

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ АГРЕГАТОВ ЗАПРАВКИ КСЕНОНА ДЛЯ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Угланов Д.А., Горшкалев А.А., Корнеев С.С., Марахова Е.А
Самарский университет, г. Самара, skorneev1993@mail.ru

Ключевые слова: ксенон, ионный двигатель, агрегат заправки ксенона.

На сегодняшний день большой интерес представляют малые космические аппараты, которые обладают выигрышем в массе, что позволяет снизить стоимость их вывода на орбиту, могут легко модифицироваться, имеют меньшую стоимость относительно других аппаратов.

Для управления ориентацией и положением малых космических аппаратов на орбите в их составе применяются ионные двигатели. В качестве рабочего тела в ионных двигателях очень часто применяется ксенон.

Для обеспечения заданного времени работы ионного двигателя в составе космического аппарата имеются емкости с запасённым ксеноном. Их заправка осуществляется на этапе подготовки изделия к пуску.

На данный момент известны различные варианты конструкций агрегатов заправки ксеноном (АЗК), но все их условно можно разделить на три основные группы:

- 1) АЗК, осуществляющие заправку баков МКА посредством термокомпримирования;
- 2) АЗК, использующие мембранный аккумулятор давления;
- 3) АЗК, использующие в качестве перекачивающего элемента поршневой компрессор.

Примером агрегата заправки ксеноном на основе термокомпримирования является устройство, разработанное ОАО «РКК» Энергия» [1]. Оно содержит в своем составе емкость (баллон-компрессор), которую сначала охлаждают для ожижения подаваемого ксенона. Затем данную емкость нагревают для увеличения давления в ней газообразного ксенона и перекачки его в заправляемую емкость. Данная установка не имеет подвижных частей, что исключает попадание загрязняющих веществ в ксенон, имеет относительно простую конструкцию, однако имеет большие габариты. Также для охлаждения газа требуется подвод специального хладагента, а для последующего нагрева подвод силовой электроэнергии. Скорость ожижения и выпаривания невелика, что сказывается на производительности. Ещё одним существенным недостатком является сложность контроля массы заправляемого ксенона из-за сложности учета массы газа, ушедшего из термокомпрессора и учтенного на весах, но не попавшего в заправляемый бак, а оставшегося в трубопроводах.

Примером агрегата заправки ксеноном, использующим в качестве основного перекачивающего элемента мембранный аккумулятор давления, является установка, созданная ФГУП «НПО ПМ им.акад. М.Ф. Решетнева» [2]. Данная установка производит заправку бака при температуре ксенона ниже критической с использованием мембранного аккумулятора давления. Мембрана в качестве насоса позволяет обеспечивать заданную чистоту ксенона из-за отсутствия вероятности попадания в систему смазочных материалов и атмосферного воздуха. Контроль массы заправляемого рабочего тела осуществляется взвешиванием заправляемого бака, что обеспечивает высокую точность. Однако способ непригоден для заправки бака, встроенного в конструкцию космического аппарата, так как его нужно извлекать и помещать в специальное термостатирующее устройство.

Примером агрегата заправки ксеноном, использующим в качестве основного перекачивающего элемента поршневой компрессор, является установка, разработанная ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» [3]. Данная установка перекачивает ксенон с помощью поршневого компрессора, имеющим пневматический привод. Контроль дозы заправляемого ксенона осуществляется путем взвешивания всей установки и заправочного баллона, при этом заправляемый бак находится в составе космического аппарата, что является достоинством данного агрегата. Поршневой компрессор представляет собой конструкцию из двух соосных поршней, расположенных в разных полостях (ксеноновая и воздушная полость). Между

полостями располагается уплотнительный узел, который должен препятствовать попаданию воздуха в ксеноновую полость. Однако через данный узел происходит утечка ксенона, что является недостатком агрегата. Также существует вероятность загрязнения ксенона из-за попадания механических частиц от уплотнения поршня при его трении о стенки цилиндра.

Заключение

На основании данного обзора различных схем агрегатов заправки ксенона для малых космических аппаратов можно сделать вывод об основных требованиях к ним:

- агрегат должен заправлять бак, находящийся в составе изделия;
- необходимо точно контролировать массу заправляемого ксенона;
- нужно обеспечивать заданную чистоту заправляемого ксенона.

Исходя из данных требований следует вывод о том, что наиболее перспективными установками являются агрегаты с мембранным компрессором или термокомпрессором.

Результаты работы получены с использованием оборудования центра коллективного пользования «МЕЖКАФЕДРАЛЬНЫЙ УЧЕБНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР САМ-ТЕХНОЛОГИЙ» при финансовой поддержке Минобрнауки России (проект № 0777-2020-0019).

Список литературы

1. Пат. 2477417 Российская Федерация МПК F17C 5/06 Термокомпрессионное устройство [Текст]/ Банин В.Н., Гореликов В.И., Ракитин А.М., Семёнов А.В. (RU). Заявители и патентообладатели: ОАО «РКК»Энергия» (RU). – 2010148716/06; заявл. 29.11.2010; опубл. 10.03.2013. – 7 с.

2. Пат. 2274587 Российская Федерация МПК B64G 1/40 Способ заправки двигательных установок космического аппарата ксеноном и устройство для его реализации [Текст]/ Безруких А.Д. (RU). Заявители и патентообладатели: ФГУП «НПО ПМ им. акад. М.Ф. Решетнева» (RU). – 2004110669/11; заявл. 07.04.2004; опубл. 20.10.2005. – 7 с.

3. Пат. 2341424 Российская Федерация МПК B64G 5/00 Способ заправки двигательных установок космического аппарата ксеноном и устройство для его осуществления [Текст]/ Арзуманов Ю.Л., Володин Н.А., Петров Р.А., Шеманаев С.В. (RU). Заявители и патентообладатели: ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» (RU). – 2006124189/11; заявл. 05.07.2006; опубл. 20.12.2008. – 12 с.

Сведения об авторах

Угланов Дмитрий Александрович, доцент кафедры ТиТД, ведущий научный сотрудник НОЦ ГДИ - 209. Область научных интересов: холодильная и криогенная техника.

Горшкалев Алексей Александрович, старший преподаватель кафедры ТиТД, научный сотрудник НОЦ ГДИ - 209. Область научных интересов: рабочий процесс ДВС.

Корнеев Сергей Сергеевич, ассистент кафедры ТиТД, младший научный сотрудник НОЦ ГДИ - 209. Область научных интересов: рабочий процесс ДВС.

Марахова Елизавета Андреевна, аспирант кафедры ТиТД, инженер НОЦ ГДИ - 209. Область научных интересов: холодильная и криогенная техника.

MODERN PROBLEMS OF CREATING XENON REFUELING UNITS FOR SMALL SPACECRAFT

Uglanov D.A., Gorshkalev A.A., Korneev S.S., Marakhova E.A.
Samara National Research University, Samara, Russia skorneev1993@mail.ru

Keywords: xenon, ion engine, xenon refueling unit.

This article is an overview of the basic designs of xenon refueling units for small spacecraft.