

О Т З Ы В

Акционерного общества «Государственный ракетный центр имени академика В.П. Макеева» на автореферат диссертации **Бакри Ибрагима**, выполненной на тему **«Синтез законов стабилизации пространственного движения космического аппарата с малой асимметрией в атмосфере Марса»** и представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Диссертационная работа Бакри Ибрагима посвящена исследованию вопросов, связанных с разработкой методов построения законов управления пространственным движением межпланетного космического аппарата (КА) на участке спуска на целевую планету, имеющую атмосферу.

Обеспечение устойчивого движения космического аппарата в атмосфере планеты представляет собой технически сложную задачу. Одной из основных особенностей этой задачи является неопределенность, которая обусловлена отсутствием полных знаний об атмосфере планеты и ее сезонной изменчивости. В связи с этим построение математической модели управляемого пространственного движения КА и синтез оптимальных законов управления его угловой ориентацией, обеспечивающей устойчивое состояние КА на участке спуска, имеет большое значение. Это обуславливает **актуальность** выполненной автором работы.

Автор исследует математические модели оптимального управляемого движения КА с малой асимметрией в атмосфере Марса.

В качестве основных методов решения рассматриваемых задач оптимизации автор использует метод асимптотического анализа и метод динамического программирования Беллмана.

Входящий №	204-2255
Дата	30 НОЯ 2023
Самарский университет	

Целью исследования диссертационной работы является разработка оптимальных законов управления угловым движением спускаемых аппаратов с малой асимметрией в атмосфере Марса, обеспечивающих заданные условия движения в момент ввода парашютной системы.

Научная новизна полученных в работе результатов заключается в следующем:

1. В рамках построенной автором математической модели движения КА получены оптимальные законы управления по угловой скорости и по углу атаки, обеспечивающие стабилизацию КА относительно вектора скорости в атмосфере Марса с учетом возмущающего влияния малой аэродинамической и малой массово-инерционной асимметрий на движение КА относительно центра масс.

2. Разработаны дискретные аналоги полученных непрерывных оптимальных законов управления, обеспечивающие стабилизацию КА относительно вектора скорости в атмосфере Марса, позволяющие учесть влияние дискретного характера работы двигателей системы управления.

3. Разработаны методика и алгоритм построения области допустимых значения асимметрий спускаемого КА, позволяющие исключить влияние главного резонанса при его неуправляемом движении в атмосфере Марса.

Практическая значимость заключается в возможности применения полученных результатов при проектировании систем управления ориентацией спускаемых КА и при выборе аэродинамических и массово-инерционных характеристик КА в процессе проектирования его конструкции.

Апробация результатов, полученных в диссертационной работе проведена на семи всероссийских и международных научных конференциях.

Из материалов автореферата следует, что автором изучены и достаточно корректно используются известные математические модели и теоретические положения других авторов по исследуемому вопросу, что подтверждает **обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций**, сформулированных в диссертации.

В качестве **замечаний** к автореферату необходимо отметить следующее:

- не приведено обоснование выбора метода Беллмана для построения оптимального управления на участке спуска, среди других методов, авторы которых указаны в автореферате;
- не приведено обоснование не учета влияния изменения массы и геометрической формы КА в процессе спуска в атмосфере Марса;
- в уравнении (1) отсутствует сила, создаваемая реактивными двигателями системы стабилизации;
- не приведены соотношения (значения) для коэффициента $K_{2\alpha}$, входящего в выражение (11), и не показано его влияние на процесс стабилизации по пространственному углу атаки;
- в автореферате не дано заключение по возможности использования полученных законов управления при спуске в атмосферах других планет Солнечной системы (например, Земли).

Указанные замечания не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации.

ВЫВОД.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, обладает актуальностью и научной новизной и имеет практическую значимость.

Автореферат в полной мере отражает сущность диссертационной работы, по объему и содержанию соответствует требованиям «Положения...» ВАК России, а его автор Бакри Ибрагим заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов»

Даем согласие на включение наших персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Бакри Ибрагим и их дальнейшую обработку.

Заместитель генерального конструктора
по проектированию изделий и
комплексов

М.С. Голунов

Начальник отдела баллистики, к.т.н.

В.В. Степанов

Подписи заверяю
Главный ученый секретарь АО «ГРЦ
Макеева», к.т.н.

С.Т. Калашников

Акционерное общество «Государственный ракетный центр имени академика В.П.Макеева»
456300, г. Миасс, Челябинская область, Тургоякское шоссе, 1,
Телефон: (3513)-28-6379, (3513)-28-6216
e-mail: src@makeyev.ru