

## АГРЕГАТЫ ЗАПРАВКИ КСЕНОНА НА ОСНОВЕ ТЕРМОКОМПРИМИРОВАНИЯ

Горшкалев А.А., Корнеев С.С., Марахова Е.А., Гаев Е.С., Урлапкин В.В.  
Самарский университет, г. Самара, skorneev1993@mail.ru

*Ключевые слова:* ксенон, термокомпримирование, баллон-компрессор, агрегат заправки.

Для обеспечения функционирования и правильного позиционирования малого космического аппарата на околоземной орбите в его составе применяются ионные двигатели. В качестве рабочего тела для данного типа двигателей применяется инертный газ – ксенон, который хранится на борту малого космического аппарата.

Заправка ксенона в баллоны малого космического аппарата осуществляется с помощью агрегатов, которые имеют различные варианты конструкции и принцип работы [1]. Одними из перспективных агрегатов заправки ксенона являются термокомпрессионные устройства.

На сегодняшний день термокомпрессионные агрегаты заправки ксеноном условно можно разделить на три основные группы:

- 1) баллоны для термоциклирования, погруженные в теплоизолированную емкость;
- 2) устройство для термоциклирования с набором разнотемпературных емкостей;
- 3) теплоизолированный двустенный баллон-компрессор.

Примером термокомпрессионного агрегата заправки ксенона, осуществляющего перекачку рабочего тела с помощью баллонов-компрессоров, которые помещены в теплоизолированную емкость, является устройство (рис. 1), разработанное ОАО «РКК «Энергия» имени С.П. Королева» [2].

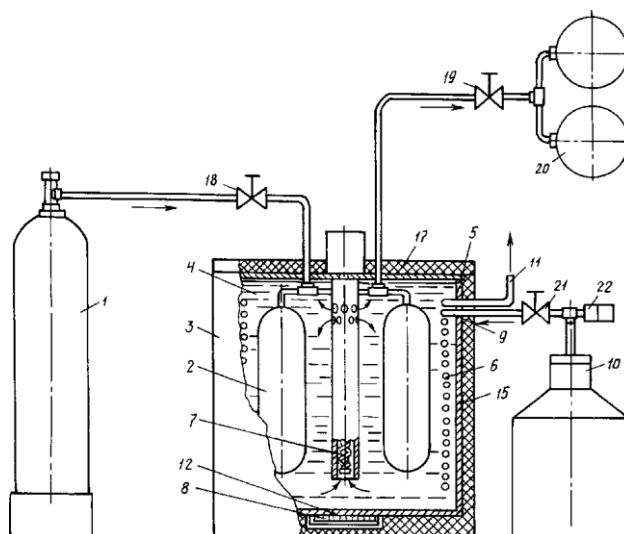


Рис. 1. Компрессионное термическое устройство

Агрегат состоит из баллона высокого давления 1 с рабочим телом, которое по трубопроводу поступает в баллоны-компрессоры 2, где охлаждается с помощью теплообменного аппарата, в который подается охлаждающая среда, например, жидкий азот. Затем баллон высокого давления закрывается, емкость нагревается, давление газа в ней растет, и он перекачивается в заправляемую емкость. Таких циклов всасывания – нагнетания совершается столько, сколько необходимо для достижения заданного давления в заправляемой емкости.

Примером устройства для термоциклирования с набором разнотемпературных емкостей является установка (рис. 2), также разработанная ОАО «РКК «Энергия» имени С.П. Королева» [3].

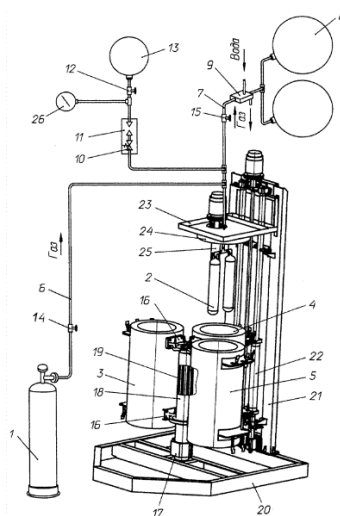


Рис. 2. Устройство для термоциклирования с набором разнотемпературных емкостей

Принцип работы агрегата схож с установкой, описанной выше, за исключением того, что нагрев и охлаждение баллонов-компрессоров осуществляется в разных емкостях, имеющих соответствующие температуры теплоносителя. Для этого в конструкции устройства предусмотрен механизм, который поочередно опускает и достает баллоны из каждой емкости.

Примером теплоизолированного двустенного баллона-компрессора, является установка (рис. 3), разработанная ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева» [4].

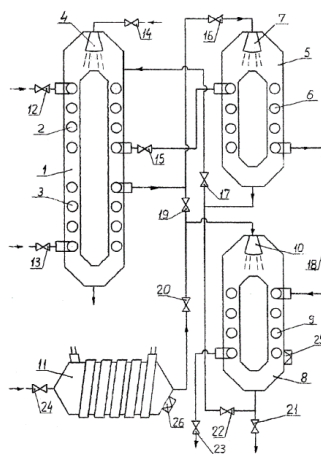


Рис. 3. Теплоизолированный двустенный баллон- компрессор

Баллоны-компрессоры расположены в кожухе, в который попеременно подается горячий и холодный теплоноситель, который позволяет осуществлять циклы ожижения-газификации ксенона для нагнетания в заправляемый баллон.

### Заключение

Анализ описанных выше термокомпрессионных агрегатов заправки позволяет выделить их преимущества и недостатки. Так в качестве достоинства термокомпрессионных устройств стоит отнести возможность обеспечения высокой чистоты заправляемого рабочего тела за счет отсутствия подвижных элементов и связи с окружающей средой внутренних полостей. Однако данное преимущество нивелируется тем, что в данных конструкциях

отсутствует система контроля заправляемой массы, что делает невозможным точное дозирование ксенона при заправке. Также очень велико время заправки из-за большой продолжительности циклов ожижения-газификации, что делает невозможным заправку большого количества баллонов одновременно. Для заправки необходимо производить демонтаж баллонов из состава МКА, что усложняет технологический процесс производства и увеличивает затраты материальных средств и времени.

Это позволяет сделать вывод о том, что термокомпрессионные агрегаты заправки имеют перспективы развития, но необходимо при разработке новых конструкций устранить перечисленные выше недостатки.

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

### Список литературы

1. Угланов Д.А., Горшкалев А.А., Корнеев С.С. и др. Современные проблемы создания агрегатов заправки ксенона для малых космических аппаратов // Всероссийский научно-технический форум по двигателям и энергетическим установкам имени Н.Д. Кузнецова, посвященный 110-летию ПАО "ОДК-Кузнецов". 2022. С. 67-68.

2. Пат. 2347133 Российская Федерация МПК F17C 5/06 Компрессионное термическое устройство (варианты) / Гореликов В.И. Банин В.Н. (RU). Заявители и патентообладатели: ОАО «РКК «Энергия» имени С.П. Королева» (RU). 2007117662/06; заявл. 11.05.2007; опубл. 20.02.2009. 9 с.

3. Пат. 2477417 Российская Федерация МПК F17C 5/06 Термокомпрессионное устройство / Гореликов В.И. Банин В.Н., Ракитин А.М., Семёнов А.В. (RU). Заявители и патентообладатели: ОАО «РКК «Энергия» имени С.П. Королева» (RU). 2010148716/06; заявл. 29.11.2010; опубл. 10.06.2012. 7 с.

4. Пат. 2415299 Российская Федерация МПК F17C 5/06 Термокомпрессор / Холодков И.В., Головенкин Е.Н., Ефремов А.М., Халиманович В.И., Кессельман Г.Д. (RU). Заявители и патентообладатели: ОАО «Информационные спутниковые системы» имени акад. М.Ф. Решетнева» (RU). 2009144294/06; заявл. 30.11.2009; опубл. 27.03.2011. 8 с.

### Сведения об авторах

Горшкалев Алексей Александрович, старший преподаватель кафедры ТиТД, старший научный сотрудник НОЦ ГДИ - 209. Область научных интересов: холодильная и криогенная техника.

Корнеев Сергей Сергеевич, аспирант кафедры ТиТД, научный сотрудник НОЦ ГДИ - 209. Область научных интересов: холодильная и криогенная техника.

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

Гаев Евгений Сергеевич, аспирант кафедры ТиТД, инженер НОЦ ГДИ - 209. Область научных интересов: тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки летательных аппаратов, бортовая энергетика, термоакустика.

Урлапкин Виктор Викторович, аспирант кафедры ТиТД, научный сотрудник НОЦ ГДИ - 209. Область научных интересов: холодильная и криогенная техника.

### XENON FILLING UNITS BASED ON THERMAL COMPRESSION

Gorshkalev A.A., Korneev S.S., Marakhova E.A., Gaev E.S., Urlapkin V.V.

<sup>1</sup>Samara University, Samara, Russia skorneev1993@mail.ru

*Keywords: xenon, thermal compression, cylinder-compressor, xenon filling unit.*

This article provides an overview of the main designs of xenon filling units based on thermal compression for small spacecraft.