

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Д.А. Гришко "Исследование схем облёта объектов крупногабаритного космического мусора на низких орбитах", представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 - Теоретическая механика

В диссертации Д.А. Гришко решается задача выбора последовательности перелётов между крупными объектами космического мусора (ОКМ). В качестве ОКМ рассмотрены последние ступени ракет-носителей на низких околоземных орбитах, классифицированные по 5 группам с разными наклонениями орбитальных плоскостей.

Предложенные схемы облёта объектов основаны на использовании прецессии орбитальной плоскости, обусловленной полярным сжатием Земли. Для перелёта между двумя орбитами с разными значениями долготы восходящего узла (ДВУ) автор предлагает переводить активный космический аппарат (КА) на орбиту ожидания с другой скоростью прецессии. Ключевым моментом при реализации такой схемы маневрирования является выбор параметров орбиты ожидания. При большом изменении большой полуоси разница в скоростях прецессии больше, что позволяет быстро совместить плоскости орбиты активного КА и цели. С другой стороны, понижение высоты орбиты активного КА ограничено наличием верхних слоёв атмосферы, где время баллистического существования орбиты ожидания ограничено. Кроме того, для формирования очень низкой орбиты потребуется прикладывать большие трансверсальные импульсы скорости. Таким образом, при выборе орбиты ожидания необходимо искать компромиссную продолжительность перелёта.

В диссертации Д.А. Гришко для перелёта между двумя объектами в одной плоскости получена аналитическая формула, позволяющая рассчитать компромиссную продолжительность перелёта. Важно, что эта формула учитывает необходимость коррекции угла между плоскостями, который возникнет за время фазирувания из-за гравитационных возмущений. В общем случае при перелёте с большим углом некомпланарности по ДВУ получение аналитической зависимости для компромиссного времени перелёта не представляется возможным. В диссертации предлагаются два подхода к решению этой задачи: с применением анализа сетки графиков функций  $\Delta V$  от продолжительности перелёта, построенных для разных различий в ДВУ, и с использованием оптимизации функционала, представляющего собой сумму  $\Delta V$  и штрафной функции от  $N$ . Для реализации второго подхода полезной оказывается аналитическая формула, полученная для плоского перелёта, так как ей можно воспользоваться при малых углах некомпланарности и получить начальные условия для определения коэффициента в штрафной функции. Оба подхода дают примерно один и тот же результат, поэтому в дальнейших расчётах автор принял обоснованное решение использовать более простой первый подход.

Схемы перелёта между ОКМ, предложенные в диссертации, могут быть применены для двух вариантов увода объектов на орбиты захоронения: с использованием модулей, отделяемых от активного КА, и с использованием возможностей самого активного КА. Автор рассмотрел облёт каждой выделенной группы ОКМ в рамках обоих вариантов их увода на орбиту захоронения и предложил последовательную и диагональную схемы облёта. Для реализации каждой из этих схем используется портрет эволюции отклонений ДВУ, который наглядно показывает относительное угловое движение орбитальных плоскостей в рамках группы ОКМ. По результатам расчётов выполнено сравнение вариантов увода ОКМ и схем их облёта по требуемым энергетическим и временным затратам активного КА.

Из текста автореферата, к сожалению, нельзя сделать однозначный вывод о преимуществе предложенных автором схем орбитальных маневров по сравнению с их зарубежными аналогами. Кроме того, из содержания автореферата не понятно влияние сил светового давления на увеличение СХС при выполнении длительных траекторных маневров.

Однако, указанные недостатки не снижают значимость диссертационной работы Д.А. Гришко, которая по своей сути является пионерской.

Считаю, что работа "Исследование схем облёта объектов крупногабаритного космического мусора на низких орбитах" удовлетворяет требованиям Положения ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 - теоретическая механика, а ее автор – Гришко Дмитрий Александрович – безусловно заслуживает присуждения ему искомой степени.

Отзыв составил

**Тимаков Сергей Николаевич,**  
ведущий научный сотрудник  
ПАО «РКК «Энергия»  
доктор технических наук

Тимаков Сергей Николаевич

Адрес: ул. Ленина, 4а, г. Королёв,  
Московская обл., Россия, 141070  
Публичное акционерное общество «Ракетно-космическая  
корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва»  
Диссертационный совет ДС 520.001.01

Подпись С.Н. Тимакова заверяю

Ученый секретарь  
ПАО «РКК «Энергия»,  
кандидат физико-математических наук



Хатунцева Ольга Николаевна