

## УТВЕРЖДАЮ

И.о. первого проректора – проректора по научной работе

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»



П.А. Докукин

20 18 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» на диссертационную работу Торреса Санчеса Карлоса Херардо «Методика формирования схемно-технических решений малых автоматических космических спускаемых аппаратов», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации» (авиационная и ракетно-космическая техника)

### Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа Торреса Санчеса Карлоса Херардо посвящена актуальной теме космических исследований – разработке методики формирования схемно-технических решений малых спускаемых аппаратов в атмосфере Земли.

В настоящее время одним из перспективных направлений решения задач практической космонавтики является использование автоматических межпланетных станций с применением малых спускаемых аппаратов (МСА) для доставки полезной нагрузки на поверхность планеты назначения. Традиционно применяемые конструктивно-компоновочные схемы космических аппаратов (КА) не всегда могут обеспечить соблюдение ограничений, накладываемых тактико-техническими требованиями на характеристики КА.

Задача разработки МСА рассматривалась в 70-х годах в программе исследования Луны. В составе программы «Луна-16» был разработан малый возвращаемый аппарат сферической формы. Главным результатом полета «Луна-16» стала первая в мире доставка автоматическим аппаратом на Землю образцов лунного грунта. В состав последующих программ исследования Венеры и Марса также были включены МСА, например, в программах «Пионер Венера» и «Марс-

УБЫТЧИЙ ОТДЕЛ МАИ

Вх. № 26 02 20 18

96». КА «Стардаст» был запущен в 1999 году. Изначально предполагалось, что он соберёт частицы пыли из хвоста кометы «Вильда 2» и доставит образцы на Землю в специальной капсуле. В настоящее время рассматривается несколько вариантов использования опыта разработки малой марсианской автономной станции в проекте «EXO-MARS». В 2010 г. КА «Хаябуса» Японского космического агентства доставил на Землю образцы грунта астероида Итокава. Используемые в настоящее время КА представляют собой сложные конструкции, состоящие из множества элементов. МСА могут быть использованы для решения широкого круга задач: возвращение на Землю лёгких спускаемых капсул с полезным грузом, исследование атмосферы Земли в процессе спуска и т.д.

Методика, разработанная в диссертации, позволяет применить решения, полученные для условий Земли, для сложных условий других планет. В ходе апробации методики получены результаты, имеющие большое значение для многих фундаментальных и прикладных отраслей науки.

Таким образом, с учетом расширения программы исследования планет Солнечной системы, тема диссертационной работы является весьма актуальной.

### **Структура и содержание диссертационной работы**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка литературы из 105 наименований. Текст диссертации изложен на 149 страницах, включает 34 рисунка и 47 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, отмечена научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены основные положения, выносимые на защиту, а также сведения об апробации результатов диссертационной работы.

В первом разделе приведена постановка задачи выбора схемных решений МСА. Разработана методика решения задач, возникающих при схеме формирования схемных технических решений МСА. Предложена классификация по массе для МСА. Изложены схемы экспедиции; структурные схемы разрабатываемого объекта и его систем; схемы спуска; схемы ввода; схемы расположения спускаемого аппарата на базовом аппарате; траекторные операции. Приводится анализ вариантов схемных решений МСА. Выделяются схемотобразующие признаки. Выделяются разные этапы спуска и торможения в атмосфере. На каждом этапе представлены основные параметры, возмущения и



ограничения.

Во втором разделе приведены математические модели и методика оценки параметров МСА с учетом неопределенности внешних условий и исходных данных.

Определен состав математической модели как совокупности ее составных частей: модели движения, размерно-массовой модели, тепловой, аэродинамической модели.

Особое внимание при формировании модели, с учетом постановки задачи, уделено этапу торможения при использовании парашютной системы и надувного тормозного устройства.

В третьем разделе дается обобщение основных результатов исследований. Отмечается важность и влияние научных задач и модели внешних условий на циклограмму функционирования МСА. Проведены расчеты для ранних конфигураций МСА. Для получения предварительных оценок расчетных параметров МСА рассматривает три подхода: подход для определения проектных параметров с номинальной траекторией; приближение к выбору проектных параметров из экстремальных условий; а также вероятностный подход, с помощью метода эквивалентных возмущений (метод Доступа).

В четвертом разделе обсуждаются вопросы международного сотрудничества в области МСА. Основное внимание уделено сотрудничеству с развивающимися странами и, в частности, странами Латинской Америки.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

**Научную новизну** диссертационной работы определяют следующие результаты:

1. Основные схемообразующие признаки, проектные параметры, ограничения и возмущающие факторы, принимаемые во внимание при оценке эффективности торможения на ранних стадиях проектирования МСА.

2. Методика оценки траекторных параметров МСА при неопределенности внешних условий и исходных данных с использованием метода эквивалентных возмущений (использованный метод вероятностных оценок позволил значительно уменьшить разброс оцениваемых параметров, прежде всего массы системы торможения и массы тепловой защиты, из-за неопределенности исходных данных).

3. Методы, алгоритмы и программное обеспечение для оценки основных

характеристик МСА на этапе основного спуска и на этапе торможения с дополнительным тормозным устройством.

4. Принципиальная схема решения задачи спуска МСА с использованием парашютной системы и надувного тормозного устройства.

**Достоверность и обоснованность** результатов работы обусловлена четкой постановкой рассматриваемых задач, детальным анализом принятых допущений и условий, в рамках которых были получены основные результаты. Автор подробно описывает математические модели. Работа содержит большое количество расчетов, подтверждающих работоспособность предложенных соискателем методик формирования МСА при спуске в атмосфере Земли и соответствующего программно-алгоритмического обеспечения.

**Практическое значение** полученных результатов определяется направленностью проведенных исследований на решение актуальных практических задач, связанных с созданием МСА для доставки полезной нагрузки на Землю. Результаты работы могут быть использованы для подготовки специалистов, студентов и инженерных кадров.

#### **Апробация диссертационной работы и публикации**

Основные результаты диссертационной работы докладывались и получили одобрение на научных семинарах кафедры «Системный анализ и управление» Московского авиационного института, а также на двенадцати российских и международных научно-технических конференциях. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в трех статьях в журналах, рекомендованных ВАК.

#### **Замечания по работе**

По представленной работе имеются следующие замечания:

1. Для малых космических аппаратов значительный интерес представляет вариант размещения группы МСА на базовом КА. Однако данный вариант в работе не рассматривался.

2. Расчеты проведены для двух (выбранных и обоснованных) вариантов парашютной системы: одно- и двухкаскадной парашютных систем. Однако не проводилась оценка для варианта использования рифленого парашюта.

Замечания не снижают общей высокой оценки диссертационной работы и носят рекомендательный характер – рекомендуется их учесть при проведении дальнейших исследований.

Диссертационная работа имеет научно-практическое значение и полностью соответствует паспорту специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации» (авиационная и ракетно-космическая техника).

Автореферат работы в полной мере отражает содержание диссертации.

### **Заключение по диссертационной работе**

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую решение актуальной научной задачи, имеющей важное научное и практическое значение. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для науки и практики. Выводы и рекомендации обоснованы. Работа соответствует паспорту специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации» (авиационная и ракетно-космическая техника).

Диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Торрес Санчес Карлос Херардо заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации» (авиационная и ракетно-космическая техника).

Отзыв составлен на основании заключения Института космических технологий Инженерной академии Российский университет дружбы народов, протокол № 7 от 08.02.2019.

Директор Института космических технологий Инженерной академии  
ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»

к.т.н., с.н.с.

«18» 02 2019 г.

Самусенко Олег Евгеньевич

Первый заместитель – заместитель по научной работе Инженерной академии  
ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»

д.т.н., доцент

«18» 02 2019 г.

Купреев Сергей Алексеевич

