

Ученому секретарю
диссертационного совета Д 212.125.12
Московского авиационного института
(национальный исследовательский университет)
Старкову А.В.

125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,
Волоколамское шоссе, д. 4

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Хуана Ичуна на тему: «Управление движением космического аппарата, совершающего мягкую посадку на Луну по схеме с зависаниями», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Полеты на Луну автоматических космических аппаратов (КА) являются актуальным направлением развития современной космонавтики. Надежность реализации последнего участка полета – непосредственно мягкой посадки на лунную поверхность с селеноцентрической орбиты существенно зависит от рельефа поверхности в намеченном районе посадки, а также в его окрестности вдоль траектории посадки, от точности навигации с помощью навигационной системы КА.

Одним из способов повышения надежности посадки может служить применение схемы посадки, предусматривающей выбор и последующее уточнение конкретного места посадки непосредственно в полете КА с помощью специальной аппаратуры наблюдения, установленной на борту аппарата. В автореферате такая схема названа схемой с «зависаниями».

Целью работы, основные результаты которой представлены в автореферате, является разработка общей схемы мягкой посадки КА с зависаниями, а также алгоритмов управления и навигации КА при реализации данной схемы. Работа, направленная на достижение указанной цели, безусловно, является актуальной.

Как следует из автореферата, к результатам работы, обладающим научной новизной, а также имеющим практическое значение, следует отнести построение математических моделей совокупности процессов, связанных с управлением мягкой посадкой на поверхность Луны по схеме с «зависаниями». Это позволило автору получить следующие результаты:

1. Построение схемы мягкой посадки КА, предусматривающую, по крайней мере, два зависания в ходе движения КА по траектории мягкой посадки, при которой зависания достигаются совместно с «вертикализацией» аппарата.

2. Решение задачи совместного выбора характеристик двигательной установки (ДУ) и программы управления вектором тяги (величины тяги и угла тангажа КА) на этапе основного торможения, при которых достигается минимальный расход массы ДУ при выполнении заданных терминальных требований по обнулению конечной скорости и вертикализации КА.

3. Решение задачи формирования программы управления движением КА на этапе управляемого спуска в точку второго зависания при минимальном расходе топлива, затрачиваемого на реализацию этапа, и выполнении заданных граничных условий (нулевая скорость и вертикальная ориентация оси КА в начале и в конце этапа).

4. Алгоритм функционирования комплексированной навигационной системы КА, содержащей дополнительно к инерциальным измерителям БИНС измерители высоты и скорости движения КА относительно лунной поверхности, реализующей совместное оценивание вектора состояния КА и идентификацию возмущающих воздействий, являющихся случайными величинами, с помощью квазилинейного фильтра Калмана.

5. Методику синтеза регуляторов замкнутой системы управления движением КА, обеспечивающих выполнение программ управления вектором тяги двигателя торможения, компенсацию оцениваемых постоянных и медленно меняющихся возмущений, являющихся случайными величинами, а также подавление случайных шумов измерителей навигационной системы, что обеспечивает реализацию мягкой посадки КА по рассматриваемой в работе схеме с удовлетворительной точностью.

Достоверность и обоснованность новых научных и практических результатов, полученных в работе, подтверждается результатами имитационного моделирования замкнутой системы управления движением КА с учетом обширного состава возмущающих воздействий, а также сравнением численных результатов, полученных в работе при анализе движения КА на отдельных этапах, с аналогичными результатами, полученными ранее другими авторами.

Практическая ценность работы заключается в возможности использования полученных в работе теоретических результатов при проектировании автоматических КА рассматриваемого класса, при разработке оптимальных программ управления движением на отдельных этапах посадки, при формировании облика навигационной системы и системы управления движением КА в целом.

На основании изучения автореферата по представленной работе можно отметить следующие ее недостатки:

1) Задача управления мягкой посадкой исследуется в работе применительно к «плоской» модели движения КА.

2) Модель доплеровских измерений скорости движения КА относительно лунной поверхности, применяемая в комплексированной навигационной системе, является весьма упрощенной, поскольку не учитывает влияние рельефа лунной поверхности на ошибки измерений данного прибора.

Указанные недостатки не снижают значимость полученных автором новых научных и практических результатов. Диссертационная работа Хуана Ичун заслуживает положительной оценки.

Считаем, что диссертационная работа Хуана Ичуна соответствует требованиям ВАК при Минобрнауки РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Зам. начальника отдела,
доктор технических наук

Подпись д.т.н. Лаврентьева В.Г. подтверждаю
Главный ученый секретарь ЦНИИмаш, д.т.н.
«___» марта 2018 г.



В.Г. Лаврентьев

Ю.Н. Смагин