

УДК 62-238.9

МЕХАНИЗМ УДЕРЖАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С ПОНИЖЕННЫМ УДАРНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ

Кузнецов А. Д., Волков М. В., Юдина З. А.

АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева,
г. Железногорск

Механические устройства – это общее название механизмов в составе КА, производящих движение. К механическим устройствам относятся устройство отделения, системы зачековки и раскрытия солнечных батарей, а также различные выдвижные штанги с установленными на них служебными и научными приборами [1].

Необходимость использования устройств зачековки и раскрытия солнечных батарей (БС) появляется из-за габаритных ограничений, связанных с головным обтекателем ракетносителя, выводящего космический аппарат (КА) на рабочую орбиту. Существуют два положения спутника: транспортировочное и рабочее. На рисунке 1а [1] показано транспортировочное, на рисунке 1б [1] – рабочее положение спутника.

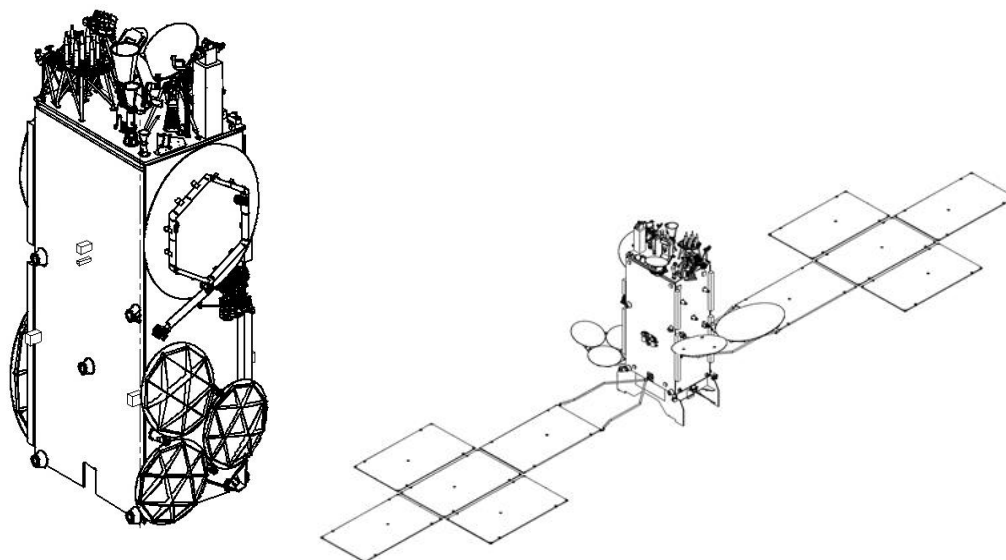


Рис. 1. КА на платформе «Экспресс-2000Н» в а) транспортировочном; б) рабочем положении

Фиксацию и удержание пакета панелей БС в сложенном положении при транспортировке и раскрытие их на рабочей орбите обеспечивают специальные удерживающие механизмы [2].

Механическое устройство зачековки панелей БС изображенное на рисунке 2 схематично состоит из механической части (поз. 1), которая крепится на корпус КА (поз. 2) и специальной воронкой (поз. 3), которая монтируется в пакет панелей БС (поз. 4) и удерживает штырь (поз. 5) после срабатывания.

В современных КА применяется высокоточное оборудование, чувствительное к ударным воздействиям. В связи с этим возникает необходимость и потребность в создании механических устройств удержания и освобождения подвижных элементов конструкции КА с пониженным ударным воздействием при срабатывании.

Основным источником ударных воздействий, в механических устройствах удержания и освобождения подвижных элементов конструкции КА, являются такие элементы как пружины, а точнее элементы конструкции, которые после

проворачивания, или выталкивания пружинами ударяются о другие элементы. Помимо ударных воздействий от срабатывания таких устройств, на оборудование КА передается ударное воздействие от срабатывания пиросредств (пирочеки, пироузлы и т.д.), служащих для освобождения тяг, которые удерживают механические устройства от срабатывания. Также такие устройства имеют большое количество деталей и, как следствие, усложнение конструкции и снижение надежности устройства в целом.

Также существует проблема, связанная с растущей зоной полезной нагрузки, что, в свою очередь, увеличивает размеры КА, а, следовательно, увеличивается потребность в электроэнергии. Удовлетворить потребность в электроэнергии помогает увеличение панелей батарей солнечных, следовательно, возникает необходимость в использовании механизмов удержания с большими усилиями затяжки

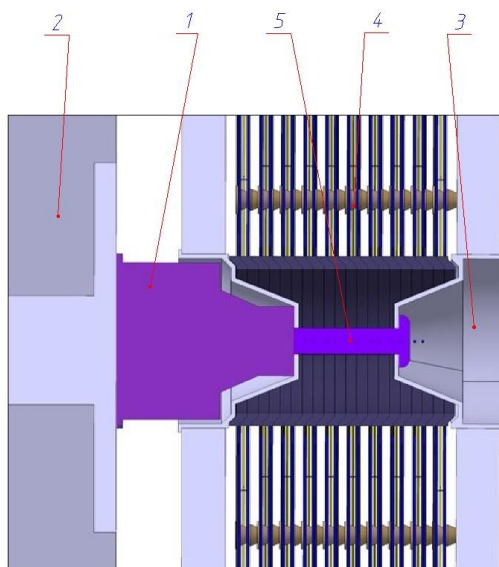


Рис. 2. Схема удерживающего механизма: 1 – механическая часть; 2 – корпус КА; 3- воронка; 4- пакет панелей БС; 5- штырь

Для решения проблемы с ударными воздействиями предлагается для удержания подвижных элементов конструкции использовать механическое устройство, которое не содержит пружин и соударяющихся элементов и имеет минимальное количество деталей, а, следовательно, более простую конструкцию по отношению к аналогичным механическим устройствам. Для создания такого устройства необходимо отходить от полностью механических схем и интегрировать в него активирующий механизм (актуатор), не основанный на пиросредствах. В механизмах, использовавшихся раньше в качестве активирующего устройства, применялись пиротехнические средства, выполняющие функцию дистанционного инициатора срабатывания механической части замка. Значения ударных воздействий, возникающих при срабатывании такого замка, приведены на рисунке 3.

Основные ударные воздействия в замках возникают за счет срабатывания пиротехнических средств, резкого снятия нагрузки в механизме удержания замка и за счет соударения элементов этого механизма.

Для снижения ударного воздействия на оборудование КА от устройств удержания необходимо разработать замок, обеспечивающий минимальные ударные воздействия на бортовую аппаратуру КА, а именно:

- разработать механизм замка, удовлетворяющий условию отсутствия соударяющихся элементов механизма удержания, а также обеспечивающего условия постепенного снятия нагрузки;

- разработать активирующее устройство без использования пиротехнических средств.

Был разработан замок с использованием активирующего устройства без использования пиросредств.

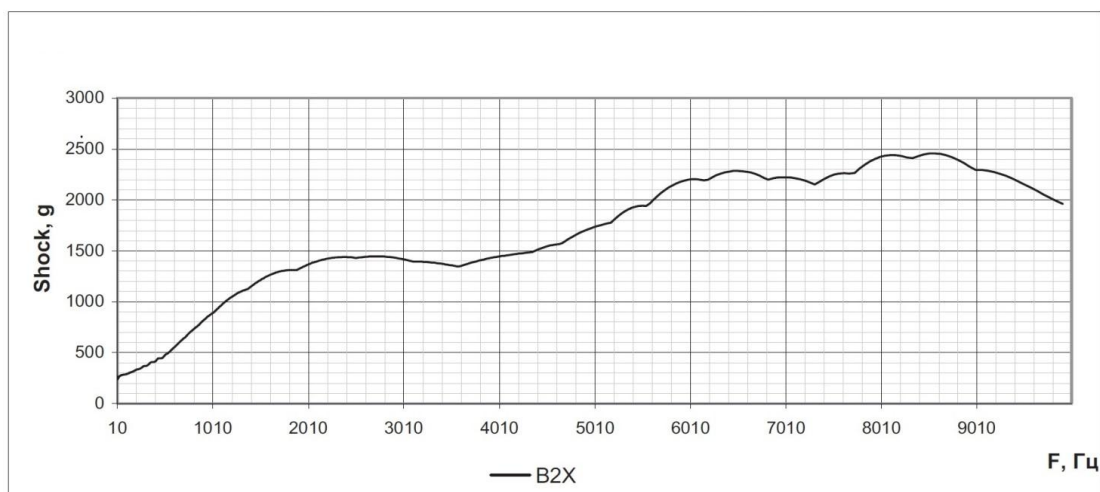


Рис. 3. Значения ударных воздействий при срабатывании замка

В результате проведенной работы [3-7] был разработан замок с низким значением ударных воздействий, возникающих при его срабатывании.

Замок представляет собой конструкцию, состоящую из механической части и активирующего устройства, общий вид которых приведен на рисунке 4.

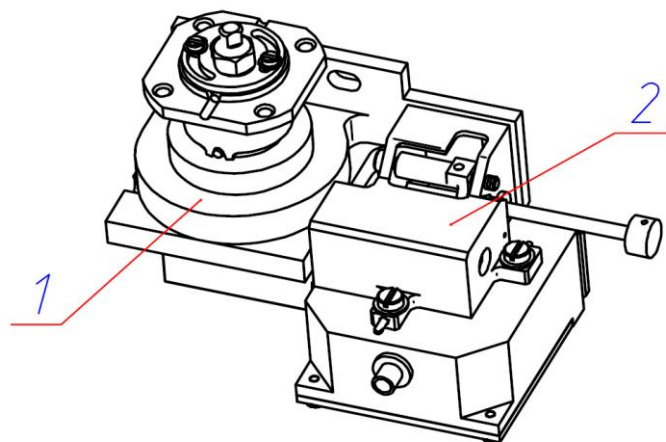


Рис. 4. Общий вид замка: 1 – механический замок; 2 – активирующее устройство

Однако данный замок не удовлетворяет требованиям по усилию затяжки и рассчитан на гораздо меньшие нагрузки.

Было решено использовать этот замок с активирующим устройством за основу при проектировании механизма рассчитанного на усилие затяжки до 50 000 Н. Механизм изображен на рисунке 5.

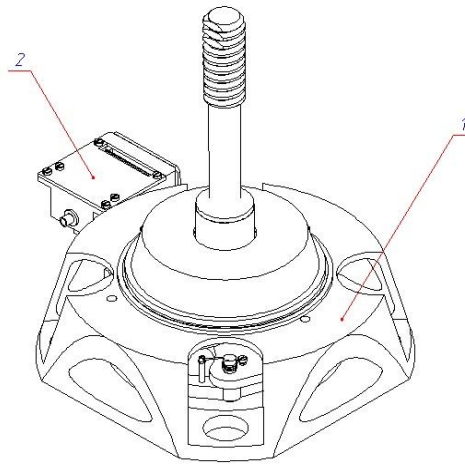


Рис. 5. Общий вид замка: 1 – механический замок; 2 – активирующее устройство

Механическое устройство состоит из механической части 1 и электромеханической части 2. При этом электромеханическая часть 2 включает в себя подпружиненные штоки (в количестве 4 шт. для увеличения надежности срабатывания), удерживаемые проволокой из материала с высоким значением удельного электрического сопротивления. Механическая часть состоит из подпружиненного штока, ввинченного в гайку и обеспечивающего редукцию механизма, который состоит из пары специальных качалок.

Активирующее устройство работает следующим образом. При подаче электрического тока на проволоку происходит нагрев, а также ее расплавление, которое приводит к разрушению, после чего шток освобождается и поворачивает рычаг, освобождая подпружиненный шток, который втягивается в корпус активирующего устройства под действием пружины, тем самым обеспечивая освобождение удерживаемого элемента.

Корпус необходим для восприятия нагрузок возникающих при транспортировке и выведении КА, а штырь – для соединения между собой стационарной и отделяемой части.

Замок работает следующим образом. После срабатывания активирующего устройства происходит освобождение качалок системы. Они освобождают гайку замка, после чего она раскручивается и освобождает штырь, за счет того, что штырь и гайка имеют резьбу с углом подъема большим, чем угол трения. После, отделяемая и стационарная части замка могут быть свободно разделены. Также, для снижения сопротивления вращения гайки во время освобождения штока, гайка установлена в корпус замка на упорный подшипник.

Технический эффект разработанной конструкции замка заключается в:

- использовании в механизме удержания замка резьбового соединения винт-гайка, со значением угла наклона резьбы, большим, чем угол трения, что позволяет обеспечить отсутствие соударения элементов механизма удержания и обеспечить плавное снятие нагрузки при срабатывании;

- активирующее устройство основано на принципе разрушаемого элемента, выполненного в виде пережигаемой проволоки, что обеспечивает многократное снижение ударных воздействий, при срабатывании такого активирующего устройства, по сравнению с устройствами, которые имеют в своем составе пиропредства.

Разработанная конструкция замка позволит использовать его на КА с бортовой аппаратурой, которая чувствительна к ударным воздействиям без ограничения по месту

размещения на КА, а также позволит увеличить усилия затяжки и воспринимать большие изгибающие моменты, действующие на корпус механизма.

Библиографический список

1. Чеботарев В. Е., Косенко В. Е. Основы проектирования космических аппаратов информационного обеспечения: учеб. пособие. Красноярск: СибГАУ, 2011. 488 с.
2. Гуцин В. Н. Основы устройств космических аппаратов : учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2003. 272 с.
3. Кузнецов В. В., Ереско С. П. Устройство удержания и освобождения подвижных элементов конструкции космического аппарата с пониженным ударным воздействием // Инновации в авиации и космонавтике: Материалы Всерос. научно практич. конф. М.: МАИ, 2014. С. 82–83.
4. Кузнецов В. В., Ереско С. П. Совершенствование устройств удержания и освобождения подвижных элементов конструкции космических аппаратов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: Материалы X Всерос. научно практической конф. В 2 т. Т1. Технические науки. Информационные технологии. Красноярск: СибГАУ, 2016. С. 147–148.
5. Кузнецов В. В., Ереско С. П. Устройство удержания и освобождения подвижных элементов космического аппарата с пониженным ударным воздействием // Новые материалы и технологии в ракетно-космической и авиационной технике: Материалы Всерос. Молодежной конф. Звездный: ФГБУ «НИИ ЦПК им. Ю. А. Гагарина», 2015.
6. Кузнецов В. В., Ереско С. П. Устройство удержания и освобождения подвижных элементов конструкции космического аппарата с пониженным ударным воздействием // Актуальные проблемы авиации и космонавтики Материалы XI Всерос. научно практической конф. В 2. т. Т 1. Технические науки. Информационные технологии. Красноярск: СибГАУ, 2015.
7. Кузнецов В. В., Герус А. А., Байбородов А. А. и др. Устройство удержания и освобождения подвижных элементов конструкции космического аппарата с пониженным ударным воздействием // Решетневские чтения: Материалы XX Юбилейной междунар. науч.-практ. конф. В 2 ч. Ч. 1. Красноярск: СибГАУ. С. 95–97..