

ОБЗОР СПОСОБОВ УМЕНЬШЕНИЯ ПОТЕРЬ КСЕНОНА ПРИ ПОДГОТОВКЕ АГРЕГАТА ЗАПРАВКИ К РАБОТЕ

Угланов Д.А., Бирюк В.В., Корнеев С.С., Урлапкин В.В.
Самарский университет, г. Самара, skorneev1993@mail.ru

Ключевые слова: агрегат заправки ксенона, рекуперация, подготовка к заправке.

Для обеспечения заданной орбиты при полете малого космического аппарата (МКА) в его составе применяются ионные двигатели. Рабочим телом для данных типов двигателей является ксенон, к которому предъявляются высокие требования по качеству и чистоте. Газ не должен содержать механические примеси и сторонние газы в соответствии с ГОСТ 10219-77 «Ксенон. Технические условия». Для обеспечения данного требования агрегат заправки ксеноном должен исключать возможность загрязнения и, как следствие, подачу не соответствующего необходимым параметрам ксенона в бак МКА.

Рабочий процесс агрегатов заправки ксенона состоит из следующих основных этапов:

- 1) Подготовка к заправке;
- 2) Отбор пробы ксенона из агрегата для подтверждения готовности к заправке;
- 3) Заправка бака МКА;

4) Отбор пробы ксенона из бака МКА для подтверждения качества заправленного газа.

При подготовке агрегата заправки к работе происходит очистка внутренних полостей от атмосферного воздуха (при первом пуске) или от консервационного газа (при последующих пусках) посредством продувки ксеноном. В данном случае потери дорогостоящего ксенона очень велики, поэтому производители агрегатов стараются оптимизировать процесс подготовки для снижения потерь ксенона.

Еще одним способом подготовки является осуществление последовательного процесса вакуумирования и заполнения ксеноном внутренних полостей агрегата [1]. Подобный метод применяется во многих устройствах. Например, установка, созданная Безруких А.Д. ФГУП «НПО ПМ им. акад. М.Ф. Решетнева» [2] производит очистку посредством нескольких циклов вакуумирования-продувки.

Для совершенствования технологии заправки Киндяков Д.Г. и Двирный В.В. предложили модернизировать процесс заправки путем замены консервационного газа (ксенона) на гелий высокой чистоты (марки 7.0 по ТУ 0271-001-45905715-02). Это позволяет снизить расход дорогостоящего ксенона на 30-40% [2]. На данный момент подобным способом пользуются все основные производители агрегатов заправки ксеноном. В качестве примера стоит отметить агрегат, разработанный Самарским университетом [3]. На начальном этапе осуществляется 4 цикла вакуумирования и продувки аргоном высшего сорта по ГОСТ 10157-2016, затем осуществляется два цикла вакуумирования и продувки ксеноном.

Однако недостатком всех вышеприведенных способов подготовки агрегата заправки к работе является выброс продувочного ксенона в дренаж без возможности его повторного использования. Авторами [4] предложен способ рекуперации продувочного ксенона и газа, оставшегося во внутренних полостях агрегата после заправки. Однако принцип работы в данном патенте не описан.

В патенте на термокомпрессионное устройство [5] предложен модуль рекуперации ксенона, который состоит из баллона, охлаждаемого с помощью жидкого азота. Ксенон, применяемый в процессе продувки внутренних полостей поступает в баллон, охлаждаемый азотом, за счет уменьшения в нем давления. В последующем собранный ксенон может быть очищен от примесей и использован повторно.

Способ продувки внутренних полостей агрегата ксеноном с его последующей рекуперацией и возможностью повторного использования является наиболее перспективным для уменьшения потерь дорогостоящего ксенона на этапе подготовки агрегата к заправке.

Результаты работы получены при финансовой поддержке Минобрнауки России (проект № FSSS-2024-0017).

Список литературы

1. Патент 2341424 Российская Федерация, МПК F17C 5/00. Способ заправки двигательной установки космического аппарата ксеноном и устройство для его осуществления / Арзуманов Ю.Л., Володин Н.А.; заявитель и патентообладатель ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» – № 2006124189/11; заявл. 05.07.2006; опубл. 20.12.2008, Бюл. № 35. – 12 с.
2. Киндяков, Д. В. Совершенствование технологии заправки ксеноном баков системы коррекции космического аппарата / Д. В. Киндяков // Решетневские чтения: материалы XX Междунар. науч. конф., Красноярск, 8–11 ноября 2016 г. – Красноярск : СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2016. – С. 123–125.
3. Патент на полезную модель 227804 Российская Федерация, МПК F17C 5/00. Агрегат заправки ксенона /Угланов Д.А., Горшаков А.А., Корнеев С.С.; заявитель АО «РКЦ «Прогресс». – № 2024101674; заявл. 23.01.2024; опубл. 06.08.2024, Бюл. № 22. – 12 с.
4. Патент 117662979 Китай, МПК F17C 5/00. Xenon filling system for satellite propulsion tanks / Li Wei, Zhang Hao; applicant China Academy of Space Technology (CAST). – № CN202311456789.0; заявл. 12.05.2023; опубл. 19.02.2024. – 8 р.
5. Патент 104075104 Китай, МПК F17C 5/00. Method and device for xenon fueling of electric propulsion systems / Wang Jian, Chen Ming; applicant Shanghai Institute of Space Propulsion (SISP). – № CN201410123456.7; заявл. 20.03.2014; опубл. 15.10.2015. – 6 р.

Сведения об авторах

Угланов Дмитрий Александрович, профессор кафедры ТиТД. Область научных интересов: холодильная и криогенная техника.

Бирюк Владимир Васильевич, профессор кафедры ТиТД. Область научных интересов: холодильная и криогенная техника.

Корнеев Сергей Сергеевич, аспирант. Область научных интересов: холодильная и криогенная техника.

Урлапкин Виктор Викторович, аспирант. Область научных интересов: холодильная и криогенная техника.

REVIEW OF WAYS TO REDUCE XENON LOSSES WHEN PREPARING A REFUELING UNIT FOR WORK

Biryuk V.V., Korneev S.S., Urlapkin V.V.

Samara National Research University, Samara, Russia, skorneev1993@mail.ru

Key words: xenon refilling unit, recuperation, preparation for refilling.

This article is devoted to an overview of methods for reducing xenon losses when preparing the refueling unit for operation.