

ОТЗЫВ

официального оппонента, д.т.н., профессора кафедры системного анализа и управления федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Малышева Вениамина Васильевича на диссертационную работу Русских Антона Сергеевича «Методика проектирования межорбитального транспортного аппарата с электроракетной двигательной установкой для комбинированных схем выведения на геостационарную орбиту», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13. Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов

Общая характеристика работы

Диссертация Русских Антона Сергеевича посвящена задачам проектирования межорбитального транспортного аппарата с электрореактивной двигательной установкой (МТА с ЭРДУ), предназначенного для выведения полезной нагрузки на геостационарную орбиту, выбору его оптимальных проектных параметров, разработке конструктивно-компоновочной схемы и трехмерной модели для формирования проектного облика такого аппарата.

Работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы из 99 наименований. Общий объем диссертации составляет 172 страницы машинописного текста, включая 19 таблиц и 64 рисунка.

Актуальность темы работы

Масса спутников, предназначенных для работы на геостационарной орбите, увеличивается с каждым годом, а энергетические возможности современных средств выведения, использующих в своем составе термохимические двигатели большой тяги, почти не увеличиваются в связи с приближением их к своему пределу. Особенно актуальна эта проблемы для России, космодромы которой находятся в северных широтах.

Одним из решений проблемы повышения эффективности средств выведения является использование более эффективных двигателей, работающих на других физических принципах, например, электрореактивные двигатели. Особенность этих двигателей в высокой скорости истечения рабочего тела, но при этом крайне низкой тяге. Поэтому их применение для транспортных операций в космосе возможно только на достаточно высоких орбитах, выведение на которые осуществляется с помощью традиционных средств выведения с двигателями большой тяги. Использование такой комбинированной схемы выведения позволяет в более продолжительные, но приемлемые, сроки вывести ПН большей массы по сравнению с традиционными схемами выведения. Такие схемы уже были опробованы и показали свою эффективность на практике, но для

их реализации ЭРДУ устанавливалась на борту космического аппарата (КА). В представленной диссертационной работе предлагается использование отдельного автономного средства выведения - МТА с ЭРДУ, что позволит разметить на КА больше целевой аппаратуры или увеличить срок его активного существования за счет больших запасов топлива на коррекцию орбиты.

Для проектирования МТА с ЭРДУ необходимо выбрать его оптимальные проектные параметры и проверить возможность их реализации в конструкции МТА с учетом геометрических ограничений, накладываемых другими составными частями КТС. Также следует учитывать требование многоразовости МТА, так как современные бортовая аппаратура и агрегаты имеют срок службы до 15 лет и их однократное использование нецелесообразно с экономической точки зрения. Наиболее эффективно увязать между собой конструкцию составных частей космической транспортной системы, включающей МТА с ЭРДУ, позволяет создание электронных трехмерных моделей с помощью систем автоматизированного проектирования (САПР).

В связи с вышесказанным разработана методика проектирования многоразового МТА, включающей определение оптимальных проектных параметров, формирование проектного облика МТА на основе электронных проектных моделей, является **актуальной задачей.**

Новизна проведённых исследований и полученных результатов.

На основании выполненных соискателем исследований разработана методика проектирования нового типа средств выведения – МТА с ЭРДУ, включающая выбор оптимальных проектных параметров, синтез проектного облика МТА и основанная на методах многокритериальной оптимизации, предложены методика структурно-параметрического синтеза МТА и технология формирования проектного облика МТА в системе автоматизированного проектирования; получены результаты, показывающие возможность реализации конструкции МТА с параметрами, обеспечивающими максимум выводимой полезной нагрузки.

Решаемая автором задача проектирования МТА с ЭРДУ для выведения ПН на ГСО, имеет существенное значение для космической отрасли.

Обоснованность и достоверность полученных в диссертации результатов.

Анализ структуры диссертации, точности математических формулировок, логической последовательности изложения материала, показал высокую степень обоснованности полученных в работе положений, выводов рекомендаций.

Достоверность результатов диссертационной работы обеспечивается применением системного подхода к выбору оптимальных проектно-баллистических параметров

перелёта с КА с ЭРДУ, использованием апробированных численных методов параметрического синтеза, методов решения многокритериальных задач оптимизации, метода параллельного нисходящего проектирования для разработки алгоритма формирования проектного облика МТА.

Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и практики

Практическая значимость исследования заключается в разработке конструктивно-компоновочной схемы МТА с ЭРДУ, предполагающая разделение МТА на два отсека – многоразовый приборно-агрегатный и одноразовый (сменный) топливный отсек, что обеспечивает многократное использование дорогостоящих агрегатов и аппаратуры МТА; создании электронной модели МТА с ЭРДУ, в которой заложены требуемые проектные параметры и удовлетворяющая геометрическим ограничениям, накладываемым другими составными частями КТС; полученных численных результатах возможности значительного увеличения массы выводимой полезной нагрузки по сравнению с традиционной схемой выведения ПН на ГСО разгонным блоком.

Теоретическая значимость состоит в применении методов расчета движения с большой и малой тягой, выбора оптимальных баллистических параметров перелета и проектных параметров МТА, сформулированы цели, задачи, требования и ограничения проектных параметров, в рамках которых осуществляется проектирование МТА с ЭРДУ для выведения МТА на ГСО.

Подтверждение опубликования полученных результатов в печати, соответствие автореферата диссертационной работе

Материалы исследования достаточно полно изложены в 8 работах, опубликованных автором по теме диссертации, в том числе в двух статьях, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, что соответствует требованиям Положения о присуждении учёных степеней. Результаты диссертационного исследования также прошли апробацию на конференциях.

Автореферат полностью соответствует диссертационной работе, в полном объеме отражает идеи, результаты и выводы диссертации.

Тема и содержание диссертации соответствуют п. 1 «Разработка методов проектирования и конструирования, математического и программно-алгоритмического обеспечения для выбора оптимальных облика и параметров, компоновки и конструктивно-силовой схемы, агрегатов и систем ЛА, наземных комплексов и стартового оборудования, с учетом особенностей технологии изготовления, отработки и испытаний, механического и теплового нагружения, взаимосвязи ЛА с наземным комплексом и

стартовым оборудованием, неопределенности проектных решений. Разработка методов и алгоритмов обеспечения контроля и обеспечения эффективности применения ЛА в процессе эксплуатации.» и п.5 «Разработка методов, моделей и программного обеспечения для принятия оптимальных решений проектно-конструкторских, технологических и эксплуатационных задач при заданных ограничениях с учетом их компромиссного характера, риска и различимости сравниваемых вариантов изделий (процессов)» паспорта специальности 2.5.13. Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов, отрасль наук – технические науки.

Замечания по автореферату и диссертации:

- 1 В работе не рассмотрены варианты баллистических схем выведения с высотой промежуточной орбиты ниже 12000 км. Задача при этом усложняется. Она становится не двухкритериальной. Возникают и новые проблемы (оценка времени пребывания в радиационных поясах Земли, степени деградации аппаратуры и солнечных батарей и тд.).
- 2 В работе отсутствует оценка потребных запасов топлива дополнительной двигательной установки ориентации и стабилизации.
- 3 Хотелось бы более четко определить связь между проектными и баллистическими параметрами в процессе оптимизации.
- 4 Возможность увеличения массы полезных грузов на ГСО до 50% по сравнению с традиционной схемой выведения ПН на ГСО разгонным блоком за счет применения многоразового МТА требует более тщательного анализа.
- 5 Хотелось бы понять, насколько использование отдельного автономного средства выведения - МТА с ЭРДУ позволит разместить на КА больше целевой аппаратуры или увеличить срок его активного существования.

Выявленные недостатки не снижают общей высокой оценки проведенных научных исследований. Полученные автором результаты могут рассматриваться в качестве базиса для проведения дальнейших исследований.

Диссертация Русских Антона Сергеевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, написанную понятным научным языком с корректным использованием научной и технической терминологии и содержащую научную и практическую ценность.

Диссертационная работа Русских Антона Сергеевича «Методика проектирования межорбитального транспортного аппарата с электроракетной двигательной установкой для комбинированных схем выведения на геостационарную орбиту» оформлена в

соответствии с Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842 (ред. от 28.08.2017), а также соответствует требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденного Приказом Минобрнауки России от 10.11.2017 №1093 к оформлению диссертаций.

Автор диссертационной работы Русских Антон Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13. Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов.

Официальный оппонент



В.В. Малышев

28.01.2025

профессор кафедры системного анализа и управления
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет)»

125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4

тел.: +79161259792

e-mail: veniaminmalyshev@mail.ru

Подпись Малышева Вениамина Васильевича заверяю:

Директор аэрокосмического института



О.В. Тушавина