



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«Научно-производственное  
объединение им. С.А. Лавочкина»  
(АО «НПО Лавочкина»)

Ленинградская ул., д. 24, г. Химки, Московская область, 141402

Тел. +7 (495) 573-56-75, факс +7 (495) 573-35-95;  
e-mail: npol@laspace.ru; www.laspace.ru

ОГРН 1175029009363, ИНН 5047196566

от 29 НОЯ 2018 № 212/26933

на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Ученому секретарю  
диссертационного совета  
Д 212.125.12, ФГБОУ  
«Московский авиационный  
институт (национальный  
исследовательский  
университет) (МАИ)  
Старкову А.В.

125993 Москва, А-80, ГСП-3,  
Волоколамское ш., д.4.

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Торрес Санчес Карлос Херардо

на тему «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)

**1. Актуальность избранной темы.** Диссертация содержит результаты исследований автора работы, направленных на поиск оптимальных по многочисленным критериям проектных параметров систем (формы, тормозных средств, тепловой защиты, предельных условий входа в атмосферу, внешних возмущений, неточностей исходных данных и др.) малых автоматических космических аппаратов (МАКСА), спускаемых на поверхности планет с атмосферой. Цель исследований – на базе современных материально-технических средств создания аппаратов этого класса и математического обеспечения аэротермодинамических расчетов процессов, сопровождающих движение МАКСА в гравитационном поле и в атмосферах небесных тел, разработать методики выбора наиболее оптимального схемно-технического решения систем, составляющих компоновку МАКСА, обеспечивающего выполнение поставленной перед ним задачи. С учётом того, что в связи с увеличением объема проводимых космическими аппаратами (КА) научных исследований, в настоящее время наблюдается экспоненциальный рост числа их запуска, становится очевидным, что успешное решение этой задачи обусловит достижение положительного эффекта –

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ

Вх. №

03 12 20 18

снижения временных и материальных затрат на создание МАКСА более оптимальной компоновки и повышение надёжности выполнения им своих задач.

Отмеченное выше свидетельствует об **актуальности** темы диссертации.

**2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** Для достижения поставленной цели автор в своей научной работе проводит исследования по нескольким направлениям. Одно из них – подробный анализ (выполняемый в каждой из трех главах работы) конструкции МАКСА проектируемых, созданных и реализованных в российских и зарубежных экспедициях по доставке полезной нагрузки на Землю и схем функционирования в атмосферах Земли, Марса и Венеры и **обоснованно** выделяет рассматриваемые МАКСА в особый подкласс атмосферных исследовательских аппаратов и зондов.

Следующее направление – постановка задачи, выбор на основе определения совокупности основных схемообразующих признаков компоновок известных МАКСА, средств обеспечения их спуска в атмосфере и построение схемы взаимосвязей между этими признаками. Затем – установление вида многопараметрического функционала и назначение критериев эффективности (отношение полезной нагрузки к массе МАКСА) и оптимальности массы каждой из систем МАКСА, минимизирующих этот функционал.

Далее (глава 2) автор анализирует известные способы математического моделирования функционирования каждой из систем МАКСА, адаптирует их к возможности использования для выбора и оценки основных параметров аппарата на ранних этапах проектирования. Тем самым он создаёт методику **формирования схемно-технических решений** по выбору формы, средств торможения МАКСА в атмосфере, проведению последовательности этапов траекторных операций и для оценки проектных параметров тепловой защиты. Используя информацию об основных параметрах реализованных различными странами спускаемых в атмосферах аппаратов и зондов, автор устанавливает ряд **новых** полуэмпирических зависимостей этих параметров между собой, например, диаметра лобового аэродинамического экрана от массы МАКСА, массы тепловой защиты от уровня тепловой нагрузки, зависимости последней от давления торможения газового потока. В плоскости этой зависимости, автор устанавливает координаты границ применимости теплозащитных материалов соответствующей плотности для любой пары значений теплового потока и полного давления, находящейся в этих границах.

Кроме того в рамках главы 2 разработаны алгоритм определения проектных параметров МАКСА в области экстремальных условий их функционирования и алгоритм вероятностного определения проектных параметров МАКСА методами Монте-Карло и методом эквивалентных возмущений Доступова.

Глава 3 посвящена описанию результатов численного моделирования траектории спуска МАКСА различных форм, схем торможения с помощью аэродинамического экрана жесткой и надувной конструкций и спуска на

парашютах. Проводится сравнение результатов расчета проектных параметров этих схем спуска и посадки МАКСА с выявлением преимущества одного варианта схемы над другим.

Наконец, в гл. 4 автором описаны программы и перспективы Международного сотрудничества в области проектирования космических аппаратов.

В итоге, полученная совокупность расчетно-теоретических и аналитических исследований автора диссертации обеспечила ему возможность сделать **обоснованные выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации.**

### **3. Новыми результатами исследований следует признать:**

- результаты сравнения с помощью разработанной методики формирования схемно-технических решений проектного облика спускаемых аппаратов (СА) с жестким аэродинамическим тормозным экраном (АТЭ) с СА, оснащенным надувным тормозным устройством (НТУ). Результаты показали, что отношения массы полезной нагрузки к общей массе СА в первом случае составляет 40-60%, во втором – 10-25%;

- установленные схемотобразующие признаки МАКСА и их взаимосвязи, для формирования проектного облика аппарата;

- разработанные алгоритмы и комплекс программного обеспечения, позволяющие проводить предварительную проектную оценку и сравнительный анализ схем торможения в атмосфере Земли с использованием одно и двух каскадной парашютной системы, СА с НТУ и жестким АТЭ, а также оценить влияние вероятностного характера внешних условий, исходных данных и разброса проектных параметров на массовые характеристики МАКСА;

- выведенные на основе сравнительного анализа параметров всего многообразия разработанных в России и за рубежом СА и зондов полуэмпирические соотношения. Эти соотношения могут быть использованы для определения на первоначальной стадии проектирования МАКСА ряда зависимых параметров: диаметра аэродинамического тормозного экрана (АТЭ) от массы аппарата, массы теплозащитного покрытия (ТЗП) от величины тепловой нагрузки на АТЭ, величины этой нагрузки от давления заторможенного газового потока, набегающего на АТЭ, и др.

**4. Значимость для науки и практики полученных автором результатов** заключается в возможности использования проведенной модификации математических моделей процессов, сопровождающих движение и функционирование СА в атмосфере, и полученных в работе полуэмпирических соотношений для **оперативных расчетов** с помощью методики формирования схемно-технических решений предварительных параметров этих аппаратов. .

**5. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.**

Результаты и выводы, вытекающие из содержания диссертации, могут быть включены в ведомственные документы отрасли космической техники (в методики,

руководства, стандарты и др.), а также в учебные пособия специализированных учебных заведений.

#### **6. Оценка содержания диссертации, ее завершенности.**

Материалы диссертации, изложены в четырех главах в логической последовательности, в достаточном для формулировки выводов объеме и на техническом языке, понятном для специалистов по выбранной теме. **Завершенность** работы подтверждается соответствующими содержанию диссертации **выводами**.

Содержание автореферата в краткой форме повторяет основное содержание диссертации.

#### **7. Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, мнение о научной работе соискателя в целом.**

**Достоинства** диссертации освещены в предыдущих пунктах отзыва.

Что же касается основных замечаний, то **необходимо и полезно** для соискателя по мере их важности выделить следующее:

а) не оправдалось ожидание оппонента увидеть в работе автора хотя бы один пример использования разработанной методики для формирования схемно-технического решения спуска и посадки СА с заданной массой полезной нагрузки (основной критерий полезности), для выбранных условий входа в атмосферу. В результате этого расчета должна бы быть выявлены **однозначные параметры** технического решения: форма и габариты СА, схема спуска, этапы функционирования по траектории спуска, материал, толщины и масса ТЗП, удовлетворены требования к перегрузкам на всех этапах эксплуатации СА и, наконец, общая масса СА. В работе же приведены примеры использования методики только для обеспечения выбора при сравнении пары вариантов: жесткий АТЭ – НТУ, один парашют – два, материал ТЗП низкой плотности – высокой, и т.д.

Рекомендация автору: продолжить работу в указанном направлении уже в рамках докторской диссертации.

б) не всегда из текста удается определить получены приводимые количественные характеристики в результате расчетов автора или заимствованы из источников. Пример: коэффициенты аэродинамического сопротивления в табл. 2.5 при различных числах Маха якобы рассчитаны автором работы. Это вызывает сомнение. Следовало бы приводить более конкретную и точную ссылку на источники используемой информации;

в) при анализе данных автор иногда допускает неточности в обоснованиях выбора тех или иных характеристик. Пример: по данным таблицы 2.5 вариант В5 обозначен автором обладающим большим значением коэффициента сопротивления. Однако  $C_x$  в вариантах В; и В5 различны на равноразностных участках спуска;

г) диссертация легко читаемая, но, была бы более содержательной, если бы была насыщена большим числом графического материала, характеризующего

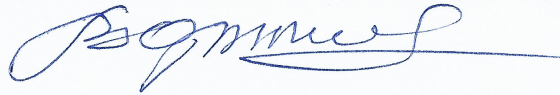
многопараметричность функционала, отражающего качество функционирования исследуемого объекта.

**8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.**

Таким образом, диссертация Торрес Санчес Карлос Херардо является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи разработки методики формирования схемно-технических решений малых автоматических спускаемых аппаратов, имеющей значение для развития знаний в области космической техники.

Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Торрес Санчес Карлос Херардо заслуживает присуждения искомой ученой степени по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (Авиационная и ракетно-космическая техника).

**Официальный оппонент** – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник Акционерного общества «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина» (АО «НПО Лавочкина») Финченко Валерий Семёнович



/ В.С Финченко/

Дата 12.11.2018 г.

Подпись Финченко Валерия Семёновича удостоверяю

Заместитель генерального директора по науке  
профессор, доктор технических наук

*С.Н. Шевченко*  
12.11.

