



**НПО ТЕХНОМАШ**  
им. С. А. АФАНАСЬЕВА

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ «РОСКОСМОС»  
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ  
«ТЕХНОМАШ» ИМЕНИ С.А. АФАНАСЬЕВА»  
(АО «НПО «ТЕХНОМАШ» ИМ. С.А. АФАНАСЬЕВА»)

127018, г. Москва, 3-й проезд Марьиной Рощи, д. 40, а/я 131  
тел.: +7(495) 689-50-66, факс: +7(495) 689-73-45  
www.tnpo.ru e-mail: info@tnpo.ru

ОГРН 1217700647812, ИНН 9715411975, КПП 771501001

Исх. от 11.04.22 № 020-004/3583

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

В диссертационный совет 24.2.327.03  
при ФГБОУ ВО «МАИ (НИУ)»

125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,  
Волоколамское шоссе, д. 4,  
отдел Учёного и диссертационных  
советов МАИ

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Прутько Алексея Александровича на тему:

«Оптимальные по расходу топлива траектории переориентации  
крупногабаритных космических конструкций»

на соискание учёной степени кандидата технических наук

по специальности 2.5.16 - «Динамика, баллистика, управление движением  
летательных аппаратов (технические науки)»

Работа Прутько А.А. посвящена разработке оптимального управления движением крупногабаритной космической конструкции, в частности Международной космической станции (МКС), на большие углы. Переориентация такой крупногабаритной конструкции неосуществима без интенсивной работы двигательной установки, что приводит к большому расходу топлива, доставка которого на орбиту связана с большими материальными затратами. Большой расход топлива обычно обусловлен неоптимальностью траекторий переориентации МКС в связи с несовершенством программного обеспечения управления движением МКС вокруг центра масс и недостаточной производительностью бортовой компьютерной техники. Поэтому тема диссертационной работы, цель которой состоит в осуществлении оптимальных по расходу топлива разворотов крупногабаритной космической конструкции (на примере МКС) при помощи двигателей ориентации с использованием имеющихся возможностей системы управления движением, является актуальной.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

14 07 2022 г.

Для достижения поставленной цели в работе проводится построение математических моделей углового движения орбитальной станции, окружающей среды, нагрузок на элементы конструкции, и ставится задача поиска оптимальных по расходу топлива траекторий переориентации. Далее проводится аппроксимация алгоритмов математических моделей вращательного движения, которыми являются дифференциальные уравнения первого порядка, к системе уравнений связи между значениями кватернионов ориентации, угловой скорости и значениями вектора управления в конечном наборе точек. Полученные результаты аппроксимаций применены к расчету траекторий управления ориентацией для лётных испытаний. Проведен космический эксперимент на МКС. При его проведении выполнялись оптимальные переориентации орбитальной станции. Результаты эксперимента показали применимость разработанных различных вариантов «гладких» траекторий, а результаты по расходу топлива согласуются с результатами математического моделирования.

Научная новизна: псевдоспектральные методы Лобатто и Радау применены для преобразования оптимизационных задач управления переориентацией крупногабаритной космической конструкции при помощи реактивных двигателей, имеющих релейную выходную характеристику, к задачам нелинейного математического программирования, которые в дальнейшем могут быть решены численно.

Практическая значимость работы заключается в разработке программного компонента для поиска оптимальных по расходу топлива траекторий в виде последовательности кватернионов ориентации, для экономии ресурса реактивных двигателей при переориентациях МКС по сравнению с используемыми бортовыми алгоритмами управления ориентацией СУДН РС МКС, которые производят пространственный разворот по кратчайшей траектории вокруг оси эйлера поворота между исходным и требуемым положениями ориентации.

К замечаниям к автореферату следует отнести некоторые орфографические неточности.

В целом, судя по автореферату, диссертация Прутько А.А. является завершённой научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научно-технической задачи получения траекторий переориентации крупногабаритной космической конструкции, оптимизирующих расход топлива и сокращающих количество включений двигателей ориентации для экономии их ресурса.

Диссертация выполнена Прутько А.А. самостоятельно, на достаточно высоком научно-техническом уровне. По теме и содержанию материалов диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.5.16 - «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

По актуальности темы, оригинальности постановки, полноте решения задач и полученным результатам диссертация Прутько А.А. соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), а её автор Прутько Алексей Александрович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Кандидат технических наук

« 11 » июль 2022 г.

Е.В. Кочкин

Подпись Е.В. Кочкина заверяю.

Ученый секретарь НТС, кандидат технических наук

Д.А. Муртазин



Кочкин Евгений Васильевич,

кандидат технических наук по специальности 05.07.04 – «Технология производства летательных аппаратов», начальник отдела Конструкторского бюро Акционерного общества «Научно-производственное объединение «Техномаш» им. С.А. Афанасьева», 3-й проезд Марьиной Роши, д. 40, Москва, 127018, а/я 131; тел. (495) 689 96 03, доб. 26-95, e-mail: info@tmnpo.ru