



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования

«Балтийский государственный технический  
университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»  
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

Санкт-Петербург, 190005, 1-я Красноармейская ул., д. 1  
Тел.: (812) 316-2394, Факс: (812) 316-2409  
E-mail: komdep@bstu.spb.su. www.voenmeh.ru  
ИНН 7809003047

21.02.2018 № 3/8

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Председателю

диссертационного совета Д 212.125.12

д.т.н., профессору В.В. Малышеву

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

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе и  
инновационно-коммуникационным  
технологиям



к.т.н.

С.А. Матвеев

«21» февраля 2018 года

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

**ХУАНА ИЧУНА,**

выполненной 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».

### 1. Актуальность

Диссертационная работа Хуана Ичуна посвящена решению актуальной проблемы разработки алгоритмов управления движением космических аппаратов (КА), совершающих мягкую посадку на поверхность Луны по схеме с зависаниями. Актуальность данной проблемы обусловлена тем, что для решения современных научных задач на лунной поверхности планируется совершать посадки КА в областях со сложным рельефом, в том числе расположенных в окрестности лунных полюсов. В этих условиях становится необходимым оперативный выбор и уточнение конкретного места посадки аппарата непосредственно в полете с использованием специальной бортовой аппаратуры наблюдения. Для эффективной работы такой

6.03.2018

аппаратуры должны быть предусмотрены этапы зависания КА с нулевой скоростью в вертикальном положении в нескольких точках траектории посадки аппарата.

## **2. Научная новизна**

Как следует из автореферата, к основным научным результатам, самостоятельно полученным автором и представляющим наибольший интерес, можно отнести:

1. Схему мягкой посадки КА, предусматривающую, по крайней мере, два зависания в ходе движения КА по траектории мягкой посадки, при которой зависания реализуются совместно с вертикализацией аппарата.

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

3. Методику решения задачи оптимизации программы управления движением КА на этапе управляемого спуска между первым и вторым зависаниями, обеспечивающей минимум расхода топлива, затрачиваемого на реализацию этапа, при выполнении заданных граничных условий.

4. Алгоритм функционирования комплексированной навигационной системы, обеспечивающий возможность совместного оценивания состояний КА и идентификацию неконтролируемых возмущающих воздействий.

5. Методику синтеза регуляторов замкнутой системы управления движением КА, обеспечивающих компенсацию оцениваемых постоянных и медленно меняющихся возмущающих воздействий совместно с подавлением неконтролируемых возмущений, что обеспечивает реализацию всех этапов мягкой посадки по предложенной схеме с удовлетворительной точностью.

## **3. Практическая значимость**

Практическая значимость работы заключается в возможности использования полученных в работе теоретических и технических

результатов при проектировании автоматических КА рассматриваемого класса, при разработке оптимальных схем и программ управления движением на отдельных этапах посадки, при формировании облика навигационной системы и системы управления движением КА в целом.

#### **4. Достоверность и обоснованность результатов работы**

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 результатов, полученных в работе, с результатами, полученными ранее другими авторами.

#### **5. Публикации и апробация работы.**

Результаты исследований докладывались и получили одобрение на трех научно-технических конференциях, опубликованы в трех статьях в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ.

#### **6. Автореферат**

Содержание автореферата изложено грамотно и в строго логичной последовательности.

#### **7. Замечания по работе**

В качестве недостатков можно отметить следующие:

- Задача управления мягкой посадкой решается в работе на основе рассмотрения плоской модели движения КА.
- Из автореферата не понятно, как сформулирована структура оптимального управления на основе принципа максимума в задаче управления вектором тяги двигателя торможения в третьей главе диссертации.
- Используемая в работе модель доплеровских измерений скорости движения КА относительно лунной поверхности, применяемая в навигационной системе, является чрезмерно упрощенной, поскольку не

учитывает влияние рельефа лунной поверхности на ошибки измерений данного прибора.

- Из автореферата не ясно, как было организовано адаптивное управление движением по отношению к возмущениям, оцениваемым с помощью навигационной системы.

### **Выводы**

В целом по актуальности, объему выполненных исследований, научной и практической ценности полученных результатов данная работа удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Хуан Ичун, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Заведующий кафедрой процессов управления,  
доктор технических наук, профессор,



О.А.Толпегин