

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации ЮДИНА Андрея Дмитриевича «Разработка способа увода наноспутников CUBESAT с низких околоземных орбит», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации».

Актуальность темы диссертационного исследования Юдина Андрея Дмитриевича достаточно очевидна. Проблема засорения околоземного космического пространства «космическим мусором», была осознана через 20 лет после начала космической эры, а уже с начала XXI века проблема встала во всю ширь, вплоть до начала «синдрома Кесслера» на особо плотно заселенных и «замусоренных» орбитах. Негативным следствием этого процесса может стать прекращение космических полетов вообще или серьезное изменение используемой космической техники (например, бронированные космические аппараты).

Для решения проблемы космического мусора необходима очистка околоземного космического пространства – техническая или естественная, а первым шагом в этом может стать снабжение низкоорбитальных космических аппаратов средствами сведения с орбиты.

Область космической науки и техники, к которой относится выбранная диссертантом тема исследований, достаточно хорошо разработана как отечественными, так и зарубежными исследователями, имеется большое число публикаций в журналах и сборниках различного уровня. Однако диссертационное исследование Юдина А.Д. достаточно оригинально – объектом для него были выбраны наноспутники системы Cubesat формата (форм-фактора) 3U – очень популярного сегодня. Предметом исследования являлся процесс увода наноспутника Cubesat массой не более 10 кг с низкой околоземной орбиты (НОО) высотой от 300 км до 800 км, а научно

Уддел документационного
обеспечения МАИ

«14» 05 2021 г.

технической задачей исследования – разработка способа увода наноспутников CubeSat с НОО.

В связи с таким выбором объекта и предмета исследования диссертация отличается несомненной новизной и одновременно отражает запросы практики, поскольку уже начата реализация первого проекта космической группировки наноспутников, содержащей сотни космических аппаратов (проект OneWeb), на подходе еще несколько более крупных проектов. Уже предлагаются проекты, в которых локальные задачи решаются с помощью группировки их нескольких тысяч наноспутников. Например, группировка из 4000 КА для контроля пожаров только на территории Австралии.

Диссертация Юдина А.Д. состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы. Во введении обоснована актуальность диссертационного исследования, сформулированы цель и задачи исследования, представлены основные положения и научные результаты, выносимые на защиту, дана характеристика их новизны, достоверности и практической значимости.

В первой главе кратко описана технология и приведены основные ограничения стандарта CubeSat, в соответствии с которым делается сегодня большинство наноспутников.

Затем в этой главе следует обзор методов очистки околоземного космического пространства от нефункционирующих наноспутников. Диссертант разделил эти методы на активные методы и пассивные. К активным методам относится устранение мелких космических объектов с Земли – испарение объектов лазерным излучением или смещение с орбиты ионными пучками, а также применение специальных КА для сбора отработанных спутников или больших фрагментов космического мусора для возврата на Землю или увода на орбиты долгосрочного «захоронения». К пассивным методам, которые правильнее следовало бы назвать автономными, относятся средства, имеющиеся на борту уводимого КА: электрореактивные двигатели, электростатические и электродинамические тросовые системы, солнечные и атмосферные паруса различного вида,

надувные тормозные баллоны. Активные методы очистки околоземного пространства сегодня далеки от технологического воплощения и, по-видимому, будут очень дороги.

Основным результатом первой главы является анализ сравнительной эффективности альтернативных методов сведения наноспутников Cubesat 3U с низких орбит, проведенный методами системного анализа. Результатом этого анализа является вывод, что по совокупности выработанных в диссертации критериев оптимальным средством свода таких КА с НОО на Землю являются надувные сферические тормозные оболочки.

Во второй главе рассмотрены несколько вариантов конструкции блока увода наноспутника с низкой орбиты, содержащего надувную сферическую тормозную оболочку – оптимальный варианты, выбранный в главе 1 диссертации. Методы системного анализа были применены к выбору оптимального варианта конструкции системы извлечения сложенной тормозной оболочки из корпуса КА в начале процесса увода с орбиты и системы для надува тормозной оболочки. Также в главе 2 проанализирована система управления уводом наноспутника Cubesat с орбиты.

В главе 3 рассмотрена технология изготовления надувной сферической тормозной оболочки и ее укладка внутрь юнита Cubesat'a. Изготавливать оболочку предлагается из определенного сорта полиимидной пленки с односторонним алюминированием. Как сказано в диссертации, оболочка склеивается из сегментов, с помощью специальной клейкой ленты.

Разработка технология укладки сферической оболочки показала, что сложенный тормозной баллон диаметром 2 м помещается в 0,5U стандарта Cubesat (т.е. в параллелепипеде $50 \times 100 \times 100$ мм), в целом юните 1U можно поместить два таких шара, а тормозная оболочка диаметром 3 м почти целиком занимает юнит 1U.

В заключении объединены результаты, полученные в трех главах диссертации.

Результаты диссертации изложены в 11 публикациях, на разработки, проведенные в ходе ее написания, получен один патент на полезную модель. Личный вклад автора четко обозначен в автореферате диссертации.

Таким образом, полученные в диссертации результаты имеют и теоретическую, и практическую значимость.

Следует согласиться с содержанием основных положений диссертации, выносимых на защиту, а также с полученными в ней результатами. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.

В качестве замечаний необходимо отметить следующее:

1. Не ясно, почему первой и последней паре частных критериев в системном анализе, проведенном в главе 1, придан примерно одинаковый вес.
2. В предпоследнем абзаце на странице 13 сказано, что «весовые коэффициенты частных критериев эффективности системы увода назначаются равными». А в таблице 1 на стр. 14 они имеют близкие, но разные значения.
3. Почему сферическая тормозная оболочка склеивается из большого числа сегментов, в то время, как ее можно было склеить из двух одинаковых выкроек (как теннисный мячик)?

Указанные замечания не снижают общей ценности диссертационной работы и не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации

Содержание автореферата позволяет сделать вывод о том, что диссертационное исследование Юдина Андрея Дмитриевича «Разработка способа увода наноспутников CUBESAT с низких околоземных орбит», является самостоятельным, логическим, обоснованным и завершённым исследованием в области технических наук, удовлетворяет всем требованиям ВАК Минобрнауки, а автор диссертации заслуживает

присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации».

Прохоров Михаил Евгеньевич,
доктор физико-математических наук,
доцент,
заведующий лабораторией космических проектов,
Государственный астрономический институт имени П.К.Штернберга
Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова,
Адрес: 119991 Москва, Университетский проспект 13,
сайт: www.sai.msu.ru, e-mail: mike@sai.msu.ru, раб. тел.: 8(495) 939-5006.

12.05.21

Подпись Прохорова М.Е. удостоверяю;

Нотариальная надпись



Л. Н. Котикова