

В результате проведенных исследований предложен метод локализации и оценки величин зазоров в подвижных соединениях механизмов и систем передачи усилий по результатам резонансных испытаний. На примере контроля люфтов в проводке управления самолета установлены особенности идентификации зазоров и показана эффективность разработанного метода.

Библиографические ссылки

1. Способ контроля люфтов в механических проводках управления самолетов / А. П. Бобрышев, В. А. Бернс, В. Л. Присекин и др. // Полет. 2007. № 12. С. 50–53.
2. Бернс В. А., Белоусов А. И., Самуйлов В. Ф. Контроль люфтов в проводках управления летательных аппаратов по результатам резонансных испыта-

ний отклоняемых поверхностей // Техника воздушно-го флота. 2010. Т. LXXXIV, № 1 (698). С. 15–19.

3. Бернс В. А., Долгополов А. В. Особенности контроля люфтов в протяженных проводках управления самолетов // Наука. Промышленность. Оборона : тр. XIII всерос. науч.-пром. конф. 2012. С. 77–80.

References

1. Bobryshev A. P., Burns V. A., Prisekin V. L., Belousov A. I., Samuylov V. F. *Polet*, 2007, № 12, p. 50–53.
2. Burns V. A., Belousov A. I., Samuylov V. F. *Tekhnika vozdušnogo flota*. 2010, vol. LXXXIV, № 1 (698), p. 15–19.
3. Burns V. A., Dolgoplov A. V. *Tr. XIII vseros. nauch.-prom. konf. "Nauka. Promyshlennost'. Oborona"* (Works XIII of the All-Russian scientific and industrial conference "Science. Industry. Defense"). 2012, p. 77–80.

© Бернс В. А., Долгополов А. В., 2013

УДК 629.7.02

УСТРОЙСТВО ОТДЕЛЕНИЯ ДЛЯ НЕГЕРМЕТИЧНЫХ ПЛАТФОРМ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА БАЗЕ ИЗОГРИДНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А. С. Вехов

ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева»
Россия, 662972, г. Железнодорожск Красноярского края, ул. Ленина, 52. E-mail: vas304@mail.ru

Представлено новое конструктивное решение устройства отделения для негерметичных платформ с силовой конструкцией корпуса из изогридной углепластиковой структуры. Для разработки нового устройства отделения проведены анализы конструкции по оптимальной массе, по параметрам отделения, надежности при худших условиях эксплуатации и т. д. В результате разработано УО исключаящее дополнительные проставки и стыковки, стягивающее шпангоуты адаптера и силовой конструкции корпуса в 12-ти равномерно расположенных по окружности точках (механических замках). Сконструированное устройство отделения позволяет унифицировать конструкцию входящих элементов и применить различные компоновки (кол. Замков, пружин толкателя). Устройство отделения имеет лучшие характеристики в сравнении с зарубежными аналогами в зависимости от массовой конструкции выводимого космического аппарата. На данный момент конструкция устройства отделения успешно применена на космическом аппарате «Атос-5», «Telkom-3», «Ямал-300К», «Луч-5Б».

Ключевые слова: космический аппарат, силовая конструкция корпуса, устройство отделения.

SEPARATION DEVICE FOR SPACECRAFT UNPRESSURIZED PLATFORMS BASED ON ISOGRID STRUCTURES

A. S. Vehov

JSC "Academician M. F. Reshetnev "Information Satellite Systems"
52 Lenin str., Zheleznogorsk, Krasnoyarsk region, 662972, Russia. E-mail: vas304@mail.ru

Design solution of the separation device for spacecraft unpressurized platforms with foundation central tube based on isogrid carbon structure is presented. The structure analysis based on the optimal mass, separation parameters, reliability under the worst operational conditions, etc. was performed for the new launch adapter. As a result, the new launch adapter was developed, which allows to eliminate additional spacers and interfaces, tightening frames for adapter and load-bearing structure at 12 uniformly spaced points on the circle (mechanical locks). The designed launcher adapter allows to unify the structure of incoming elements and to use different configurations (of locks,

injector springs, etc.). The launch adapter has better characteristics, as compared to foreign prototypes, depending on mass structure of SV to be launched. At the present time the launch adapter structure is successfully used in «Amos-5», «Telkom-3», «Yamal-300K», «Louch-5B» satellites.

Keywords: spacecraft, central tube, separation device.

С использованием в космической отрасли негерметичных платформ с силовой конструкцией корпуса (СКК) из изогридной углепластиковой структуры появилась возможность применения новых конструктивных решений в разработке устройства отделения (УО).

В ОАО «ИСС» в качестве таких платформ используются платформы серии «Экспресс» (рис. 1) которые являются безусловным достижением по уровню технических и эксплуатационных характеристик, а также экономических показателей, которые обеспечивают высокую конкурентоспособность в сравнении с лучшими западными образцами. Построение платформы обеспечивает возможность ее простой адаптации для применения в составе спутников, предназначенных для эксплуатации на различных типах орбит (высокоэллиптических, геостационарных, круговых). Платформы отличаются по своей массе и по электрической мощности, выделяемой для модуля полезной нагрузки. Разработаны платформы с учетом возможностей российских космодромов и современных ракет-носителей, такие как «Протон-М» [1].

Силовыми элементами конструкции платформы являются:

- сетчатый углепластиковый цилиндр, имеющий поперечное сечение в форме окружности и представляющий собой силовую конструкцию корпуса, на которую установлены навесные сотовые панели с оборудованием космического аппарата (КА);

- сетчатый углепластиковый конический адаптер, который устанавливается на разгонный блок (РБ).

Закрепление КА на РБ (через переходной углепластиковый адаптер) на период их совместной эксплуатации осуществляет УО. УО реализует финишную операцию выведения КА на целевую орбиту [2].

Была поставлена техническая задача:

- разработать УО с использованием естественных окон конструкции с минимальным конструктивным

изменением шпангоутов для установки оптимального количества замков УО;

- обеспечение тандемного запуска КА.

В процессе проработки были проведены анализы конструкции по оптимальной массе УО с учетом массы и жесткости соединяемых шпангоутов, по параметрам отделения с учетом разбросов центровочных и массово-инерционных характеристик спутника и РБ. Так же УО при срабатывании должно исключать выбросы твердых частиц, элементов конструкции и не должно генерировать на КА ударные нагрузки, превышающие допустимые. При этом учитывалась надежность УО при худших условиях эксплуатации (запас по срабатыванию при экстремальных температурах, дублирование).

В результате разработано УО (рис. 2) исключаящее дополнительные проставки и стыковки, стягивающее шпангоуты адаптера и СКК в 12-ти равномерно расположенных по окружности точках (механических замках) на интерфейсном диаметре $\varnothing 1177$ мм. Конструкция УО позволяет комбинировать количество замков для одиночного и тандемного запуска КА (рис. 3). Параметры и характеристики УО:

- предельно допустимая осевая эквивалентная сила по функциональному стыку КА – переходной системы составляет 875040 Н;

- линейная скорость разделения составляет не менее 1 м/с;

- угловая скорость не более 3°/с для КА; до 5,5°/с для РБ (оптимальная для системы ориентации и РБ);

- масса УО составляет 14 кг с учетом: механических рычажных замков (12 шт.), тросового бандажа с двумя пирочками и двумя стяжными муфтами, пружин-толкателей (8 шт.);

- гарантийный срок УО 4,5 года, в том числе эксплуатация в натурных условиях не менее 10 часов.



Рис. 1. Платформы семейства EXPRESS

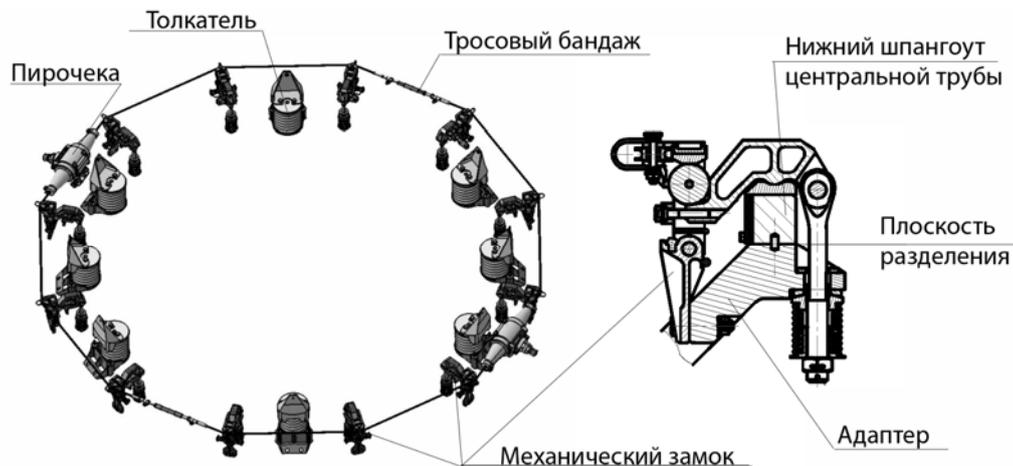


Рис. 2. Общий вид УО

Рис. 3. КА AMOS-5 и Луч-5А
(запуск ракеты носителя «Протон-М» 11 декабря 2011)

При необходимости можно разработать подобные УО на другие интерфейсные диаметры с различным количеством замков.

Важным элементом для закрепления КА на РБ на период их совместной эксплуатации является замок УО. В настоящее время спроектирован механический рычажный замок УО, который является механизмом разового срабатывания по целевому назначению и предназначен для восприятия нагрузок действующих перпендикулярно плоскости стыка разъединяемых элементов конструкции [3].

Коромысло замков (см. рис. 2) устанавливается в естественные отверстия СКК и сжимают шпангоуты СКК и адаптера. При этом исполнительные механизмы замков стянуты тросовым бандажом. Тросовый бандаж за счет высокой упругой деформации позволяет удерживать замки от срабатывания в большом диапазоне температур конструкции от 70 до -60 °С.

В конструкции УО разъединение тросового бандажа осуществляется при срабатывании хотя бы одной пирочки – применено резервирование пирочки.

Резервирование других элементов отсутствует.

Элементом для отделения КА с требуемыми параметрами является пружинный – толкатель.

В качестве толкателей используются свободные пружины сжатия. Подбором по энергетическим характеристикам и положением пружин обеспечиваются требуемые параметры отделения (линейная и угловая скорость)

Факт срабатывания УО регистрируется телеметрической системой РБ по разрыву электрических цепей отрывных соединителей. Отрывные соединители установлены в разделяемом стыке, одна часть соединителя закреплена на СКК, другая на ПС. Разделение каждого соединителя производится собственной пружиной расталкивания вилки и розетки. Для изготовления данного УО проводился большой комплекс подготовительных работ включающий изготовление технологической оснастки, изготовление опытных образцов и проведение квалификационных испытаний.

При квалификационных испытаниях УО подвергалось внешним воздействиям, условия которых

(т. е. уровни и продолжительности) имеют запасы сверх возможных наихудших условий, которые могут встретиться в течение срока эксплуатации оборудования в составе платформы (спутника), и равны или жестче, чем условия внешних воздействий при квалификационных испытаниях платформы (спутника). Квалификация УО включала испытания на ресурс.

Критериями положительной оценки результатов испытаний являлось:

- отсутствие механических повреждений элементов конструкции и покрытий (остаточных деформаций, трещин, поломок, вмятин) в результате испытаний;
- сохранение способности срабатывания элементов УО после воздействия механических нагрузок;
- сохранение способности срабатывания УО при экстремальных температурах;
- отсутствие зацепления с элементами конструкции изделия в процессе отделения;
- отсутствие самоотвинчивания функциональных резьбовых элементов и элементов крепежа;
- достаточность несущей способности силовых элементов и замков УО;

– сохранение способности срабатывания УО после проведения ресурса из 10 срабатываний. Замок УО должен выдерживать срабатывание не менее 10 раз;

– срабатывание УО от одной пирочки [4].

УО подтвердило свою работоспособность на всех этапах испытаний (табл. 1).

При разработке УО нами был проведен анализ конструкции в зоне установки УО с зарубежными аналогами (рис. 4). УО фирмы RUAG, примененное в конструктивной схеме выведения зарубежных КА предполагает наличие дополнительных силовых переходных элементов между изогридной углепластиковой структурой СКК и адаптера. Это потери полезной массы конструкции, от которых удалось уйти, применив конструкцию УО ОАО «ИСС» (см. рис. 2).

Сравнительный анализ, проведенный по разработкам, показал преимущество конструкции разработки ОАО «ИСС» (табл. 2).

Несмотря на более легкое УО фирмы RUAG по сравнению с УО изготовленного в ОАО «ИСС», зарубежная конструкция проигрывает в общей массе силовых элементов (адаптер).

Таблица 1

Этапы испытаний УО

Испытания	Оценка
Статические: различные случаи нагружения, в том числе и транспортирование в составе КГЧ	Положительная
Динамические (акустические и вибрационные нагрузки)	Положительная
Подтверждение параметров отделения УО (угловых скоростей)	Положительная
Проверка функционирования УО в вакууме при температуре плюс 80 °С (от одной пирочки)	Положительная
Проверка функционирования УО в вакууме при температуре минус 70 °С (от одной пирочки)	Положительная
* После каждого вида испытаний проводилась проверка функционирования УО	

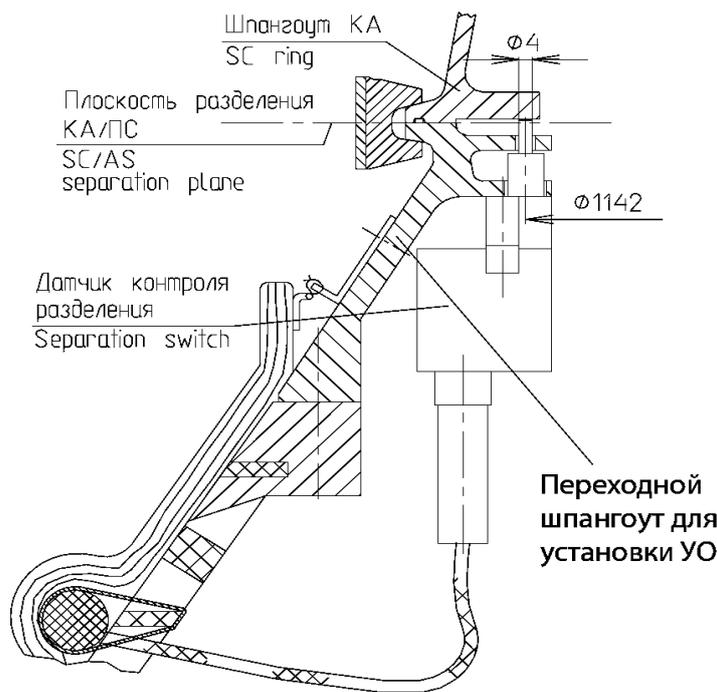


Рис. 4. Схема установки УО RUAG Sweden – 1194VS

Сравнительный анализ УО

Наименование	Адаптеры			Устройство отделения	
	Разработчик	Высота, мм	Масса, кг	Разработчик	Масса, кг
Тяжелый КА: «Экспресс-АМ5»	ОАО «ИСС»	650	54.48	ОАО «ИСС»	14
Тандемный запуск КА: «Луч-5Б»		650	60.2		14
Универсальный запуск: 1194VS	RUAG Sweden	753	165	RUAG	12

Таким образом, УО позволяет унифицировать конструкцию входящих элементов и применить различные применения компоновки (кол. Замок, пружин толкателя).

УО имеет лучшие характеристики в сравнении с зарубежными аналогами в зависимости от массовой конструкции выводимого КА. На данный момент конструкция УО успешно применена на КА «Амос-5», «Telkom-3», «Ямал-300К», «Луч-5Б».

Библиографические ссылки

1. Технология производства космических аппаратов : учебник для вузов / Н. А. Тестоедов и др. ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2009. 352 с.
2. Гушин В. Н. Основы устройства космического аппарата : учебник для вузов. М. : Машиностроение, 2003. 272 с.
3. Чеботарев В. Е., Косенко В. Е. Основы проектирования космических аппаратов информационного обеспечения : учеб. пособие / Сиб. гос. ун-т. Красноярск, 2011. 488 с.
4. Проектирование надежных спутников связи / В. Г. Афанасьев, В. И. Верхотуров, В. А. Заславский и др. ; под ред. акад. М. Ф. Решетнева. Томск : МГП

«РАСКО», 1993. 221 с. : ил. (Библиотечка «Космическая связь»).

References

1. Testoyedov N. A. et al. *Tekhnologiya proizvodstva kosmicheskikh apparatov : uchebnik dlya vuzov* (Production technology of spacecrafts : the textbook for higher education institutions). Sib. State. Aerokosmich. Un-t. Krasnoyarsk, 2009, 352 p.
2. Guschin V. N. *Osnovy ustroystva kosmicheskogo apparatov : uchebnik dlya vuzov* (Bases of the device space devices: the textbook for higher education institutions). Moscow, Mashinostroyeniye, 2003, 272 p.
3. Tchegotarev V. E., Kosenko V. Ye. *Osnovy proyektirovaniya kosmicheskikh apparatov informatsionnogo obespecheniya : ucheb. posobiye* (Design of spacecrafts of information support) Sib. Gos. Un-t. Krasnoyarsk, 2011, 488 p.
4. Afanasyev V. G., Verkhoturov V. I. Zaslavsky V. A. et al. *Proyektirovaniye nadezhnykh sputnikov svyazi* (Design of reliable communication satellites). Under edition of academician M. F. Reshetnev. Tomsk, MGP RASKO, 1993, 221 p. (Bibliotekha «Space communication»).

© Вехов А. С., 2013

УДК 621.396.946

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ НИЗКООРБИТАЛЬНОЙ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРСОНАЛЬНОЙ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ «ГОНЕЦ-ДИМ»

А. В. Кузовников, Н. А. Тестоедов, В. А. Агуреев

ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева»
Россия, 662972, г. Железногорск Красноярского края, ул. Ленина, 52. E-mail: kav@iss-reshetnev.ru

Рассматриваются этапы создания и последующего развития многофункциональной системы персональной спутниковой связи и передачи данных с космическими аппаратами на низких орбитах, основные технические решения по улучшению тактико-технических характеристик системы, повышение потребительской привлекательности и конкурентоспособности с зарубежными аналогами. Кроме того, определён основной потребительский контингент системы и представлена динамика восполнения орбитальной группировки системы до 2020 г.

Ключевые слова: спутниковая система связи, орбитальная группировка, космический аппарат, абонентский терминал, время ожидания связи, время доставки сообщения, потребительские характеристики.