



Минобрнауки России
Федеральное государственное учреждение
«Федеральный исследовательский центр
Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша
Российской академии наук»
(ИПМ им. М.В. Келдыша РАН)

125047, Москва, Миусская пл., 4 Тел. 8 (499) 220-72-33 Факс 8 (499) 972-07-37
http://keldysh.ru e-mail: office@keldysh.ru
ОКПО 02699381 ОГРН 1037739115787 ИНН/КПП 7710063939/771001001

№ 11103-

На №

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)»

Диссертационная работа Прутько А.А. посвящена оптимизации угловых маневров крупногабаритных космических аппаратов при управлении на реактивных двигателях с целью снижения расхода топлива и сохранения ресурса используемых двигателей. В работе рассмотрены примеры оптимизации разворотов Международной космической станции (МКС) вокруг местной вертикали на 180 градусов с различными конфигурациями двигателей, приведены результаты математического моделирования и летных испытаний, а также проведено сравнение с разворотами вокруг оси эйлера поворота.

Актуальность представляемой работы определяется:

- дороговизной топлива, необходимого на проведение разворотов;
- ограниченный ресурс двигателей, эксплуатируемых более 20 лет;
- отсутствие на российском сегменте станции алгоритмов проведения оптимальных разворотов.

Целью диссертационной работы заявлено осуществление оптимальных по расходу топлива разворотов крупногабаритной космической станции при помощи двигателей ориентации с использованием имеющихся возможностей системы управления движением. В качестве такой возможности в системе

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«6» 10 2022

управления движением МКС реализован алгоритм слежения за его траекторией, заложенной на борт станции с Земли. В траектории записана последовательность равноудаленных положений ориентации в кватернионном виде.

Автором был разработан метод решения задачи поиска оптимальных траекторий разворотов МКС, которые могут быть использованы вместе с алгоритмом слежения. При этом при развороте по такой траектории расход топлива должен уменьшиться. У такого подхода решения задачи есть преимущество – управление происходит внутри контура с обратной связью, а расчеты выполняются и проверяются специалистами РКК «Энергии».

На мой взгляд, автором получены следующие значимые научные и практические результаты:

- задача оптимального управления была преобразована в задачу нелинейного математического программирования с использованием коллокационных псевдоспектральных методов Лобатто и Радо;
- разработан вычислительный комплекс для решения задачи поиска оптимальных траекторий разворотов МКС;
- с использованием разработанного автором программного комплекса были определены как траектории оптимальных разворотов МКС, так и оптимальные циклограммы включений двигателей для проведения разворотов МКС;
- оптимальные траектории разворотов, предложенные автором, были использованы в рамках эксперимента, проводившегося на МКС, по разработке алгоритмов для выполнения разворотов, минимизирующих расход топлива;
- полученные результаты могут быть использованы на разрабатываемых перспективных орбитальных станциях и других аппаратах.

Научная новизна диссертационной работы состоит в разработке алгоритма поиска оптимальных траекторий разворотов МКС при управлении ориентацией на двигателях ориентации. При решении этой задачи был учтен гравитационный момент сил, который, судя по автореферату, сыграл значительную роль в уменьшении расхода топлива – снижение расхода топлива получилось в среднем на 90%.

Достоверность полученных результатов определяется корректной математической постановкой задачи, а также результатами, полученными во время проведения летных испытаний. Как следует из автореферата, реальные расходы топлива согласуются с результатами математического моделирования.

Следует отметить, что представленные в работе разработанные методы оптимизации кроме практического значение имеют и методическое значение.

В качестве замечания к работе можно отметить то, что из автореферата не следует: проводилось ли статистическое моделирование углового движения станции при варьировании одновременно всех параметров оптимизации. Результаты такого моделирования были бы весьма полезны при оценке разработанного алгоритма управления. Однако указанное замечание не влияет на общую положительную оценку диссертационной работы соискателя.

Как следует из автореферата, можно сделать вывод, что диссертационная работа Прутько А.А. «Оптимальные по расходу топлива траектории переориентации крупногабаритных космических конструкций» выполнена на высоком научном уровне. Диссертационная работа является законченным исследованием, соответствует критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (п.п.9–14) ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических по специальности 2.5.16 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)».

Главный научный сотрудник
ИПМ им. М.В. Келдыша РАН
доктор физико-математических наук

“ 04 ” октября 2022 г.

Г.К. Боровин

Подпись Г.К. Боровина заверяю,
Учёный секретарь ИПМ им. М.В. Келдыша РАН
кандидат физико-математических наук



А.А. Давыдов