

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Прутько Алексея Александровича
**«Оптимальные по расходу топлива траектории переориентации
крупногабаритных космических конструкций»,**
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.5.16 – «Динамика, баллистика, управление движением
летательных аппаратов (технические науки)»

Представленная диссертация посвящена **актуальной** проблеме, связанной с оптимизацией разворотов крупногабаритных космических аппаратов, таких как орбитальные станции, на большие углы с целью снижения расхода топлива и экономии ресурса двигателей. В качестве орбитальной станции рассматривается Международная космическая станция (МКС).

Целью работы является выполнение разворотов МКС, оптимизированных по расходу топлива, при помощи реактивных двигателей и с использованием имеющихся возможностей системы управления движением российского сегмента. В работе предлагается рассчитать оптимальные траектории, которые будут использоваться на борту КА с применением алгоритма слежения за траекторией.

Научная и практическая значимость диссертационной работы заключается в следующем:

1. Разработан программный компонент, решающий задачу поиска оптимальных по расходу топлива траекторий разворотов МКС. В основу программы легло использование прямых методов. При помощи псевдоспектральных методов задача оптимизации была преобразована к задаче нелинейного математического программирования, которая была решена численно.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«19» 09 2022 г.

2. Снижение расхода топлива и экономия ресурса двигателей при выполнении рядовых разворотов МКС были достигнуты за счет использования гравитационного момента сил, включенного в уравнения движения при решении оптимизационной задачи.
3. Получены траектории разворотов МКС по рысканью на 180 градусов относительно орбитальной системы координат с расходом топлива в 10 раз меньше, чем при развороте вокруг оси кратчайшего поворота.
4. Полученные результаты могут быть использованы на новых орбитальных станциях, а также программный компонент может быть доработан для оптимизации модуля суммарного кинетического момента гиросистемы при решении задач переориентации с использованием силовых гироскопов или маховиков.

Научная новизна диссертационной работы состоит в нетрадиционном подходе к проведению разворотов МКС за счет возможности использования таких траекторий, которые оптимизируют расход топлива. Непосредственная реализация этих траекторий осуществляется бортовым алгоритмом слежения за траекторией. Дополнительно следует отметить, что в работе используются прямые методы, основанные в данном подходе на псевдоспектральных методах.

Достоверность полученных результатов обеспечивается результатами проведения испытаний разработанных автором траекторий на борту в условиях проведения реальных разворотов МКС по данным траекториям. Анализ телеметрической информации показал согласованность результатов математического моделирования и натурных испытаний.

Замечания:

1. В текст автореферата следовало бы включить ссылки на конкретные работы сторонних авторов и в целом более подробно отразить попытки теоретических исследований по теме. Так, на стр. 3 автореферата упоминается, что «в работах отечественных и зарубежных авторов часто исследуются решения задачи оптимальной по быстродействию и расходу топлива переориентации КА, но часто при рассмотрении частных случаев разворотов вокруг оси Эйлера». Между тем поиск в сети Интернет позволяет довольно быстро найти статьи (например, U. Lee and M. Mesbahi, «*Quaternion-based optimal spacecraft reorientation under complex attitude constrained zones*», in AAS/AIAA Astrodynamics Specialist Conference. AAS/AIAA, 2013), в которых также приводятся примеры работы и с более сложными случаями вращения.
2. Вероятно, следовало бы аккуратнее сформулировать новизну в части использования псевдоспектральных методов. Поиск в сети Интернет приводит, например, к работе George A. Boyarko, Marcello Romano and Oleg A. Yakimenko, «*Time-Optimal Reorientation of a Spacecraft using a Direct Optimization Method Based on Inverse Dynamics*» (<https://core.ac.uk/download/pdf/36738574.pdf>), в которой используется и кватернионная форма кинематических уравнений, и псевдоспектральный метод (Гаусса).

3. Представленный в работе псевдоспектральный метод назван по фамилии французского математика Радо. Радау – некорректная адаптация на русский язык.
4. В работе не представлены иные развороты МКС кроме разворотов из положения «на разгон» в положение «на торможение». При этом существуют такие ориентации во время стыковок, когда российский сегмент «направлен в сторону Земли».

Сделанные замечания не снижают ценности полученных автором результатов. Представленная диссертационная работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу, посвященную актуальной прикладной задаче, приводящей к нетривиальным с точки зрения теории оптимизации постановкам. Развиваемые в работе подходы имеют существенное практическое и методическое значение.

Заключение.

Из автореферата можно сделать вывод о том, что диссертация Прутько А.А. «Оптимальные по расходу топлива траектории переориентации крупногабаритных космических конструкций» является самостоятельным и законченным исследованием и соответствует критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (п. 9 – 14) ВАК, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)».

Отзыв составил:

Доцент кафедры математического моделирования

в космических исследованиях

факультета космических исследований

МГУ имени М.В. Ломоносова,

кандидат физико-математических наук

Самыловский Иван Александрович

05 сентября 2022 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московский государственный университет имени М.В.
Ломоносова (факультет космических исследований)

Адрес организации: 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, дом 1,
строение 52, 2-й учебный корпус

Контактный телефон организации: +7 (495) 939-21-13

e-mail: dean@cosmos.msu.ru

Подпись Самыловского Ивана Александровича заверяю:

Декан факультета

космических исследований

МГУ имени М.В. Ломоносова



Сазонов Василий Викторович