

ОТЗЫВ

научного руководителя доктора технических наук, профессора

Бобронникова Владимира Тимофеевича

на диссертационную работу **Хуана Ичуна** на тему «**Управление движением космического аппарата, совершающего мягкую посадку на Луну по схеме с зависаниями**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **05.07.09** – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

В 2014 г. Хуан Ичун окончил магистратуру каф. 601 МАИ по специальности «Ракетные комплексы и космонавтика». С 2014 г. Хуан Ичун является аспирантом очной формы обучения на кафедре 604 «Системный анализ и управление» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов». Срок окончания обучения – август 2018 года.

За период обучения в аспирантуре Хуан Ичун подготовил диссертацию на тему: «Управление движением космического аппарата, совершающего мягкую посадку на Луну по схеме с зависаниями», прослушал курс дисциплин, предусмотренных учебным планом, сдал экзамены кандидатского минимума, подготовил шесть публикаций по теме диссертации, из них три в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

В ходе работы над диссертацией Хуан Ичун продемонстрировал глубокие знания в различных областях науки и техники, связанных с темой его диссертационной работы, в том числе механике космического полета, теории оптимального управления, теории навигации и управления движением космических аппаратов, а также свободное владение современными компьютерными технологиями. Кроме того, соискатель продемонстрировал хорошие навыки работы с научно-технической литературой на русском, английском и китайском языках.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена тем, что эффективность полетов космических аппаратов (КА) на Луну существенно зависит от методов управления движением КА при реализации мягкой посадки на ее поверхность. В работе аспиранта Хуана Ичуна предложен и исследован новый метод решения этой задачи, предусматривающий зависания КА в ходе полета для оперативного выбора и уточнения места посадки. При этом в работе предложен оригинальный подход к решению задачи в такой постановке, при котором торможения КА совмещаются с его вертикализацией. Такой подход позволяет сократить общее число этапов реализации мягкой посадки и повысить энергетическую эффективность миссии.

Таким образом, в диссертационной работе разработаны новые научно обоснованные технические решения, имеющие важное значение для развития методов планирования, проектирования и оптимизации программ управления движением КА, совершающих мягкую посадку на Луну.

Научная новизна результатов диссертационной работы заключается в следующем:

1. Предложена схема мягкой посадки, предусматривающая зависания КА для оперативного уточнения и окончательного выбора места посадки, в которой достижение зависаний реализуется совместно с вертикализацией аппарата.

2. Разработана методика решения задачи совместной оптимизации характеристик двигательной установки КА и программы управления его движением на этапе основного

торможения, которая позволяет определить минимальную массу ДУ при выполнении заданных терминальных требований по обнулению скорости и вертикализации КА.

3. Разработана методика решения задачи оптимизации движения КА на этапе управляемого спуска между зависаниями, обеспечивающей минимум расхода топлива для реализации спуска при выполнении условий вертикализации КА в начале и конце этапа.

4. Сформирована структура и разработан алгоритм функционирования комплексированной навигационной системы (НС) КА, реализующей совместное оценивание состояний КА и идентификацию возмущений, являющихся случайными величинами.

5. Сформирована структура и выбраны параметры регуляторов замкнутой СУ КА, активно компенсирующей оцениваемые постоянные и медленно меняющиеся возмущения совместно с подавлением неконтролируемых возмущений, что обеспечивает реализацию всех этапов МП по предложенной схеме с удовлетворительной точностью, в том числе непосредственно прилунения КА.

Основные положения диссертационной работы, выносимые на защиту:

1. Схема мягкой посадки, предусматривающая зависания КА в ходе посадки для оперативного уточнения и окончательного выбора места посадки, в котором достижение зависаний реализуется совместно с вертикализацией аппарата.

2. Методика решения задачи совместной оптимизации характеристик ДУ и программы управления движением КА на этапе основного торможения, обеспечивающих минимальный расход массы ДУ КА при выполнении заданных терминальных требований по обнулению скорости и вертикализации КА.

3. Методика решения задачи оптимизации движения КА на этапе управляемого спуска между зависаниями, обеспечивающей минимум расхода топлива при выполнении заданных граничных условий в начале и конце этапа (нулевая скорость и вертикальная ориентация продольной оси).

4. Результаты исследования вариантов построения НС КА, в которых показано, что при реалистичных характеристиках возмущений комплексированная НС обеспечивает необходимую точность навигации КА.

5. Структура и предварительные значения параметров регуляторов замкнутой СУ КА, обеспечивающей компенсацию постоянных и медленно меняющихся возмущения совместно с подавлением неконтролируемых возмущений. Результаты имитационного моделирования СУ, демонстрирующие реализуемость посадки по предложенной схеме с удовлетворительной точностью.

Полученные в работе результаты имеют практическую значимость, поскольку могут быть использованы в ходе проектирования полетов автоматических КА с мягкой посадкой на лунную поверхность, в том числе при формировании общей схемы реализации мягкой посадки, выборе оптимальных характеристик ДУ, разработке оптимальных схем и программ управления движением на отдельных этапах посадки, при формировании облика НС и СУ движением КА в целом.

Ценность диссертации Хуана Ичуна подтверждается тем, что материалы диссертации используются в учебном процессе кафедры 604 в курсах «Динамическое проектирование систем управления ЛА» и «Системный анализ и принятие решений», читаемых студентам кафедры.

Диссертационная работа Хуана Ичуна является завершённым научным исследованием, удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Профессор, доктор технических наук,
профессор кафедры 604 «Системный анализ
и управление» ФГБОУ ВО «Московский
авиационный институт (национальный
исследовательский университет)»

Подпись Бобронникова В.Т. заверяю,
И. о. декана факультета № 6



Бобронников В.Т.

Тушавина О.В.