

## **ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК КОСМИЧЕСКИХ МУСОРОСБОРЩИКОВ, ВЫВОДИМЫХ НА ТРЕБУЕМУЮ ОРБИТУ НЕПОСРЕДСТВЕННО РАКЕТАМИ-НОСИТЕЛЯМИ**

### **Введение**

В настоящее время по разным оценкам в регионе низких околоземных орбит вплоть до высот около 2000 км находится большое количество техногенных объектов общей массой до 5000 т. Из них только порядка 10% обнаруживаются, отслеживаются и каталогизируются наземными радиолокационными и оптическими средствами, и только около 6% отслеживаемых объектов являются действующими. Около 22% объектов прекратили функционирование, 17% представляют собой отработанные верхние ступени и разгонные блоки ракет-носителей (РН), и около 55% – отходы, технологические элементы, сопутствующие запускам, и обломки взрывов и фрагментации. Все это – так называемый космический мусор.

Большинство названных выше объектов находится на орбитах с высоким наклоном, плоскости которых пересекаются, поэтому средняя относительная скорость их взаимного пролета составляет около 10 км/с. Вследствие огромного запаса кинетической энергии столкновение любого из этих объектов с действующим космическим летательным аппаратом может повредить его или даже вывести из строя.

### **1. Решение проблемы**

Эффективных практических мер по уничтожению как мелкого, так и крупного космического мусора на орбитах более 500 км на настоящий момент времени не существует. Вместе с тем задача обеспечения безопасности космических полетов в условиях техногенного загрязнения околоземного космического пространства и снижения опасности для объектов на Земле при неконтролируемом вхождении космических объектов в плотные слои атмосферы и их падении на Землю является весьма актуальной. Поэтому для решения этой проблемы как способа борьбы с мелким космическим мусором рассматривается создание специального космического аппарата – космического мусоросборщика (КМС), оснащенного системой сбора и улавливания космического мусора с использованием электроракетной двигательной установки

(ЭРДУ) для торможения КМС при спуске с первоначальной высокой орбиты на конечную низкую [1]. Целесообразность применения последней объясняется тем, что благодаря низкой тяге ЭРДУ движение КМС по орбите будет происходить медленно и долго. В результате этого время его пребывания в зоне возможного контакта с космическим мусором будет весьма продолжительным, что, в свою очередь, обеспечит высокую целевую эффективность предлагаемого способа.

Для накопления необходимой информации, которую можно использовать для реализации данного способа очистки от КМ низких околоземных орбит, предлагается провести анализ основных характеристик космических мусоросборщиков при различных вариантах маневров их выведения на требуемую орбиту.

В работе [2] приведена оценка энергомассовых характеристик мусорособирающих космических аппаратов с электроракетной двигательной установкой при выведении их на требуемую орбиту с помощью ракет-носителей разной грузоподъемности посредством разгонного блока.

Целью данной работы является оценка основных характеристик космического мусоросборщика при выведении его на требуемую орбиту непосредственно ракетой-носителем (РН).

Рассматривается следующий маневр выведения и эксплуатации КМС. С помощью РН мусоросборщик выводится непосредственно на орбиту ~1200 км, разворачивается пассивный элемент для улавливания мелкого космического мусора (ПУЭ), включается тормозная ЭРДУ, после чего КМС снижается до орбиты ~500 км и сгорает в атмосфере Земли [2]. По мере уменьшения высоты ПУЭ захватывает мелкий космический мусор, если его частицы пробивают оболочку улавливающего элемента, или снижает скорость этих частиц, если они не проникают внутрь ПУЭ или пробивают его насквозь. Впоследствии частицы КМ также теряют высоту и, достигая плотных слоев атмосферы, сгорают. ПУЭ может быть представлен в виде поллой сферы, жесткость которой обеспечивается системой из стержней, находящихся на ее внутренней поверхности. Эта стержневая система способна складываться при ее упаковке под обтекателем РН.

## **2. Результаты исследований**

Критериями оценки основных характеристик КМС были приняты масса и радиус ПУЭ. При проведении расчетов по их определению рассмотрены мощные ракеты-носители, которые можно использовать для выведения КМС на требуемую орбиту. Характеристики и страны-разработчики этих РН представлены в таблице [3]. В таблицу не включена РН «Протон» российской разработки из-за отсутствия данных о ее грузоподъемности на высоте 1200 км.

Название РН	Страна-разработчик	Масса на Земле, т	Грузоподъемность на высоте 1200 км, т
«Long March»	Китай	464	4,65
«Delta-4H»	США	230	4,23
«Зенит-2»	Украина	459	4,20
«Arian-42L»	Франция	400	3,40
«PSLV»	Индия	283	2,50
«Циклон-3»	Украина	190	2,20
«Atlas-2A»	США	187	2,00
«Titan-2»	США	155	1,26
«Космос»	Россия	199	1,00

Масса и радиус ПУЭ определялись из уравнения баланса массы КМС [4]. Для определения массы космического мусоросборщика на орбите 1200 км использовались справочные данные, приведенные в [3], при предположении, что в идеальном случае масса КМС равна грузоподъемности РН на высоте 1200 км.

На рис. 1 приведена масса улавливающих элементов  $M_{\text{ПУЭ}}$  космических мусоросборщиков, которые могут быть выведены на орбиту ~1200 км двигателями рассмотренных РН.

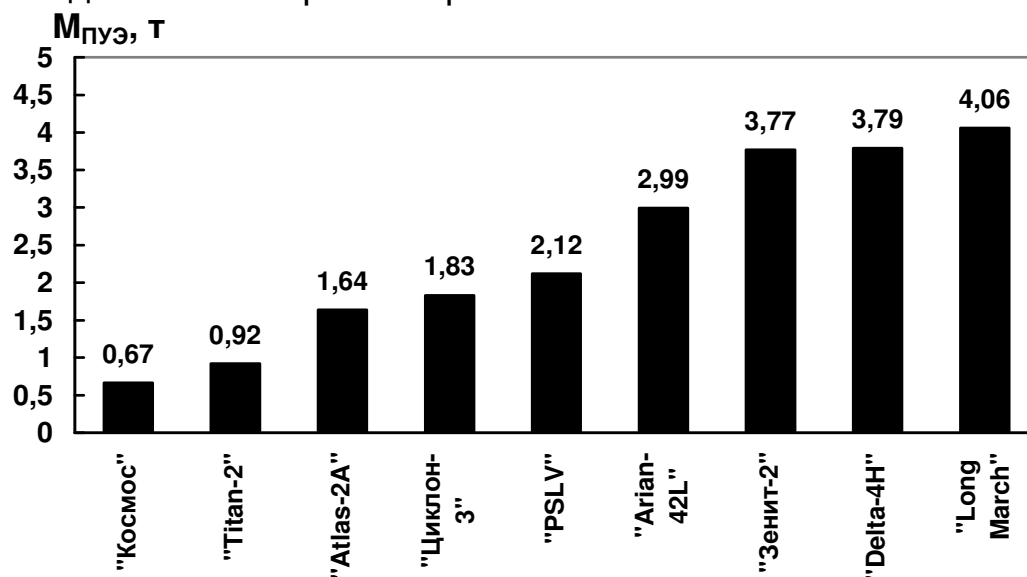


Рисунок 1 – Масса ПУЭ космических мусоросборщиков, выводимых на орбиту ~1200 км двигателями РН

Из рис. 1 видно, что для наиболее мощных РН масса ПУЭ космических мусоросборщиков, выводимых на требуемую орбиту, практически одинакова, хотя их масса на Земле может отличаться в несколько раз.

Рис. 2, на котором приведены радиусы ПУЭ, показывает, что для данного варианта маневра выведения КМС максимально возможный радиус улавливающего элемента  $R_{\text{ПУЭ}}$  не может быть более 40 м.

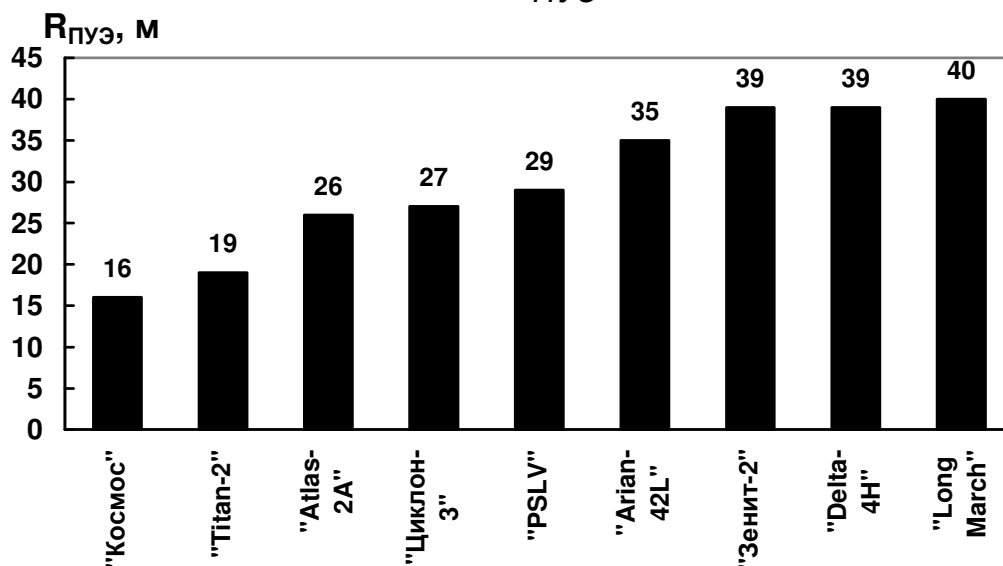


Рисунок 2 – Радиусы ПУЭ космических мусоросборщиков, выводимых на орбиту ~ 1200 км двигателями РН

#### Список использованных источников

1. Шевцов А.В. Мелкий космический мусор. Анализ развития и способы борьбы / А.В. Шевцов, А.С. Макарова // Космічна наука і технологія. Додаток до журналу. – Днепропетровск: ДНУ, 2002. – Т. 8, № 1. – С. 176-179.
2. Оценка характеристик мусорособирающих космических аппаратов с ЭРДУ для улавливания космического мусора / А.И. Кондратьев, А.В. Хитько, П.Г. Хорольский, Л.Г. Дубовик // Авиационно-космическая техника и технология: сб. науч. тр. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2009. – № 9 (66). – С. 45–47.
3. Isakowitz S.J. International Reference Guide to Space Launch Systems. Second Edition. – Washington: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1991. – 341 p.
4. Кондратьев А.И. Методика расчета тяговых и энергомассовых характеристик мусорособирающего космического аппарата с ЭРДУ / А.И. Кондратьев, П.Г. Хорольский, Л.Г. Дубовик // Авиационно-космическая техника и технология: сб. науч. тр. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2009. – № 10 (67). – С. 82–84.

*Поступила в редакцию 15.03.2010.*

*Рецензент: д-р техн. наук, проф. Я.С. Карпов,  
Национальный аэрокосмический университет  
им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков*