

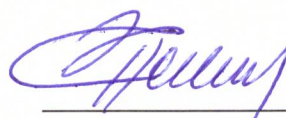


АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ПРОГРЕСС»
(АО «РКЦ «ПРОГРЕСС»)

ул. Земеца, д.18, г. Самара, 443009, тел. (846) 955-13-61, факс (846) 992-65-18, E-mail: mail@samspace.ru
ОКПО 43892776, ИНН 6312139922, КПП 997450001

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель
генерального директора -
генеральный конструктор, д.т.н.

 Равиль Нургалиевич
Ахметов*)
«20» ноября 2025 г.

ОТЗЫВ

на автореферат Сердаковой Валерии Владимировны «Исследование движения
малого космического аппарата с учетом вызванных температурным ударом
возмущений»

по специальности 1.1.7 – «Теоретическая механика, динамика машин» на
соискание учёной степени кандидата технических наук

Актуальность темы диссертации. Диссертация Сердаковой В.В. посвящена решению задачи учета возмущений от температурного удара упругих элементов МКА, возникающих при погружении и выходе МКА из тени Земли.

Целью работы является повышение эффективности выполнения целевых задач малым космическим аппаратом путем учета влияния температурного удара его упругих элементов.

Научная новизна полученных результатов диссертации:

- построена модель движения МКА, учитывающая возмущения от температурного удара;
- получены приближенные аналитические зависимости для компонентов вектора перемещений, а также поля температур ПСБ МКА, позволяющие оценивать максимальную значимость влияния температурного удара на движение МКА.

Практическая значимость результатов диссертации:

- создание системы управления угловым движением МКА с учетом возмущений от температурного удара;
- разработаны критерии учета двумерности модели, позволяющие корректно описывать различные ситуации воздействия температурного удара на тонкую пластину;
- разработан метод учета влияния температурного удара на динамику движения МКА.

На разработанные программные комплексы было получено два патента на программу для ЭВМ.

Достоверность полученных результатов подтверждается сравнением результатов с экспериментальными данными и результатами, полученными другими авторами. В целом работа выполнена на высоком научном уровне.

К достоинствам диссертационной работы следует отнести разработку метода учета влияния температурного удара на динамику движения МКА, позволяющий проводить учет температурного удара для случаев, когда его влияние на динамику движения МКА является значимым.

Также разработаны критерии необходимости учета, позволяющие на основе первичной информации сделать вывод о значимости влияния температурного удара на динамику МКА, то есть необходимо определить каким по значимости фактором (малым, значимым или определяющим) будут возмущения от температурного удара.

Проведено математическое моделирование углового движения МКА при несимметричной (на примере МКА ЕО-1), а также при симметричной (на примере МКА «Аист-2Д») схемах расположения ПСБ. Для несимметричного МКА (при условии нулевого отклонения текущей угловой скорости МКА от заданной в начальный момент времени и нулевого начального отклонения оптической оси МКА от заданного положения) на рисунке 12 представлены результаты математического моделирования возмущающего воздействия в момент температурного удара на интервале времени 2 секунды. Высота орбиты МКА составила 400 км. Данные математического моделирования для симметричного МКА, к сожалению, не представлены. Поскольку система управления угловым движением для несимметричного МКА реализована на основе КУДМ, а МЦИХ МКА ЕО-1 в рамках автореферата не представлены, достаточно сложно оценить длительность и качество переходных процессов при списании ошибки. Однако, принимая во внимание средний уровень модуля возмущающего углового ускорения на интервале времени 2 секунды равный $|\varepsilon_v| \approx 0,045 \text{ } ^\circ/\text{с}^2$, можно предположить, что процесс списания с помощью КУДМ накопленных ошибок по

углу и угловой скорости до приемлемого уровня займет десятки секунд (в зависимости от текущих коэффициентов ПИ-регулятора). Например, на МКА «Аист-2Д» максимально возможное угловое ускорение при управлении угловым движением с помощью «КУДМ Колер-Э1» составляет не более $\varepsilon_{\max} = 0,015 \text{ } ^\circ/\text{с}^2$ по каждому каналу (крена, рыскания и тангажа). Таким образом, влияние температурного удара на динамику МКА следует признать значимым. Однако, необходимо при этом также отметить тот факт, что активная работа с МКА, в том числе планирование режимов работы целевой аппаратуры, как правило не ведется вблизи граничных точек входа(выхода) МКА в(из) тень(тени) Земли в процессе орбитального полета МКА. Иными словами, всегда имеется достаточный запас по времени на отработку возмущающего воздействия от температурного удара средствами исполнительных органов (ИО) системы управления движением до начала активной работы с МКА. В этой связи, значимость температурного удара на выходные точностные характеристики угловой ориентации и стабилизации МКА для режима работы целевой аппаратуры следует признать несущественным. Возможно, для МКА технологического назначения значимость температурного удара и его последующий учет в системе управления движением (СУД) могут быть важны и даже критичны, но в этом случае необходимо знать конкретные значения предъявляемых к СУД ограничений по микроускорениям, которые будут напрямую влиять на ограничения управляющего момента ИО СУД, и, как следствие, увеличение длительности переходных процессов списания ошибок угловой ориентации и стабилизации МКА при воздействии температурного удара. Для МКА ДЗЗ негативное воздействие температурного удара несущественно и нивелируется разнесением по времени точек входа(выхода) МКА в(из) тень(тени) Земли и интервалов работы целевой аппаратуры МКА.

В качестве **недостатков** можно отметить следующее:

- 1) не отражены качественные и временные характеристики переходных процессов на участках отработки возмущающего воздействия от температурного удара средствами исполнительных органов (ИО) системы управления движением как для несимметричного, так и для симметричного МКА;
- 2) не проработан вопрос требований к СУД МКА в части ограничений по микроускорениям, которые будут напрямую влиять на увеличение длительности переходных процессов списания ошибок угловой ориентации и стабилизации МКА при воздействии температурного удара;
- 3) в случае использования несимметричной схемы ПСБ предложение по парированию влияния температурного удара на динамику МКА за счет резервного двигателя-маховика является излишним и нерациональным, поскольку важнее обеспечить не скорость отработки возмущений, вызванных

температурным ударом, а вероятнее всего, исходя из требований к СУД МКА в части ограничений по микроускорениям, необходимо обеспечить плавность списания ошибок, в том числе с помощью подбора соответствующих коэффициентов ПИ-регулятора. Данная управленческая задача легко решается тремя основными двигателями-маховиками.

Вывод: В целом автореферат свидетельствует о том, что кандидатская диссертация на тему «Исследование движения малого космического аппарата с учетом вызванных температурным ударом возмущений» является законченной научно-исследовательской работой и соответствует п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., и ее автор, Сердакова Валерия Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.7 – Теоретическая механика, динамика машин.

Главный конструктор –
начальник отделения по
системам управления и
управлению полётом КА



Сафиуллин Гумар
Абдуразакович^{**)}

^{*)} - ул. Земеца, д.18, г. Самара, 443009; тел. : 8(846) 992-65-29; e-mail: ARN@samspace.ru

^{**)} - ул. Земеца, д.18, г. Самара, 443009; тел. : 8(846) 228-59-11; e-mail: mail@samspace.ru

Ахметов Р.Н., Сафиуллин Г.А. выражают согласие на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя учёной степени кандидата технических наук Сердаковой В.В. и их дальнейшую обработку.