

УДК 629.78

А.И. КОНДРАТЬЕВ, А.В. ХИТЬКО, П.Г. ХОРОЛЬСКИЙ, Л.Г. ДУБОВИК

Днепропетровский национальный университет, Украина

ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК МУСОРОСОБИРАЮЩИХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ЭЛЕКТРОРАКЕТНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ ДЛЯ УЛАВЛИВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

Рассмотрен один из способов удаления из космоса мелкого мусора – применение специального космического аппарата – мусоросборщика (МС), снабженного тормозной ЭРДУ. Выведение МС на начальную орбиту предполагается различными ракетами-носителями украинской и российской разработок с разгонными блоками. Затем разворачивается пассивный улавливающий элемент мусоросборщика, включается ЭРДУ, и МС спускается до конечной орбиты. Предполагая форму улавливающего элемента в виде шара, рассчитаны его масса и размер. Показано, что реализация рассматриваемого метода очистки космоса от мелкого мусора практически возможна, так как выводимые МС имеют массу, реальную для их создания.

Ключевые слова: космический мусор, мусоросборщик, пассивный улавливающий элемент, ракета-носитель, разгонный блок, тормозная электроракетная двигательная установка.

Введение

Космический мусор (КМ) – это все искусственные объекты и их фрагменты в космосе, которые не функционируют, но представляют опасность для действующих космических аппаратов (КА), а в некоторых случаях и для Земли. Актуальность космической задачи обеспечения безопасности космических полетов и снижения опасности от КМ для Земли с каждым годом возрастает.

В статье рассмотрен один из способов удаления мелкого КМ с применением специального КА – мусоросборщика (МС), снабженного электроракетной двигательной установкой (ЭРДУ) [1]. Произведена оценка энергетических, тяговых и массовых характеристик МС и ЭРДУ в зависимости от рассматриваемых ракет-носителей (РН) для выведения МС на необходимую орбиту, диапазона рабочих орбит и параметров ЭРДУ.

Формулирование проблемы

В основном КМ сконцентрирован в двух околоземных поясах. Первый пояс – в диапазоне высот от 850 до 1200 км, второй – в районе геостационарной орбиты. КМ состоит из частиц различных размеров. Считаются мелкими частицы размером от 1 до 10 см. К крупным относятся все остальные, вплоть до элементов РН и КА.

В настоящее время существует несколько идей по борьбе с КМ, но все они далеки от реализации. В данной статье рассматривается возможность созда-

ния специального КА, снабженного ЭРДУ и пассивным элементом для улавливания мелких частиц КМ (ПУЭ) или снижения их скорости в случае, если они оказались им не захваченными. Впоследствии из-за снижения скорости они смогут перейти на низкие орбиты и сгореть. МС функционирует в пределах первого пояса в диапазоне круговых орбит от 500 до 1200 км. МС с помощью РН и разгонного блока (РБ) выводится на круговую орбиту высотой 1200 км. Затем МС переводится на низкую орбиту с помощью ЭРДУ, которая в данном случае выполняет торможение. РБ и обтекатель после окончания работы разгонного блока остаются в составе МС, чтобы не добавлять в космос крупногабаритного КМ. ПУЭ из сложенного положения разворачивается, включается тормозная ЭРДУ, и МС с РБ и обтекателем постепенно опускается до конечной орбиты. Происходит улавливание или торможение КМ до входа в плотные слои атмосферы, где должно произойти его сгорание.

Благодаря низкой тяге ЭРДУ снижение МС происходит медленно и очень долго (до года и более). Из-за этого целевая эффективность предложенного способа ожидается высокой, так как она пропорциональна времени улавливания КМ.

Решение проблемы

Оценка энергомассовых и тяговых характеристик МС проводилась по методике, разработанной в ДНУ. Критерием оценки этих характеристик являлись масса и размер ПУЭ. При этом предполагалась

форма улавливающего элемента в виде шара с удельной массой оболочки в диапазоне от 0,1 до 0,2 кг/м² [2]. Начальная высота орбиты для работы ПУЭ варьировалась в диапазоне от 800 до 1200 км, конечная высота орбиты (конец работы ПУЭ) – от 500 до 700 км.

Для выведения МС на конечную орбиту были рассмотрены РН отечественной разработки – «Циклон-3», «Днепр-1», «Зенит-2», а также РН «Молния», «Союз-2» и «Протон-М» российской разработки с орбитой выведения 200 км.

Исследовались зависимости отношений:

$$\frac{M_{ПН}}{M_0} \text{ и } \frac{M_{ПН}}{M_{МС}} \text{ от } M_0; T_{ЭРД} \text{ от } H_0 \text{ и } H_k;$$

$$R \text{ от } M_0,$$

где $M_{ПН}$ – масса полезной нагрузки (масса ПУЭ с элементами развертывания и крепления);

M_0 – начальная масса, выводимая РН на околоземную круговую орбиту;

$M_{МС}$ – масса мусоросборщика в полной комплектации (без РБ и обтекателя);

$T_{ЭРД}$ – время активной работы мусоросборщика от начальной до конечной орбиты;

H_0 – начальная высота орбиты, с которой начинается работа МС;

H_k – конечная высота орбиты (конец работы ЭРДУ);

R – радиус шара ПУЭ.

Как можно видеть из приведенных ниже графиков (рис. 1), $\frac{M_{ПН}}{M_0}$ и $\frac{M_{ПН}}{M_{МС}}$ слабо зависят от

M_0 , что можно объяснить различным влиянием параметров ЭРДУ и МС, от которых зависят и $M_{ПН}$, и $M_{МС}$.

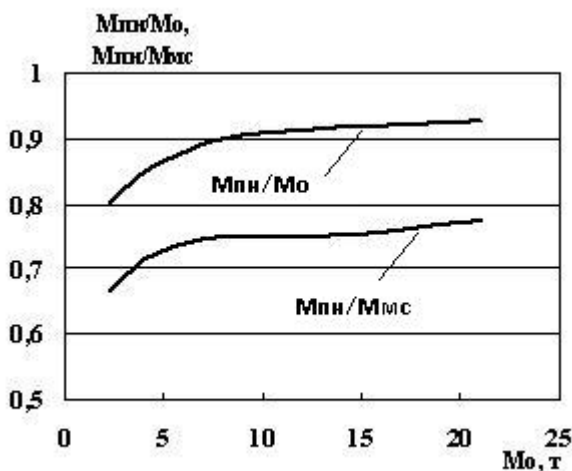


Рис. 1. Зависимости относительной массы полезной нагрузки МС от грузоподъемности РН

Как и ожидалось, зависимости $T_{ЭРД}$ от H_0 (при ограниченной мощности СЭП, равной 5 кВт) и R от M_0 (рис. 2, 3) являются возрастающими. Их близость к линейным предположительно является случайным совпадением параметров МС и ЭРДУ.

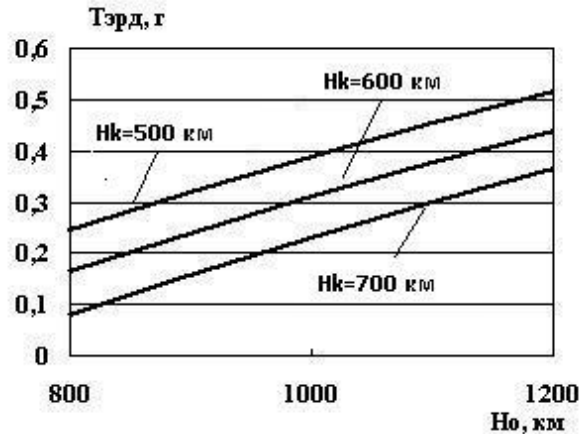


Рис. 2. Зависимости времени работы ЭРД от начальной и конечной высот орбиты

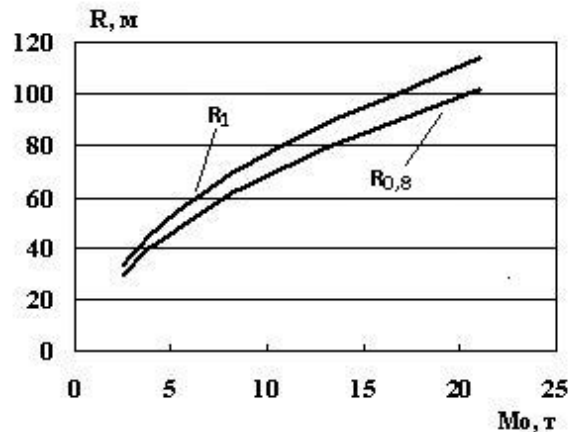


Рис. 3. Зависимость радиуса шара ПУЭ от грузоподъемности РН ($H_0=1200$ км; $H_k=800$ км)

Здесь:

R_1 – радиус шара ПУЭ в идеальном случае (масса элементов его крепления к МС и развертывания в рабочее положение равна нулю);

$R_{0,8}$ – радиус шара ПУЭ в случае, если масса элементов его крепления к МС и развертывания в рабочее положение составляет 20 % от общей массы ПУЭ).

Как видно, если задаться формой улавливающего элемента в виде шара с плотностью оболочки 0,2 кг/м², то размер шара может находиться в пределах от 30 до 100 м при том, что масса элементов его крепления и раскрытия составляет 20 % от $M_{ПН}$.

Проведенные расчеты показали, что для РН украинской разработки разрешенная для проектирования масса МС лежит в диапазоне от 3,2 до 10,7 т, а

для РН российской разработки – от 6,7 до 17,4 т, масса ПУЭ соответственно – от 2,5 до 9,7 т и от 6,1 до 16,2 т.

Заключение

Реализация предложенного метода очистки космоса от мелкого мусора на околоземных орбитах лежит в практической плоскости, так как с помощью существующих РН и РБ на требуемую орбиту до 1200 км могут быть выведены МС с массой, значения которой могут быть реальными для создания подобных мусоросборщиков. Проведенные оценки требуемых энергомассовых и тягово-энергетических характеристик ЭРДУ при параметрах реально существующих элементов позволяют проектировать ПУЭ в широком диапазоне по массе и размерам.

Предлагаемые для использования ЭРДУ могут обеспечить функционирование ПУЭ в широком диапазоне по времени, исчисляемого от месяцев до года и более. Длительная эксплуатация МС на орбитах позволяет рассчитывать на высокие значения целевой эффективности метода.

Литература

1. Шевцов А.В. Мелкий космический мусор. Анализ развития и способы борьбы / А.В. Шевцов, А.С. Макарова // *Космічна наука і технологія*. – 2002. – Т. 8, № 1. – С. 176-179.
2. Space vehicle with an electric thruster for gathering fine space debris / A.P. Alpatov, V.P. Gusynin, N.N. Slyunyayev, A.V. Khitko // *Proc. 59-th Int. Astronautical congress*. – Glasgow, Scotland, 2008.

Поступила в редакцию 20.05.2009

Рецензент: д-р техн. наук, зав. кафедрой А.В. Сичевой, Днепропетровский национальный университет им. Олеса Гончара, Днепропетровск, Украина.

ОЦІНКА ХАРАКТЕРИСТИК СМІТТЄЗБИРАЛЬНИХ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ З ЕЛЕКТРОРАКЕТНОЮ РУХОВОЮ УСТАНОВКОЮ ДЛЯ УЛОВЛЮВАННЯ КОСМІЧНОГО СМІТТЯ

О.І. Кондратьев, А.В. Хитко, П.Г. Хорольский, Л.Г. Дубовик

Розглянуто один з методів видалення з космосу дрібного сміття – застосування спеціального космічного апарата – сміттєзбирача (СЗ), оснащеного гальмівною ЕРПУ. Виведення СЗ на початкову орбіту передбачається різними ракетами-носіями української й російської розробки з розгінними блоками. Потім розгортається пасивний уловлюваний елемент (ПУЕ) сміттєзбирача, вмикається ЕРПУ, і СЗ спускається до кінцевої орбіти. Передбачаючи форму уловлювального елемента у вигляді кулі, розраховано його масу та радіус. Показано, що реалізація розглянутого методу очищення космосу від дрібного сміття практично можлива, тому що виводжувані СЗ мають масу, яка реальна для їх створення.

Ключові слова: космічне сміття, сміттєзбирач, пасивний уловлюваний елемент, ракета-носій, розгінний блок, гальмівна електроракетна рухова установка.

CHARACTERISTICS OF GARBAGE COLLECTOR SPACE VEHICLES WITH EPS FOR CATCHING SPACE GARBAGE

A.I. Kondratyev, A.V. Khitko, P.G. Horolsky, L.G. Dubovik

One of ways for removing small garbage from space – using the special space vehicle – garbage-gatherer (GG) with breaking EPS supply is considered. GG initial orbit achieving is supposed by using the various carrier rockets with accelerator blocks, made by Ukraine and Russia. After that deploying the garbage collector's passive catching element (PCE) is displayed, engaging the EPS, and GG moving down to final orbit. Assuming the catching element sphere form, its weight and the size are calculated. It is shown, that considered method of clearing space from the small garbage realization is really plausible because arrived GG have a real for their creation weight.

Key words: space garbage, garbage-gatherer, a passive catching element, a carrier rocket, accelerator block, breaking EPS.

Кондратьев Александр Иванович – канд. техн. наук, старший научный сотрудник НИИ энергетики Днепропетровского национального университета им. Олеса Гончара, Днепропетровск, Украина.

Хитко Андрей Владимирович – канд. техн. наук, старший научный сотрудник, директор НИИ энергетики Днепропетровского национального университета им. Олеса Гончара, Днепропетровск, Украина.

Хорольский Петр Георгиевич – канд. техн. наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник НИИ энергетики Днепропетровского национального университета им. Олеса Гончара, Днепропетровск, Украина.

Дубовик Людмила Григорьевна – старший научный сотрудник НИИ энергетики Днепропетровского национального университета им. Олеса Гончара, Днепропетровск, Украина.