

билизаторами напряжения для организации питания бортовой аппаратуры перспективных космических аппаратов / О. В. Непомнящий, Е. А. Вейсов, Ю. В. Краснобаев, Д. В. Капулин // Вестник СибГАУ. 2010. № 4(25). С. 14–18.

4. Микроэлектронные устройства управления силовыми энергопреобразующими модулями систем электропитания перспективных космических аппаратов / О. В. Непомнящий, Ю. В. Краснобаев, С. Н. Титовский, В. А. Хабаров // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2012. Т. 5, № 2. С. 162–168.

References

1. Pavlov D. A., Shilayev P. A., Korotkov E. V., Krivulin N. O. *Pisma v GTF*. 2010, 36 (12), p. 16–22.
2. Grehov I. V., Kostina L. S. *Fizika i Tekhnika Poluprovodnikov*. 2010, 44 (8), p. 1135–1139.
3. Veisov E. A., Nepomnuashy O. V., Krasnobaev U. V., Kapulin D. V. *Vestnik SibGAU*. 2010, 4 (25), pp. 14–18.
4. Nepomnyashcy O. V., Krasnobaev J. V., Titovsky S. N., Habarov V. A. *Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies*. 2012, 5 (2), p. 162–168.

© Непомнящий О. В., Охоткин К. Г., Хабаров В. А., 2013

УДК 629.7.036

ЭЛАСТИЧНЫЕ ВЫТЕСНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ТОПЛИВНЫХ БАКОВ

И. В. Платов

ФГУП «НПО имени С. А. Лавочкина»

141400, Россия, Московская область, Химки, ул. Ленинградская, д. 24. E-mail: ili061@mail.ru

В данной статье представлены результаты экспериментов, средств лабораторного обслуживания испытаний и исследований коррозионной стойкости, удобства использования материалов, узлов и агрегатов систем подачи с долгосрочным моделированием реального ресурса топливных баков с моделированием окружающей среды космической станции «Фобос-Грунт». Результаты испытаний показали, что при режимах полета перелетного модуля космического аппарата к концу полета следует ожидать газовыделение в баке с окислителем 0,16 л, в баке с горючим – 0,02 л при негерметичности эластичного вытеснительного устройства (ЭВУ) $1,0 \cdot 10^{-3}$ л·мм рт. ст./с. Работоспособность (конструктивная целостность) ЭВУ обеспечивает длительность полета перелетного модуля – 510 суток. Компоненты аминин и гептил до и после испытаний соответствовали требованиям нормативно-технической документации.

Ключевые слова: двигательная установка; испытания; материалы; узлы и агрегаты РКТ; воспроизведение воздействий реальных условий эксплуатации; имитация космических условий.

ELASTIC FEED SYSTEMS OF FUEL TANKS

I. V. Platov

Federal State Unitary Enterprise “SPA named after S. A. Lavochkin”

24 Leningradskaya str., Khimki, Moscow region, 141400, Russia. E-mail: ili061@mail.ru

The article presents the results of experiments, bench test facilities and studies of corrosion resistance, operability of materials, units and assemblies of feed systems with long-term simulation of real resource testing of fuel tanks with environment simulation of the space station «Fobos-Ground». The results of the tests showed that by the end of the flight under flight conditions of spacecraft transfer module the expected gassing in the tank with oxidizer should be 0.16 l, and 0.02 l in a tank with fuel, if the leakage of the elastic feed systems is $1,0 \cdot 10^{-3}$ l μm Hg/s. Efficiency (constructive integrity) provides for transfer module flight duration of 510 days. Amilin and heptyl components met the requirements of normative and technical documentation before and after the tests.

Keywords: propulsion system; testing; materials; spacecraft units and components; simulation of the actual operational environment; simulation of space environment.

В последние годы чрезвычайно возрос интерес к непосредственному исследованию планет солнечной системы. Для реализации данной задачи необходимы космические аппараты, способные, например, доставить оборудование для сбора информации о состоянии и составе грунта, наличии элементов, встречающихся на Земле и т.п. Таким образом, возрастают требования к оснащению перелетного модуля космического аппа-

рата (ПМ КА) связанные с длительностью космического перелета, в частности, определяющие работоспособность двигательной установки. Для обеспечения подачи жидких компонентов топлив к реактивным двигателям в условиях действия малой гравитации используются различные внутрибаковые разделительные устройства: металлические диафрагмы и сильфоны, эластичные вытеснительные устройства (ЭВУ) [1; 2].

Рассмотрим топливный бак сферической формы с установленным в него эластичным вытеснительным устройством, которое разделяет топливную и газовую полости бака (рис. 1). Отбор топлива из бака осуществляется через закрепленную с двух сторон перфорированную трубку. Газ наддува давит на поверхность ЭВУ и выдавливает топливо в магистраль.

Основные требования к ЭВУ при длительном отборе из них компонентов топлива следующие:

- конструктивная схема ЭВУ (топливо внутри или снаружи);
- низкая проницаемость газов через материал;
- химическая стойкость к компонентам;
- высокие прочностные характеристики материала (устойчивость к разрывам, растяжениям и т. д.).

Проведенные испытания по выбору формы и материала ЭВУ изготовленных в «НПО им. С. А. Лавочкина» образцов для штатных компонентов при длительном периоде эксплуатации позволили прийти к выводу об эффективности использования фольгированных материалов при сферической форме вытеснительного пакета.

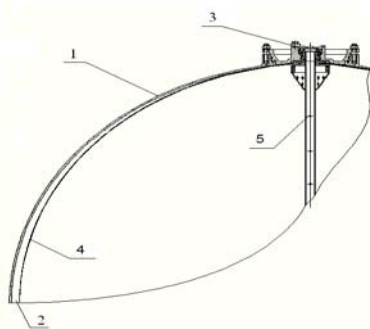


Рис. 1. Фрагмент топливного бака:
1 – корпус бака; 2 – наддувная полость; 3 – горловина;
4 – ЭВУ; 5 – перфорированная трубка

Материал ЭВУ состоит из полифеновой ткани, алюминиевой фольги и фторопластовых пленок, которые обеспечивают превосходную химическую стойкость и высокую эластичность. Полифеновая ткань снижает склонность материала к растрескиванию и улучшает стойкость к сложноизгибающим деформациям, а алюминиевая фольга снижает проницаемость газов наддува и КРТ (негерметичность фольгированного вытеснителя составляет $1,0 \cdot 10^{-3}$ л·мкм рт. ст./с., при незначительном увеличении массы ЭВУ).

Результаты проведенных испытаний по определению химстойкости материала ЭВУ при длительном нахождении в компонентах топлива приведены на рис. 2. Для придания пакету формы и габаритов внутреннего контура топливного бака ЭВУ изготавливается методом термической сварки из формованных сегментов (лепестков), которые свариваются в полусферы, а затем в сферу.

Для подтверждения работоспособности ЭВУ, оценки газовыделения на компонентах гептил и амилин в условиях натурной эксплуатации ДУ ПМ КА

«Фобос-Грунт» были сформулированы следующие задачи:

- определение значений концентраций растворенного газа наддува в амилине и гептиле в процессе длительного хранения и вытеснения компонента топлива из ЭВУ;
- определение газовыделения в процессе испытаний;
- определение степени негерметичности ЭВУ перед заправкой и после слива компонентов;
- оценка состояния материала ЭВУ после испытаний;
- определение соответствия НТД составов компонентов топлива до и после испытаний.

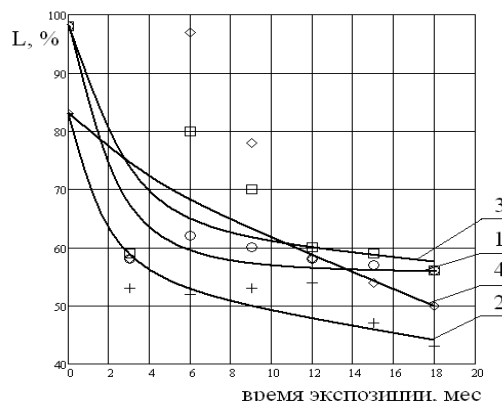


Рис. 2. Относительное удлинение фольгированного материала L после выдержки в гептиле и амилине:
1 (○○○) – гептил, вдоль; 2 (+++) – гептил, поперек;
3 (□□□) – амилин, вдоль; 4 (◇◇◇) – амилин, поперек

Для осуществления поставленных задач были разработаны программа и методика проведения испытаний, которые были реализованы в ФКП «НИЦ РКП» [3]. Испытуемый бак монтируется в термощкафу в соответствии с пневмогидравлической схемой изделия с добавлением емкости для объемно – весовых измерений при ресурсных испытаниях.

Осуществляется проверка герметичности ЭВУ до и после слива хромографическим методом. Проводится анализ по определению соответствия ГОСТам составов компонентов топлива до и после испытаний. Заправка осуществляется в откакумированные полости бака, ЭВУ и магистрали, заправка ЭВУ заданным количеством компонента с весовым контролем массы топлива. Не позднее одних суток осуществляется наддув гелием до рабочего давления.

В ходе ресурсных испытаний проводят отбор компонента из бака в измерительный бачок заранее откакумированный заданной массы компонента, определяемую по весам, выдерживают измерительный бачок в течение времени, необходимого для установления в нем постоянного давления, по значениям слитой в бачок массы компонента и давлению в бачке рассчитывают величину концентрации растворенного в компоненте газа. Содержимое измерительного бачка переливают в весовую емкость и продолжают слив из бака заданного циклограммой количества компонента.

На протяжении испытаний поддерживались температурные циклы, отвечающие натурным условиям

эксплуатации. На протяжении всего этапа испытаний осуществляется контроль температуры, давления, массы отобранных компонентов, а также контроль за состоянием пневмогидравлической системы.

По окончании ресурсных испытаний проводилось определение остатков компонента, герметичности ЭВУ. После мероприятий по нейтрализации проводится удаление ЭВУ из объема бака и внешний контроль состояния вытеснительного пакета на предмет обнаружения расслоений материала оболочки и сварных швов.

Согласно изложенной методике были проведены испытания для двух пар баков – с гептилом и амилином соответственно. Все сливы гептила из баков прошли без замечаний. Взятый по завершению испытаний анализ компонента соответствовал требованиям НТД. На рис. 3 показано газонасыщение гептила гелием.

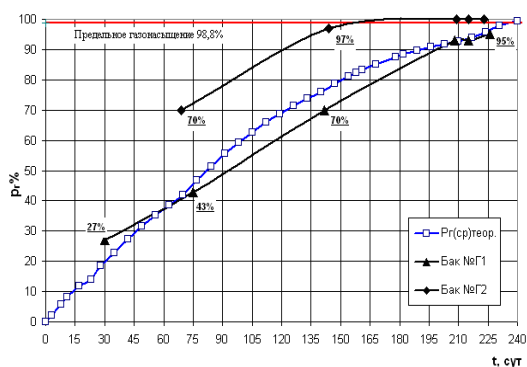


Рис. 3. Газонасыщение гептила гелием

Все сливы амилина из баков прошли также без замечаний. Взятый по завершению испытаний анализ компонента соответствовал НТД. На рис. 4 показано газонасыщение амилина гелием.

Определение исходной негерметичности по методу «мундштука» гелием показало отсутствие утечек через ЭВУ. После проведения испытаний была определена негерметичность ЭВУ баков № Г2 и № О2 также по методу «мундштука». Утечки азота через ЭВУ отсутствовали. При проверке методом «мундштука» на гелии утечки при перепаде на ЭВУ давления согласуются с требованиями по герметичности ЭВУ после испытаний – 0,0098 нсм³/мин.

Результаты измерений газонасыщения компонентов гелием в процессе длительного хранения в ЭВУ и сливов компонентов удовлетворительно согласуются с расчетными (см. рис. 3, 4).

Результаты испытаний показали, что при моделировании графика вытеснения компонентов к концу полета перелетного модуля космического аппарата «Фобос-Грунт» на 510 суток следует ожидать газовыделение в баке «О» – 0,16 л, в баке «Г» – 0,02 л при негерметичности ЭВУ $1,0 \cdot 10^{-3}$ л·ммк рт. ст./с. Компоненты амилин и гептил до и после испытаний соответствовали требованиям ОСТ 113-03-503-85 и ГОСТ В 17803-72 соответственно. Исследования механических свойств образцов материала ЭВУ после

выдержки в компонентах топлива показали, что относительное удлинение фольгированного материала составляет ~ 40 %, при этом сварные швы и основной материал сохранили свои свойства.

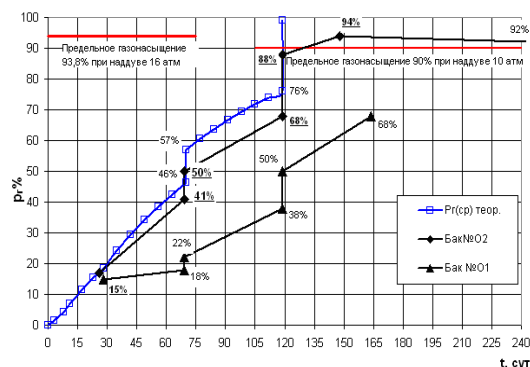


Рис. 4. Газонасыщение амилина гелием

Работоспособность (конструктивная целостность) ЭВУ обеспечивает длительность полета ДУ ПМ – 510 суток.

Библиографические ссылки

1. Пневмогидравлические системы двигательных установок с жидкостными ракетными двигателями / под ред. академика В. Н. Челомея. М. : Машиностроение, 1978. 240 с.
2. Корсаков В. С., Шморгунов А. В., Платов И. В. Эластичные вытеснительные устройства топливных баков // Инновационный арсенал молодежи 2011 : тр. II науч.-техн. конф. ФГУП «КБ Арсенал», Санкт-Петербург, 26–28 октября 2011. С. 122–125.
3. Создание стендовой базы, технологий стендовых испытаний и отработка в ФКП «НИЦ РКП» ракетно-космической техники ФГУП «НПО им. С. А. Лавочкина» / Г. Г. Сайдов, К. П. Денисов, В. Н. Кучкин и др. // Вестник ФГУП «НПО им. С. А. Лавочкина». 2012. № 4. С. 147–153.

References

1. *Pnevmohydraulicheskie sistemi dvigatel'nykh ustanovok s gidkosnymi raketnymi dvigatelemi* (Pneumohydraulic systems of engine plants with liquid rocket engines). Edited by academician V. N. Chelomey. Moscow, Mashinostroyeniye, 1978, 240 p.
2. Korsakov V. S., Shmorgunov A. V., Platov I. V. Elastic feed systems of fuel tanks [Elastichnie vitesnitel'nie ustroystva toplivnix bakov]. *Trudy 2 nauchno-texnicheskoy konferencii FGUP "CB Arsenal" "Innovacionniy arsenal molodegi 2011"* (Proc. 2th youth scientific and technical conference "innovative youth arsenal 2011"), Saint-Petersburg, 26–28 October 2011, p. 122–125.
3. Saydov G. G., Denisov K. P., Kuchkin V. N., Borisov V. V., Korsakov V. S., Mitrofanov V. F., *Vestnik FSUE "Lavochkin association"*, 2012, № 4, p. 147–153.