

УДК 681.5:629.76/78

М. А. Бондарь, В. В. Волошин, О. М. Дуплищева,
К. Ф. Михайлов, канд. техн. наук В. И. Порубаймех

УСТРОЙСТВО ДЛЯ МЯГКОГО ОТДЕЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ОТ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ

Рассмотрены преимущества и особенности работы устройства для мягкого отделения космического аппарата от ракеты-носителя.

Розглянуто переваги й особливості роботи пристрою для м'якого відокремлення космічного апарата від ракети-носія.

The paper deals with the advantages and peculiarities of operation of a device for soft separation of spacecraft from launch vehicle.

Как одной из завершающих и естественных операций в ракетно-космической технике весьма важным является обеспечение надежного отделения полезной нагрузки (КА, головной части или космического корабля от РН). К этим системам и устройствам предъявляются жесткие требования:

– обеспечение требуемого усилия для отделения, изменяемого по строгому закону;

– придание КА необходимого импульса силы, под действием которого создается заданная скорость отделения;

– исключение действия сопутствующих различных возмущений и строгое выполнение принятой циклограммы подачи команд от системы управления (с минимальными задержками);

– удобство в эксплуатации и возможность регулирования требуемых параметров.

Широко применяемые в ракетно-космической технике пירו-, пневмо- и пружинные толкатели имеют сравнительно большие габариты, массу и значительный разброс обеспечиваемых параметров [1].

Например, при отделении от РН с использованием толкателей объект массой m получает кинетическую энергию, обеспечивающую заданные параметры его движения на орбите, которая определяется по формуле

$$\frac{mV^2}{2} = A_{\text{толк}},$$

где $\frac{mV^2}{2}$ – кинетическая энергия, переданная толкателями спутнику; V – заданная скорость отделения объекта от РН; $A_{\text{толк}}$ – работа толкателей, равная $F_{\text{толк}} h_{\text{толк}}$; $F_{\text{толк}}$ – суммарная сила толкателей; $h_{\text{толк}}$ – ход толкателей.

Отсюда

$$V = \sqrt{\frac{2F_{\text{толк}} h_{\text{толк}}}{m}}.$$

Из приведенной формулы видно, что можно уменьшить силу толкателей путем пропорционального увеличения их хода с сохранением заданной скорости отделения.

Необходимо отметить, что в зависимости от основных характеристик КА (особенно при малых массах и габаритах) существенно регламентируются ударные усилия (при отделении), которые ухудшают функционирование особо точных приборов системы управления.

Авторами статьи разработано устройство для мягкого отделения КА от РН [2].

Конструкция устройства позволяет регулировать ход воздействия силы на отделяемый объект, который в 2...3 раза больший, чем у пружинных и пиротехнических толкателей, что, в свою очередь, уменьшает в 2...3 раза усилие отделения.

Уменьшение усилия отделения объекта от РН обладает следующими преимуществами:

– уменьшение виброимпульсных нагрузок на аппаратуру КА и адаптер РН;

– гарантированный вывод объекта на заданную орбиту с более точными параметрами;

– повышение надежности расстыковки самоходом электросоединителей;

– уменьшение размеров силовых деталей КА в месте контакта с толкателями РН, что, в свою очередь, снижает его массу.

На рисунках показано устройство для мягкого отделения КА от РН.

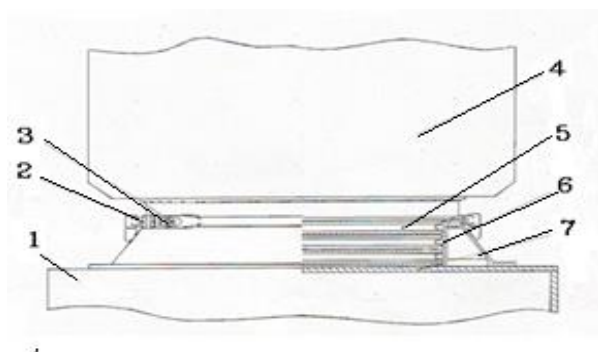


Рис. 1. Устройство для отделения объекта от РН в исходном положении:

1 – РН; 2 – бандаж; 3 – пирозамок; 4 – КА; 5 – упругие подушки; 6 – цилиндрическая поверхность; 7 – несущая поверхность

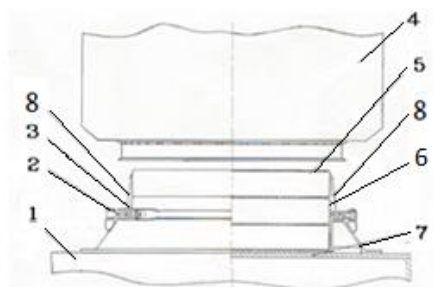


Рис. 2. Устройство для отделения объекта от РН после его отделения:

1 – РН; 2 – бандаж; 3 – пирозамок; 4 – КА; 5 – упругие подушки; 6 – цилиндрическая поверхность; 7 – несущая поверхность; 8 – ограничители

Аккумулятор потенциальной энергии выполнен в виде герметичного упругого резервуара, состоящего из нескольких слоев, каждый из которых выполнен в виде пустотелой подушки, изготовленной из герметичного материала, например полиэтилентерефталатной пленки, и ограничителей перемещения подушек.

При этом подушки расположены между днищем КА и несущей поверхностью РН и ограничены цилиндрической поверхностью. Цилиндрическая поверхность 6 предназначена для обеспечения направления усилия, создаваемого подушками 5, вдоль продольной оси КА 4. Наличие нескольких подушек 5 повышает надежность устройства.

В разработанном устройстве используется потенциальная энергия содержащегося в подушках газа H , которая равна pV , где V – внутренний объем подушек; p – давление газа в подушках. В процессе отделения КА 4 создается усилие $F=Sp$, где S – площадь контактной поверхности подушек с днищем КА.

Работа устройства для отделения КА 4 от РН 1 осуществляется следующим образом: при выходе РН 1 в заданную точку космического пространства система управления подает электрическую команду на срабатывание пирозамков 3 бандажа 2. В результате этого освобождаются механические связи КА 4 с РН 1. Под действием небольшого давления газа объем подушек 5 увеличивается и они, воздействуя на днище КА 4, мягко отделяют его от РН 1.

Потенциальная энергия газа pV , находящегося в подушках 5, переходит в кинетическую, образуя усилие, направленное вдоль продольной оси КА, которое отделяет его от РН 1. Ограничители 8 обеспечивают заданное перемещение подушек 5.

Выводы

Усилие, создаваемое аккумулятором потенциальной энергии газа, обеспечивает безударное отделение КА от ракеты-носителя. Это необходимо при выводе на орбиту микроспутников, имеющих небольшую массу и оснащенных аппаратурой, чувствительной к механическим воздействиям.

Список использованной литературы

1. Колесников К. С., Козлов В. И., Кокушкин В. В. Динамика разделения ступеней летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1977. – 221 с.

2. Пат. 108515 Украина, МПК В64G1/64 (2006:01). Способ отделения спутника от ракеты-носителя и устройство для осуществления способа/ М. А. Бондарь, В. В. Волошин, О. М. Дуплищева,

К. Ф. Михайлов, В. И. Порубаймех (Украина); заявитель и патентообладатель ГП "КБ "Южное". – № а201305544; заявл. 29.04.13; опубл. 12.05.16, Бюл. № 9.

Статья поступила 31.08.2017