

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Юдина Андрея Дмитриевича «Разработка способа увода наноспутников Cubesat с низких околоземных орбит», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)

### Актуальность темы диссертации

Низкие околоземные орбиты (НОО) становятся в последнее время весьма заселенными техногенным космическим мусором, который представляет собой опасность ввиду достаточно высокой угрозы столкновения с действующими объектами. Тенденция к миниатюризации КА и использованию группировок малых КА вместо одного большого усугубляет проблему, увеличивая число объектов в околоземном космическом пространстве. К миниатюрным КА относятся наноспутники CubeSat, создающие риск столкновения с функционирующими объектами в космосе после окончания срока эксплуатации или выходе их из строя.

Разработка технологий увода с НОО объектов, исчерпавших ресурс и загрязняющих ближний космос, в настоящее время весьма востребована.

В связи с этим весьма актуальна задача разработки методики увода нефункционирующих наноспутников CubeSat с НОО с показателями, формирующими обобщенный критерий качества увода КА.

### Содержание диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы из 97 наименований, изложена на 129 страницах машинописного текста, содержит 67 рисунков и 17 таблиц.

Введение содержит обоснование актуальности работы, сформулированы цель и задача исследования, перечисление аспектов научной новизны и практической значимости полученных результатов.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

19.04.2021 г.

В первой главе проведен обзор методов очистки околоземного космического пространства от нефункционирующих спутников Cubesat. Показано, что наиболее реализуемыми и целесообразными являются пассивные методы увода КА с околоземных орбит. Предложена рациональная техническая реализация способа увода наноспутников Cubesat с использованием аэродинамической тормозной сферической оболочки и поставлена задача исследования.

Во второй главе представлено исследование системы для увода наноспутников Cubesat. Основной целью которого является синтез конструкции автономного устройства для увода наноспутников Cubesat.

Приведено описание и анализ разработанной автором модели рационального состава автономного устройства для увода КА Cubesat с НОО, в которую вошли: «Система ввода в действие», «Система надува оболочки» и «Система управления», а также система управления увода наноспутника Cubesat.

В результате определен рациональный состав системы увода наноспутника с рабочей орбиты после окончания времени его эксплуатации.

В третьей главе рассмотрена технология изготовления тормозной сферической оболочки для системы увода CubeSat.

Основным вариантом сборки оболочки шара выбрана склейка встык с помощью специальной ленты, поскольку проведенные автором эксперименты показали, что прочность клееных швов выше, чем металлизированной полиимидной пленки. Решена задача укладки склеенной сферической тормозной оболочки в корпусе юнита CubeSat с высоким процентом заполнения.

Расчеты существования тормозных оболочек показали, что при достижении рабочего положения оболочка не разрушится вследствие разницы давлений и будет сохранять рабочую форму в течение всего времени спуска.

В итоге автором разработаны несколько моделей системы увода наноспутника Cubesat с рабочей орбиты за счет сил аэродинамического торможения и создан демонстрационный макет системы увода КА Cubesat.

В заключении приводится перечень наиболее важных результатов и выводов, полученных автором.

В работе представлены следующие полученные автором новые научные результаты:

1. Разработана авторская методика выбора способа увода наноспутников CubeSat с показателями, формирующими обобщенный критерий качества увода КА;

2. Определен рациональный состав системы и схемотехнические решения увода наноспутников CubeSat с учетом массогабаритных ограничений и совместимости компонентов;

3. Разработан новый рациональный алгоритм управления системой увода с минимальным количеством команд и элементов системы управления.

Основные результаты диссертации являются оригинальными и получены либо автором, либо при его непосредственном участии.

Достоверность и обоснованность результатов работы обусловлена корректным применением методов системного анализа, методов экспертных оценок, методик автоматизированного проектирования технических систем и подтверждается адекватностью результатов использования предложенных методов в демонстрационном макете системы увода КА Cubesat.

Практическая значимость заключается в решении практических задач, стоящих в космической технике и связанных с созданием новых средств увода космических аппаратов. Работа доведена до стадии демонстрационного макета устройства укладки тормозных оболочек, который был представлен на международном авиакосмическом салоне «МАКС-2019».

### Апробация и публикации

Основные научные результаты диссертационной работы докладывались на ряде международных и всероссийских конференциях и конкурсах, на некоторых автор стал лауреатом и призером.

Опубликовано 11 работ, в том числе 4 в изданиях, рекомендуемых ВАК. Имеется 1 свидетельство о регистрации изобретения.

### Замечания

1) Набор показателей и ограничений, выбранных соискателем, краток, в силу этого решение задачи выглядит простым и очевидным.

2) Основные решения базируются на экспериментальных и экспертных оценках, математические и статистические модели отсутствуют.

3) Графическое оформление работы: встречаются плохо читаемые подписи на рисунках из-за мелкого шрифта или названия на английском, например, рисунок 1-6.

Указанные недостатки не снижают значения полученных автором новых научных и практических результатов.

Тема и содержание диссертации отвечают п. 2 (Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации); п. 11 (Методы и алгоритмы прогнозирования и оценки эффективности, качества и надежности сложных систем); п. 13 (Методы получения, анализа и обработки экспертной информации) паспорта специальности 05.13.01.

### Заключение

Таким образом, диссертация является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне, обладающей необходимой новизной и достоверностью полученных результатов.

Автореферат полно и объективно отражает содержание диссертации. Выводы по диссертации соответствуют выводам, опубликованным в автореферате.

Считаю, что диссертационная работа «Разработка способа увода наноспутников Cubesat с низких околоземных орбит» полностью соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор – Юдин Андрей Дмитриевич - заслуживает присвоения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника).

Официальный оппонент  
директор обсерватории  
Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Рязанский государственный  
университет имени С.А. Есенина» (РГУ имени С.А. Есенина)

доктор технических наук, доцент



А.К. Муртазов

16.04.2021 г.

390000, Рязань, ул. Свободы, 46

Тел. 8-915-608-4145

e-mail: [a.murtazov@365.rsu.edu.ru](mailto:a.murtazov@365.rsu.edu.ru); [akmurtazov@gmail.com](mailto:akmurtazov@gmail.com)

Подпись доктора технических наук, доцента  
Андрея Константиновича Муртазова заверяю:  
проректор по научной деятельности  
ФГБОУ ВО «РГУ имени С.А. Есенина»

кандидат исторических наук, доцент

05.04.2021 г.



В.А. Горнов