



ул. Ленина, д. 52, г. Железногорск, ЗАТО Железногорск, Красноярский край, Российская Федерация, 662972  
Тел. (3919) 76-40-02, 72-24-39, Факс (3919) 72-26-35, 75-61-46, e-mail: office@iss-reshetnev.ru, http://www.iss-reshetnev.ru  
ОГРН 1082452000290, ИНН 2452034898

Экз. №

**"УТВЕРЖДАЮ"**



Председатель секции №1 НТС предприятия,  
заместитель генерального конструктора по разработке  
космических систем, общему проектированию и  
управлению космическими аппаратами

**Ю.Г.Выгонский**

2015г.

**ОТЗЫВ**

на автореферат диссертационной работы

**Трофимова Сергея Павловича**

« Увод малых космических аппаратов с низких околоземных орбит»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата физико – математических  
наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика.

**Актуальность темы**

В диссертации Трофимова С. П. разрабатываются эффективные алгоритмы увода исчерпавших ресурс КА с низких околоземных орбит, которые могут быть реализованы на борту малых КА (МКА) с учетом присущих им массогабаритных и энергетических ограничений.

В диссертации решаются задачи увода МКА с помощью электроспрейных двигателей малой тяги с большим удельным импульсом или с использованием солнечного паруса, анализируются и предлагаются наиболее эффективные способы стабилизации углового положения МКА в процессе его длительного перевода на более низкую орбиту.

Любые способы удаления с околоземного космического пространства высотой 2000 км космического мусора сложны с технической точки зрения и дорогостоящи. Однако учитывая угрозу достижения критической плотности космического мусора, которая вызовет цепную реакцию фрагментации, можно констатировать, что разработка технологий увода исчерпавших ресурс МКА с орбиты становится крайне актуальной и востребованной задачей сегодняшнего дня.

**Наиболее существенные научные результаты и их научная значимость**

Новыми, значимыми для космической отрасли и наиболее важными являются следующие результаты диссертации:

- разработано оптимальное управление величиной малой тяги для случаев угловой стабилизации пассивной магнитной и собственным вращением, обеспечивающее уменьшение высоты орбиты МКА до требуемого уровня за заданное время. Показано, что затраты топлива при стабилизации МКА собственным вращением в 1,3 – 1,5 раза меньше затрат топлива при стабилизации МКА по геомагнитному полю;

- разработан экономичный способ увода МКА с высоты более 700 км за счет силы светового давления. Предложен выгодный для увода с орбиты вращательный режим МКА с парусом, обеспечивающий желаемые вековые изменения большой полуоси орбиты за счет светового давления при максимальной эксплуатации внешних моментов;
- разработаны оценки эффективности парусных систем для увода МКА с орбиты.

### **Достоверность и практическая значимость результатов**

Научно обоснованные способы увода МКА на более низкие круговые орбиты и оценка их эффективности получены с учетом существенных факторов, определяющих потенциальную точность удержания, как вектора тяги, так и углового положения солнечного паруса на протяжении всего спуска.

Результаты численных экспериментов на математических моделях получены с учетом корректной оценки влияния принятых допущений.

Диссертация имеет выраженную практическую направленность. Разработанные алгоритмы позволяют проводить обоснование требований к различным режимам управления угловым положением МКА на последнем этапе, на этапе увода его с орбиты, проводить сравнительный анализ вариантов увода с орбиты на ранних этапах проектирования МКА.

Основные результаты диссертации опубликованы в печатных работах.

### **Недостатки и замечания**

К недостаткам работы следует отнести следующее.

1. Не показана эффективность использования электроспрейных двигателей для увода с орбиты МКА массой более 3 кг.
2. Не раскрыта хотя бы в общих чертах роль бортового и наземного контуров управления при проведении длительного управляемого перевода МКА на более низкую круговую орбиту.

Отмеченные недостатки и замечания существенно не влияют на достоверность полученных выводов и рекомендаций и могут рассматриваться как направления дальнейших исследований.

### **Заключение**

Основываясь на автореферате, можно сделать следующее заключение.

1 Диссертационная работа Трофимова С.П. отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК.

2 Автор диссертационной работы – Трофимов Сергей Павлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико – математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика.

Автореферат и отзыв на автореферат обсуждены в отделе разработки навигационно – баллистического обеспечения и на заседании секции №1 НТС.

Ведущий инженер отдела разработки  
навигационно – баллистического  
обеспечения, кандидат технических наук.  
Ученый секретарь секции № 1 НТС



В.Н. Подолякин



А.Н. Кульков