

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Жукова Бориса Сергеевича

"Автономная оптическая навигация космических аппаратов при полетах к Луне и малым телам Солнечной системы", представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.1 – Физика космоса, астрономия

Диссертационная работа Жукова Бориса Сергеевича посвящена автономной оптической навигации космических аппаратов при полётах к Луне и малым телам Солнечной системы.

Целью диссертационной работы является комплексная разработка и внедрение методов автономной оптической навигации космических аппаратов в практику космических полётов в дальний космос на примере полётов к Луне и к Фобосу.

При выполнении диссертационной работы решены следующие задачи: разработка и исследование методов автономной оптической навигации на околопланетных орбитах, на траектории перелёта, подлёта к местам посадки на поверхность небесных тел и оценка их точности;

разработка и исследование методов автономной оптической навигации и оценка их точности;

создание каталогов контрольных точек на поверхности Луны;

разработка методов автономного выбора места посадки по телевизионным изображениям;

внедрение разработанных методов автономной оптической навигации на околопланетных орбитах и на траектории перелёта в оптическую навигационную систему для пилотируемого транспортного корабля;

внедрение разработанных методов автономной оптической навигации при посадке на поверхность небесных тел в телевизионную систему навигации и наблюдения (ТСНН) для проекта "Фобос-Грунт" и в систему ТСНН-2 для лунных посадочных миссий.

Актуальность диссертационной работы обусловлена обеспечением возможности определения с помощью автономной оптической навигации положения космического аппарата (КА) путём бортовой обработки

изображений, получаемых оптическими съёмочными системами, для автоматического определения и коррекции орбиты КА в реальном времени, в том числе при выводе КА на околопланетную орбиту и после коррекций орбиты, при пролёте малых тел Солнечной системы, при автоматической посадке КА на поверхность небесных тел, а также обеспечением возможности повышения надёжности и безопасности космических миссий за счёт резервирования наземных радиотехнических измерений.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

разработан метод автономных навигационных измерений по горизонту небесного тела с помощью телевизионных систем, учитывающий геометрические свойства камеры, наличие терминатора, наличие помех, ограничение поля зрения, проведены оценки точности этого метода на окололунных орбитах;

предлагаемый автором метод автономной навигации по контрольным точкам оптимизирован для проведения автономных измерений в реальном времени на околопланетных орбитах, за счёт использования трёхмерных моделей контрольных точек обеспечивается автоматическая адаптация к изменению структуры изображения контрольных точек на поверхности безатмосферных тел при изменении условий освещения, проведены оценки точности этого метода на окололунных орбитах;

разработан алгоритм построения специализированных каталогов контрольных точек для автономной оптической навигации в окрестности безатмосферных тел по их топографическим моделям и на этой основе сформированы такие каталоги для Луны;

разработан метод комбинированной навигации по контрольным точкам и относительным ориентирам при посадке на поверхность Луны и других небесных тел, имеющий ряд преимуществ по сравнению методом относительной навигации по ранее полученным орбитальным изображениям (инвариантность к условиям освещения за счёт использования 3D-моделей контрольных точек, учёт высоты рельефа и перспективных искажений и значительная экономия бортовой памяти), проведены оценки точности этого метода на траектории подлёта к местам посадки на Луну при использовании существующих и перспективных топографических моделей Луны;

предложена методика комбинирования навигационных измерений по горизонту и по контрольным точкам на околопланетных орбитах, в

соответствии с которой положение КА первоначально определяется по горизонту, а далее уточняется по контрольным точкам, при этом используются дополнительные измерения ориентации звёздными датчиками и привязка к абсолютному времени, что позволяет проводить навигационные измерения в полностью автономном режиме без использования дополнительной баллистической информации;

предложен метод построения фотометрической карты риска для выбора наиболее ровной площадки для посадки КА, основанный на применении характеристики текстуры изображений - относительной дисперсии яркости площадки.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в обеспечении возможности на основе разработанных автором методов автономной оптической навигации:

повышения надёжности и безопасности космических полётов к Луне, Марсу и малым телам Солнечной системы;

автономного уточнения орбиты на траектории перелёта и на околопланетных орбитах в реальном времени, что особенно важно при выводе КА на околопланетную орбиту и после коррекций орбиты, а также в нештатных ситуациях;

повышения точности вывода КА к месту посадки на этапе торможения при посадке КА на поверхность небесных тел.

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается результатами математического моделирования, стендовой отработки реальных космических систем и обработки данных реальных космических съёмки.

Основные результаты работы опубликованы в журналах из списка ВАК и в иностранных журналах.

Имеющиеся в автореферате незначительные орфографические неточности не снижают научную ценность диссертационной работы.

Вывод: судя по автореферату, диссертационная работа Жукова Б.С. "Автономная оптическая навигация космических аппаратов при полётах к Луне и малым телам Солнечной системы" является самостоятельным и законченным исследованием, содержит решение актуальной задачи, имеющей большое значение для развития автономной оптической навигации космических аппаратов при полётах к Луне и малым телам Солнечной

системы, выполнена на высоком научном уровне, соответствует паспорту специальности 1.3.1 – Физика космоса, астрономия и требованиям "Положения о присуждении ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013г., а её автор, Жуков Борис Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.1 – Физика космоса, астрономия.

Начальник отдела 10103
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник



Ю.Е. Кудрявцев
" 14 " 05 2025 г.

АО "ЦНИИмаш", Пионерская ул., д. 4
г.о. Королев, Московская обл., 141070
т. (495) 513-50-47
e-mail: KudryavtsevYE@tsniimash.ru

Подпись Кудрявцева Юрия Евгеньевича удостоверяю.

Главный ученый секретарь АО "ЦНИИмаш"
доктор технических наук,
старший научный сотрудник



В.Ю. Ключников