

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР «САРАТОВСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» (ФИЦ СНЦ РАН)**

ул. Рабочая, 24, г. Саратов, 410028

Тел./факс (845-2) 23-45-10, 27-14-36. E-mail: sncransar@san.ru, www.sncran.ru

16.10.2023 № 148001-148/1

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора Федерального
государственного бюджетного учреждения
науки

Федеральный исследовательский центр
«Саратовский научный центр Российской
академии наук»,

кандидат экономических наук

В.К. Брель

« 16 » октября 2023 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Бакри Ибрагима на тему «Синтез законов стабилизации пространственного движения космического аппарата с малой асимметрией в атмосфере Марса», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов

Диссертационная работа посвящена исследованию управляемого вращательного движения стабилизированных космических аппаратов с малой асимметрией при спуске в атмосфере Марса. При этом в работе осуществляется синтез нескольких законов оптимального одновременного управления угловой скоростью и пространственным углом атаки, обеспечивающих стабилизацию космических аппаратов относительно вектора скорости при спуске в атмосфере Марса.

1. Актуальность темы диссертации

Задача спуска космического аппарата (КА) в разрежённой атмосфере Марса является одной из наиболее технически сложных и аварийно-опасных задач современной космонавтики. Известно, что плотность атмосферы Марса существенно меньше плотности атмосферы Земли на аналогичных высотах. При этом физические характеристики атмосферы Марса изменяются в течение времени года в зависимости от расположения планеты относительно Солнца. Кроме того, на состояние атмосферы Марса существенное влияние оказывают различные возмущающие погодные факторы.

В диссертационной работе рассматривается разработка оптимальных непрерывных законов управления угловой скоростью и пространственным углом атаки КА с различными

Входящий № 217-8416
Дата 07 НОЯ 2023
Самарский университет

сочетаниями асимметрий на участке спуска в атмосфере Марса, начиная с высоты 100 км до высоты раскрытия тормозного парашюта, равной 10 км. При этом применяются известные математические модели, описывающие возмущённое движение КА как твёрдого тела с малыми асимметриями относительно центра масс в атмосфере Марса.

Известно, что присутствие малых асимметрий на борту неуправляемого КА может привести к реализации длительного резонанса. В результате может произойти значительное увеличение пространственного угла атаки или угловой скорости спускаемого КА, что может быть причиной аварийной ситуации при вводе в действие тормозной парашютной системы.

В представленной диссертации рассматривается новая методика и новый алгоритм оценки допустимых значений параметров асимметрий КА, обеспечивающие нерезонансное движение при неуправляемом спуске КА в атмосфере Марса. Данная методика может применяться, например, при моделировании движения КА при отказе штатной системы обеспечения заданной ориентации, использующей двигателя малой тяги.

Таким образом, сохранение заданной ориентации асимметричного КА при спуске в атмосфере Марса представляет собой актуальную задачу современной космонавтики. Выбор законов оптимального управления возмущённым движением КА относительно центра масс является определяющим для поддержания заданной ориентации КА.

2. Новизна проведённых исследований и полученных результатов

К основным результатам диссертации, обладающим научной новизной, можно отнести:

- получение непрерывных оптимальных законов одновременного управления угловой скоростью и пространственным углом атаки, обеспечивающие заданную стабилизацию КА относительно вектора скорости в атмосфере Марса, учитывающие возмущающие влияние малых аэродинамической и массово-инерционной асимметрий на вращательное движение КА;

- разработку дискретных аналогов новых непрерывных оптимальных законов управления, обеспечивающих заданную стабилизацию КА относительно вектора скорости в атмосфере Марса, позволяющих учесть влияние дискретного характера работы двигателей при моделировании движения с помощью новых законов оптимального управления;

- разработку методики и алгоритма расчёта диапазона допустимых значения параметров асимметрий спускаемого КА, позволяющих исключить влияние главного резонанса при его неуправляемом вращательном движении в атмосфере Марса.

3. Степень обоснованности и достоверности каждого из полученных положений, выводов и заключений

Достоверность результатов базируется на использовании классического метода теории оптимального управления (метода Беллмана), обеспечивается корректным применением асимптотического метода анализа возмущённых динамических систем (метода усреднения), а также подтверждается результатами численного моделирования. В целом, результаты работы не противоречат известным результатам, но являются обобщением некоторых из них.

Результаты диссертации в достаточной мере апробированы. Апробация результатов, полученных в диссертационной работе, осуществлялась на нескольких международных и всероссийских научных конференциях.

Основные положения, выводы и результаты диссертации содержатся в публикациях её автора. По теме диссертационной работы опубликовано 10 научных работ, из них 4 статьи опубликованы в журналах, входящих в список, рекомендованный ВАК РФ, 2 статьи опубликованы в изданиях, индексируемых в Scopus.

4. Значимость результатов, полученных в диссертации

Среди результатов диссертации, имеющих научную значимость, следует отметить: непрерывные оптимальные законы управления угловой скоростью и пространственным углом атаки, обеспечивающие стабилизацию КА относительно вектора скорости в атмосфере Марса, учитывающие возмущающее влияние малых асимметрий спускаемых КА. Кроме того, практическую значимость имеют рассмотренные в работе численные результаты по применению дискретных аналогов непрерывных оптимальных законов управления, обеспечивающих требуемую стабилизацию КА в атмосфере Марса, учитывающие влияние дискретного характера работы управляющих двигателей на процесс стабилизации КА. Более того, практический интерес также представляют новые методика и алгоритм оценки диапазона допустимых значения параметров малых аэродинамической и инерционной асимметрий спускаемых КА, позволяющие исключить влияние главного резонанса при неуправляемом спуске КА с указанными видами асимметрий в атмосфере Марса. Построенная методика также может быть использована при проектировании спускаемых КА. Разработанное программное обеспечение может быть использовано при проектировании системы управления ориентацией асимметричных КА, производящих спуск в атмосфере Марса.

5. Рекомендации по использованию результатов и выводов

Полученные приближённо-аналитические выражения и зависимости рекомендуется использовать при проектировании системы управления, применяемой при атмосферном спуске. Представленный в работе алгоритм может быть использован при выборе проектных параметров КА, позволяющих избежать длительных резонансных режимов движения при спуске КА в атмосфере Марса.

Материалы диссертации рекомендуются к использованию в учебном процессе вузов РФ для слушателей, обучающихся по направлениям подготовки бакалавриата: 24.3.1 – Ракетные комплексы и космонавтика, 24.3.2 – Системы управления движением и навигация, 24.3.3 – Баллистика и гидроаэродинамика; по направлениям подготовки магистратуры: 24.4.1 – Ракетные комплексы и космонавтика, 24.4.2 – Системы управления движением и навигация, 24.5.6 – Системы управления летательными аппаратами и по направлению аспирантуры 24.6.1 – Авиационная и ракетно-космическая техника.

6. Соответствие автореферата и диссертации паспорту специальности

Тема и содержание диссертации соответствует следующим пунктам областей исследования паспорта специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (отрасль наук – технические науки):

п. 1 «Разработка и совершенствование математических моделей, используемых для описания движения и управления летательным аппаратом на различных режимах полёта»,
п. 8 «Синтез терминального управления движением ЛА»,
п. 10 «Исследование и разработка методов синтеза законов управления движением ЛА в условиях разнообразных неопределённостей».

Содержание автореферата соответствует диссертации.

7. Недостатки работы и замечания

По диссертационной работе можно сделать ряд замечаний:

1. В работе рассматривается исключительно управление движением КА относительно центра масс в атмосфере Марса, а управление траекторией спуска не производится.

2. В диссертационном исследовании можно было бы применить более сложную модель атмосферы Марса, учитывающую, к примеру, изменение характеристик атмосферы от суток.

3. В работе подробно не рассмотрены технические особенности применения конкретных двигателей малой тяги с точки зрения величины расходов топлива.

4. Из работы не ясно: можно ли применять полученные законы стабилизации при спуске КА с малой асимметрией в атмосферах Земли и Венеры.

Среди результатов диссертации, имеющих научную значимость, следует отметить: непрерывные оптимальные законы управления угловой скоростью и пространственным углом атаки, обеспечивающие стабилизацию КА относительно вектора скорости в атмосфере Марса, учитывающие возмущающее влияние малых асимметрий спускаемых КА. Кроме того, практическую значимость имеют рассмотренные в работе численные результаты по применению дискретных аналогов непрерывных оптимальных законов управления, обеспечивающих требуемую стабилизацию КА в атмосфере Марса, учитывающие влияние дискретного характера работы управляющих двигателей на процесс стабилизации КА. Более того, практический интерес также представляют новые методика и алгоритм оценки диапазона допустимых значения параметров малых аэродинамической и инерционной асимметрий спускаемых КА, позволяющие исключить влияние главного резонанса при неуправляемом спуске КА с указанными видами асимметрий в атмосфере Марса. Построенная методика также может быть использована при проектировании спускаемых КА. Разработанное программное обеспечение может быть использовано при проектировании системы управления ориентацией асимметричных КА, производящих спуск в атмосфере Марса.

5. Рекомендации по использованию результатов и выводов

Полученные приближённо-аналитические выражения и зависимости рекомендуется использовать при проектировании системы управления, применяемой при атмосферном спуске. Представленный в работе алгоритм может быть использован при выборе проектных параметров КА, позволяющих избежать длительных резонансных режимов движения при спуске КА в атмосфере Марса.

Материалы диссертации рекомендуются к использованию в учебном процессе вузов РФ для слушателей, обучающихся по направлениям подготовки бакалавриата: 24.03.01 – Ракетные комплексы и космонавтика, 24.03.02 – Системы управления движением и навигация, 24.03.03 – Баллистика и гидроаэродинамика; по направлениям подготовки магистратуры: 24.04.01 – Ракетные комплексы и космонавтика, 24.04.02 – Системы управления движением и навигация, 24.05.06 – Системы управления летательными аппаратами и по направлению аспирантуры 24.06.01 – Авиационная и ракетно-космическая техника.

6. Соответствие автореферата и диссертации паспорту специальности

Тема и содержание диссертации соответствует следующим пунктам областей исследования паспорта специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (отрасль наук – технические науки):

- п. 1 «Разработка и совершенствование математических моделей, используемых для описания движения и управления летательным аппаратом на различных режимах полёта»,
- п. 8 «Синтез терминального управления движением ЛА»,
- п. 10 «Исследование и разработка методов синтеза законов управления движением ЛА в условиях разнообразных неопределённостей».

Содержание автореферата соответствует диссертации.

7. Недостатки работы и замечания

По диссертационной работе можно сделать ряд замечаний:

1. В работе рассматривается исключительно управление движением КА относительно центра масс в атмосфере Марса, а управление траекторией спуска не производится.

2. В диссертационном исследовании можно было бы применить более сложную модель атмосферы Марса, учитывающую, к примеру, изменение характеристик атмосферы от суток.

3. В работе подробно не рассмотрены технические особенности применения конкретных двигателей малой тяги с точки зрения величины расходов топлива.

4. Из работы не ясно: можно ли применять полученные законы стабилизации при спуске КА с малой асимметрией в атмосферах Земли и Венеры.

Данные замечания не снижают научной и практической ценности диссертационной работы.

8. Заключение


Диссертация Бакри Ибрагима представляет собой самостоятельную, законченную научно-квалификационную работу, содержащую решение актуальной задачи синтеза оптимального управления спускаемыми в атмосфере Марса космическими аппаратами с учётом влияния малой асимметрии, имеющую существенное значение в аэрокосмической отрасли.

Выполненная работа отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утверждённым постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года для кандидатских диссертаций, а её автор, Бакри Ибрагим, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

Диссертационная работа Бакри И. «Синтез законов стабилизации пространственного движения космического аппарата с малой асимметрией в атмосфере Марса» рассмотрена и отзыв утверждён на заседании лаборатории «Анализ и синтез динамических систем в прецизионной механике», протокол № 10 от «16» октября 2023 г.

Заведующая лабораторией
«Анализ и синтез динамических систем
в прецизионной механике»
д.ф.-м.н., г.н.с.

к.ф.-м.н., доцент, с.н.с.

 Барулина Марина Александровна

 Панкратова Елена Владимировна

Подписи Барулиной М.А., Панкратовой Е.В. Заверяю

 В.К. Брель

« 16 » октября 2023 г.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Саратовский научный центр Российской академии наук»

Адрес: 410028, г. Саратов, ул. Рабочая, 24

Тел. (845-2)27-14-36; (845-2)23-45-10

E-mail: sncransar@san.ru; sncransar@yandex.ru

Сайт: <http://СНЦРАН.рф>