных конференциях и семинарах.

Наряду с несомненными достоинствами следует отметить следующие замечания и вопросы к тексту автореферата:

1. В разделе о научной новизне указано преимущество разработанного метода по отношению к методу TRN в части инвариантности и эффективности использования памяти. При этом не представлены иные важные количественные характеристики сравнения методов: точность, быстродействие и проч., что в более полной мере позволило оценить предложенный автором метод.
2. Примеры результатов моделирования с оценкой погрешностей в рамках задачи посадки на поверхность Луны приведены для конкретного тестового случая. При этом для оценки эффективности и погрешности метода желательно рассмотрение результатов статистического моделирования для различных вариантов траекторий посадки в различные точки поверхности Луны.
3. В рекомендациях к работе указана необходимость повышения производительности отечественных бортовых процессоров, которые позволят оптимизировать бортовые алгоритмы автономной навигации. При этом не понятно, что является критерием оптимальности таких алгоритмов:

погрешность, быстродействие, занимаемый объем памяти и т.п. Отдельные критерии эффективности, такие как быстродействие, при этом могут входить в противоречие с заявленной рекомендацией – более эффективные с точки зрения вычислительных затрат методы могут хорошо работать и на менее производительных процессорах.

Указанные замечания и вопросы не снижают значимости выполненной работы и полученных автором новых научных и практических результатов.

Основываясь на тексте автореферата, можно заключить, что диссертационная работа Жукова Бориса Сергеевича является законченным комплексным научным исследованием, выполненным автором самостоятельно на высоком научно-техническом уровне. Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, согласно п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), а ее автор, Жуков Борис Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Авторы дают свое согласие на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени доктора наук Жукова Бориса Сергеевича.

Заместитель начальника
отдела баллистики и навигации,
доктор технических наук



Назаров Анатолий Егорович

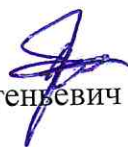
Заместитель начальника
отдела баллистики и навигации,
кандидат технических наук



Симонов Александр Владимирович

Начальник сектора отдела динамики
полёта КА, кандидат технических наук

Розин Петр Евгеньевич



Ведущий математик
отдела баллистики и навигации,
кандидат технических наук

Гордиенко Евгений Сергеевич



Акционерное общество «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина»
(АО "НПО Лавочкина")

Почтовый адрес: 141402, РФ, г. Химки, Московская область, Ленинградская ул., д. 24.

Телефон: +7 (495) 573-56-75

Официальный сайт: <http://www.laspace.ru/>

Электронная почта: npol@laspace.ru