

Авиамоторная, д. 53, Москва, 111250, почтовый адрес: а/я 16, г. Москва, 111250
тел.: +7 495 673-94-30, факс: +7 495 509-12-00, www.spacecorp.ru, contact@spacecorp.ru
ОКПО 11477389 ОГРН 1097746649681 ИНН 7722698789 КПП 774850001

от 10.09.2008 № 470-9/39

На № _____ от _____

ОТЗЫВ

на реферат 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

Задачи, связанные с решением проблемы увода крупных пассивных космических
объектов с низких орбит, в настоящее время являются **актуальными** в связи с тем, что при
случайном столкновении двух таких объектов образуется значительное количество более
мелких фрагментов. За счёт разных приращений скорости, полученных в момент
образования, эти фрагменты со временем занимают весь диапазон долгот восходящих узлов
(ДВУ) в некотором высотном слое. Каждый образовавшийся фрагмент может не только
вывести из строя функционирующий космический аппарат, но и при столкновении с
аналогичным объектом создать новое поколение опасных фрагментов. Это может привести к
каскадному увеличению популяции космического мусора и стать причиной остановки всех
космических программ.

Диссертация Д.А. Гришко содержит решение задачи, связанной с выбором
последовательности перелётов между группой крупных объектов космического мусора
(ОКМ), в качестве которых рассмотрены ступени ракет-носителей. Необходимо отметить,
что в нашей стране эта задача на уровне важных научных исследований поставлена и
решается впервые.

Для уточнения начальных условий автор выделил на низких орbitах 5 групп крупных
ОКМ, орбиты которых имеют одинаковое наклонение и являются околокруговыми. В рамках
каждой группы плоскости орбит объектов имеют различные ДВУ, отличающиеся друг от
друга на доли градуса до нескольких десятков градусов.

Решаемая в диссертации задача по духу близка к классической "задаче коммивояжёра". Однако фактически она гораздо сложнее. Вследствие гравитационных возмущений орбитальные плоскости непрерывно прецессируют с различными скоростями, а сами ОКМ совершают орбитальный полёт с известным периодом обращения. Попытка применить традиционные методы для получения последовательности облёта ОКМ была предпринята в работе M. Cerf Multiple space debris collecting mission: debris selection and trajectory optimization (Journal of Optimization Theory and Applications, Vol. 156, Issue 3, 2013, pp. 761-796). В результате для выбора последовательности облёта 5 объектов из 11 полученная в этой работе модель содержит 154 двоичные переменные, 341 вещественную переменную и 1070 ограничений. В случае увеличения количества исследуемых объектов сложность реализации предложенного решения неограниченно возрастает. Кроме того, алгоритм поиска решений не нагляден и не позволяет объяснить, почему то или иное решение является оптимальным (в выбранном показателе).

В диссертации Д.А. Гришко предложен другой подход к решению задачи, основанный на анализе портрета эволюции отклонений ДВУ. Графическое представление относительного движения орбитальных плоскостей объектов в рамках каждой группы позволило автору предложить разные схемы их облёта. Так, для групп с одинаковой скоростью прецессии орбит предложено осуществлять перелёты с использованием «более низкой» орбиты ожидания, которая позволяет выполнить фазирование и по ДВУ, и по аргументу широты, то есть решить задачу встречи большой продолжительности. Для групп, в которых плоскости орбит объектов прецессируют с разной скоростью, предложены "диагональные" решения, в которых орбита уводимого объекта служит одновременно орбитой перелёта к следующему объекту. Для поиска диагональных решений автор применил методы теории графов, что позволило найти цепочки наибольшей длины и в несколько раз уменьшить затраты суммарной характеристической скорости, требуемой для перелётов между охваченными объектами.

В диссертации сформулированы требования к активному космическому аппарату, предназначенному для перелётов между ОКМ с целью их увода на орбиту захоронения при помощи отделяемых модулей или за счёт собственной двигательной установки. Содержание автореферата даёт достаточное представление о постановке задачи, методах расчёта и результатах проведённых исследований. Работа прошла апробацию на Всероссийских и международных конференциях, отдельные её части опубликованы в журналах ВАК и Web of Science / Scopus.

В качестве замечания можно указать то, что в выделенных группах 4 и 5 автор не рассмотрел возможность комбинирования диагональной и последовательной схем облёта.

Однако указанный недостаток не носит принципиальный характер: анализ портрета эволюции ДВУ орбит объектов, неохваченных диагональными решениями, показывает, что для рассмотренных групп космического мусора комбинирование указанных типов решений не приведёт к заметному уменьшению энергетических и временных затрат, требуемых на облёт группы.

Диссертация Д.А. Гришко является законченной самостоятельной научной квалификационной работой, в которой дано решение актуальной научной задачи – разработка методики составления схем облёта крупных ОКМ на низких орбитах.

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 – заслуживает присуждения ему искомой степени.

Заместитель начальника центра
АО "Российские космические системы",
чл.-корр. РАРАН, д.т.н., профессор

В.В. Бетанов

Подпись заместителя начальника центра В.В. Бетанова заверяю.

Учёный секретарь
АО "Российские космические системы",
к.т.н., старший научный сотрудник
«10» апреля 2018 г.



С.А. Федотов

АО «Российские космические системы»
111250, Россия, г. Москва, ул. Авиамоторная, д. 53
тел. (495) 673-94-30
E-mail: contact@spacecorp.ru