

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор МГУ

имени М.В. Ломоносова



А.А. Федянин
А.А. Федянин

«04» июня 2015 года

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» на диссертацию Сергея Павловича Трофимова «Увод малых космических аппаратов с низких околоземных орбит», представленную на соискание степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01- Теоретическая механика.

Любые способы удаления с орбиты уже существующего космического мусора сложны с технической точки зрения и весьма дорогостоящи. Кроме того, они будут неэффективны в отсутствие продуманной, законодательно закрепленной программы, направленной на уменьшение загрязнения космоса отходами технологической деятельности человека. Поэтому разработка технологий деорбитинга, увода исчерпавших свой ресурс космических аппаратов (КА) с орбиты, становится крайне актуальной и востребованной задачей сегодняшнего дня. Особо выделяется проблема деорбитинга малых КА. Их количество растет лавинообразно, однако возможности активного маневрирования отсутствуют или минимальны. Это стимулирует создание новых систем управления движением с минимальным либо вовсе нулевым потреблением топлива и/или энергии. Исполнительные органы таких систем управления движением должны быть очень компактными и легкими, чтобы удовлетворять жестким требованиям на габариты и массу, предъявляемым к малым аппаратам.

Диссертация С.П. Трофимова посвящена важной, актуальной проблеме – разработке эффективных алгоритмов увода с орбиты, которые могут быть реализованы на борту малых спутников с учетом присущих им массогабаритных и энергетических ограничений. В первой главе диссертации соискателем решены задачи деорбитинга малых аппаратов с помощью двигателей малой тяги. Здесь рассмотрены популярные на практике случаи, когда КА пассивно стабилизируется по магнитному полю или собственным вращением. Оптимизация процесса деорбитинга проводится в два этапа с разделением движения КА на быстрые и медленные составляющие.

Во второй главе решается задача увода малых КА с низких орбит высотой около 700 км с помощью каркасного солнечного паруса. Сложность задачи заключается в нахождении режима углового движения КА с парусом, экономичного в смысле его поддержания, и в то же время синхронизованного с орбитальным дви-

жением КА таким образом, чтобы обеспечивать вековое уменьшение большой полуоси орбиты.

В третьей главе исследуется проблема параметрического синтеза каркасных парусных систем с заданными динамическими характеристиками. Проводится сравнение эффективности топливных и парусных систем деорбитинга.

Научная новизна работы С.П. Трофимова состоит в оригинальности постановок задач: в задаче увода малых аппаратов с помощью двигателя малой тяги наложены максимально жесткие ограничения на направление тяги, а в задаче парусного деорбитинга исследуется угловое движение спутника с парусом в присутствии трех равных по порядку величины внешних моментов – гравитационного, аэродинамического и светового давления, при наличии протяженного теневого участка орбиты. Что касается параметрического синтеза каркасных парусных систем, впервые он проводится в аналитической форме.

Диссертация оформлена на высоком уровне. Ее текст хорошо структурирован и снабжен многочисленными иллюстрациями. Основные результаты диссертационной работы являются новыми и строго обоснованными. Они опубликованы в 10 работах, четыре из которых в журналах из перечня ВАК. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Вместе с тем по содержанию работы имеется ряд замечаний:

1. В подзадаче оптимизации деорбитинга с помощью двигателей малой тяги на одном витке отсутствует четкая постановка экстремальной задачи, решаемой с помощью принципа максимума Понтрягина, вследствие чего трудно проверить проводимые автором выкладки.

2. Полученные в упрощенной задаче решение с помощью необходимых условий принципа максимума тем не менее называются оптимальными. Не обсуждается вопрос точности полученного решения и решения в исходной постановке, в частности не показано изменения эксцентриситета орбиты для найденных решений.

3. Функция Понтрягина в оптимизационной задаче неправильно называется функцией Гамильтона.

Тем не менее указанные выше недостатки не меняют общей положительной оценки диссертационного исследования соискателя.

Диссертация С.П. Трофимова является законченным научным исследованием, имеющим как теоретическую, так и практическую значимость: полученные результаты могут быть применены при проработке облика миссий и проектировании систем деорбитинга современных малых спутников.

Считаем, что диссертационная работа С.П. Трофимова «Увод малых космических аппаратов с низких околоземных орбит» 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 – Трофимов Сергей Павлович – заслуживает присуждения ему искомой степени.

Отзыв одобрен и принят на семинаре кафедры прикладной механики и управления механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова 27 мая 2015 года, протокол № 9.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ имени М.В. Ломоносова)

Адрес: 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, 1

Телефон: (495) 939-10-00

E-mail: info@rector.msu.ru

Сайт: www.msu.ru

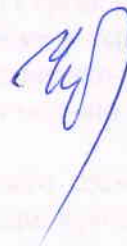
профессор кафедры прикладной механики и управления
механико-математического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова,
доктор физико-математических наук



С.С. Лемак

Подпись С.С. Лемака заверю

И.о. декана механико-математического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова
профессор



В.Н. Чубариков