

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Юдина Андрея Дмитриевича на тему «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 (авиационная и ракетно-космическая техника)

Диссертация А.Д. Юдина посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме – утилизации космического мусора. Появление наноспутников (таких как CubeSat), их группировок и формаций на низких околоземных орбитах (НОО), постоянное расширение областей их применения лишь ускоряет процесс засорения околоземного космического пространства. Все это ведет к необходимости разработки различных средств увода малых космических аппаратов (КА) с низких околоземных орбит. В связи с возможной высокой стоимостью проектов по уводу с орбиты (деорбитингу) наноспутников возникает необходимость поиска максимально эффективных методов и приемов очистки околоземного пространства от отработавших свой срок аппаратов. Именно поиску и разработке максимально эффективного способа увода наноспутников, который отвечал бы ряду конструктивных особенностей стандарта CubeSat, посвящена данная диссертация.

Цель диссертационной работы заключается в разработке алгоритмов увода наноспутников с низкой околоземной орбиты с учетом массогабаритных, конструктивных и других технических ограничений связанных с конструктивными особенностями стандарта CubeSat. Для оптимизации системы увода КА с НОО в диссертации использовались методы системного анализа сложных технических систем, методы принятия решений для многокритериальных задач, методики автоматизированного проектирования технических систем.

Работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы. **Во введении** автор дает обоснование актуальности выбранной темы для диссертации, дает характеристику научной новизны исследования, приводит основные результаты и положения, выносимые на защиту.

В первой главе автор приводит общий обзор методов очистки космического пространства от нефункционирующих спутников CubeSat и дает их классификацию. На основе обзора пассивных средств увода КА с орбиты (системы увода входящие в состав аппарата) автор формирует частные критерии эффективности, после чего формирует обобщенный критерий эффективности, определяемый как взвешенная сумма частных. Проведя

сравнение различных пассивных способов увода наноспутников CubeSat с орбиты по обобщенному критерию, автор делает вывод о том, что наиболее эффективным методом деорбитинга является использование сил аэродинамического торможения, создаваемых надувной тормозной оболочкой сферической формы из тонкой металлизированной полимерной плёнки.

Во **второй главе** диссертации решается задача синтеза оптимальной конструкции автономного устройства для увода наноспутников, удовлетворяющей ряду требований и конструкционных ограничений. Для разработки рационального состава системы деорбитинга КА автор проводит **декомпозицию** системы увода на три основные составляющие: система ввода в действие, система надува оболочки и система управления. Для каждой составляющей автор решает задачу максимизации обобщенного критерия эффективности, после чего определяет рациональный состав системы увода наноспутника с рабочей орбиты после окончания времени его эксплуатации: корпус из откидных панелей, активную систему надува с химическим генератором давления с использованием парафина и плату управления со счетчиком обратного времени, для подачи команды активации увода наноспутника.

В **третьей главе** рассматриваются основные технологические аспекты создания тормозной сферической оболочки для спутников CubeSat, решается задача максимизации процента заполнения при укладке тормозной оболочки. На основе анализа возможных габаритов сферической оболочки в сложенном состоянии автор делает вывод о том, что данное средство увода КА с орбиты может быть установлено на спутник стандарта CubeSat.

Научная ценность работы заключается в применении средств системного анализа, таких как применение обобщенного критерия оценки эффективности, а так же декомпозиции сложной системы для синтеза оптимальной схемы увода наноспутников CubeSat с учетом ограничения по массогабаритным параметрам.

Практическая ценность работы заключается в возможности решения широкого круга задач связанных с созданием новых оптимальных средств увода малых спутников.

К недостаткам работы можно отнести следующее:

- В автореферате присутствует ряд опечаток;
- Среди частичных критериев эффективности как в первой так и во второй главе нет критерия, связанного с возможной стоимостью реализации проекта.

Указанные недостатки не снижают значимость диссертационной работы Юдина Андрея Дмитриевича на тему «Разработка способа увода наноспутников CubeSat с низких околоземных орбит», которая, судя по автореферату, является

законченным научным исследованием, имеющим важное научное и практическое значение, отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации».

Отзыв составил:

Старший научный сотрудник
отдела динамики и
программного обеспечения
СУДН ПАО «РКК Энергия»,
кандидат физико-
математических наук по
специальности 01.02.01 –
«Теоретическая механика»

Кирилл Андреевич Богданов

e-mail: kab956@mail.ru,

телефон: +79774390728

адрес: ул. Ленина, д. 4А, г. Королёв, Московская обл., Россия, 141070

«9» апреля 2021 г.

подпись Богданова Кирилла Андреевича заверяю

Ученый секретарь
ПАО «РКК Энергия»,
доктор физико-математических наук



О.Н. Хатунцева