



ФАНО России
Федеральное государственное учреждение
«Федеральный исследовательский центр
Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша
Российской академии наук»
(ИПМ им. М.В. Келдыша РАН)

125047, Москва, Миусская пл., 4 Тел. 8 (499) 220-72-33 Факс 8 (499) 972-07-37
<http://keldysh.ru> E-mail: office@keldysh.ru
ОКПО 02699381 ОГРН 1037739115787 ИНН/КПП 7710063939/771001001

20.02.2018 № 11103- 9422/146

На № _____

Ученому секретарю
диссертационного совета Д 212.125.12
кандидату технических наук
А.В.Старкову

Направляю Вам отзыв сотрудников ИПМ А.Г.Тучина и Ю.Г.Сихарулидзе на автореферат диссертации Хуан Ичуна «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.

Приложение. Отзыв на 2-х страницах в 2-х экземплярах.

Ученый секретарь ИПМ им. М.В.Келдыша РАН
кандидат физико-математических наук

А.И.Маслов

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № _____
22 02 2018

Отзыв

на автореферат диссертации Хуан Ичуна «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

В диссертации рассматривается актуальная задача безопасной мягкой посадки КА на Луну в заданном месте. Целью работы является повышение надежности маневра посадки за счет «зависаний» КА на определенных высотах для рекогносцировки заданного места посадки, уточнения наличия опасных препятствий вида больших уклонов и камней. Автор использует современные методы механики космического полета, оптимального управления, оптимизации основных параметров КА и статистического моделирования.

В основу маневра посадки положена классическая схема, включающая переход КА с окололунной круговой орбиты на предпосадочную орбиту с высотой перицентра порядка 15-18 км, этап основного торможения из перицентра с гашением скорости практически до нуля на высоте около 2.4 км, вертикальный управляемый спуск и уменьшение скорости снижения для мягкой посадки. Отличие состоит в использовании двух-трех «зависаний» (в конце этапа основного торможения, на высоте около 100 м и непосредственно перед прилунением) для уточнения места посадки и обеспечения безопасного прилунения. Новым является совмещение маневра основного торможения с вертикализацией КА в конце этого участка, что обеспечивает благоприятные условия для движения на участке повторного торможения.

Интересным представляется рассмотренная в работе задача совместной оптимизации на этапе основного торможения программы тангажа, режима работы регулируемого двигателя и параметров самого двигателя (начальной тяговооруженности). Автор показал, что тяга двигателя должна быть максимальной почти на всем участке основного торможения и только в самом конце тяга должна быть уменьшена скачком до минимальной величины.

На участке повторного торможения автор предложил совместить маневр КА в скорректированную точку посадки после первого зависания с его вертикализацией к моменту второго зависания. На этом участке программа управления выбирается из условия минимизации расхода топлива.

Полезным для практики является выполненное автором сравнение двух вариантов навигационной системы: «классической» БИНС и так называемой «комплексированной», в которой дополнительно используются автономные измерения высоты и скорости движения КА.

Полученные автором результаты в части оптимального управления по углу тангажа на этапе посадки КА на Луну, режимов регулирования тяги

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вз № 22-02 2018

двигателя, уточнения рациональной схемы посадки и другие позволяют понять «цену» оптимизации, т.е. определить количественно ее преимущества.

Вместе с тем, по реферату возникают некоторые вопросы.

1. Как в рамках задачи движения центра масс (что следует из текста) можно полноценно моделировать навигационные измерения БИНС?
2. Как с высоты 2.4 км можно «разглядеть» поверхность Луны для выбора точки прилунения?
3. Состав возмущающих факторов достаточно ограничен (нет ошибок массы, величины тяги, удельной тяги и др.).

Сделанные замечания не снижают хорошего впечатления от работы. Судя по автореферату, диссертация Хуан Ичуна «Управление движением космического аппарата, совершающего мягкую посадку на Луну по схеме с зависаниями», представляет собой законченную научную работу, в которой решена важная техническая задача и которая отвечает всем требованиям ВАК по специальности 05.07.09, а ее автор заслуживает ученой степени кандидата технических наук.

Заведующий сектором,
ИПМ им. М.В.Келдыша РАН,
доктор физико-математических наук

А.Г.Тучин

Главный научный сотрудник
ИПМ им. М.В.Келдыша РАН,
доктор технических наук,
профессор

Ю.Г.Сихарулидзе

Подписи А.Г.Тучина и Ю.Г.Сихарулидзе удостоверяю

Ученый секретарь
ИПМ им. М.В.Келдыша РАН,
кандидат физико-математических наук



А.И.Маслов