

Проведённые работы показали, что понижение температуры стенки вакуумной камеры не достигает значений -50°C , при которых возможен выход из строя элементов конструкции, то есть выбранная методика испытаний оправдана.

Литература

1. Вакуумная техника: справочник/ К.Е. Демихов, Ю.В. Панфилов, Н.К. Никулин и др.; под общ. ред. К.Е. Демихова, Ю.В. Панфилова. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2009. 590 с., ил.
2. Н.Б.Варгафтик. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей, М., 1972г. 720 стр. с илл.

Технологические аспекты проведения ремонтно-восстановительных работ криогенных резервуаров типа РЦГ-250/0,6, установленных на объектах космической инфраструктуры России

Е.В.Жировов, В.А.Кобзев, О.Е.Чубаров, А.М.Зверев, Ф.А.Феимов
Москва, АО «Криогенмонтаж», Староваганьковский пер., дом 23 стр.1
E-mail: www.cryomont.ru

Степень герметичности криогенных резервуаров и внутренних магистралей криогенного оборудования является одним из основных показателей, определяющих эксплуатационную надежность конструкций. В статье изложен технологический процесс и технологические операции и последовательность их проведения при производстве ремонтно-восстановительных и испытательных работ на резервуаре РЦГ-250/0,6, приведен перечень средств контроля качества выполненных работы создания и поддержания вакуума на уровне $6,65 \cdot 10^{-2} - 10^{-3} \text{ Па}$ в теплоизоляционной полости (ТИП) резервуара.

Technological aspects of repair and restoration works of cryogenic tanks of the RTG-250/0.6 type installed on objects of the Russian space infrastructure. E.V.Zhirovov, V.A.Kobzev, O.E. Chubarov, A.M.Zverev, F.A.Feimov . The degree of tightness of cryogenic tanks and internal pipelines of cryogenic equipment are the main indicators that determine the operational reliability of structures. The article describes the technological process and technological operations and the sequence of their implementation in repair and restoration and testing works on the tank rtsg-250/0, 6. A list of tools for quality control of work performed and the creation and maintenance of vacuum at the level of $6,65 \cdot 10^{-2} - 10^{-3} \text{ Pa}$ in the thermal insulation cavity (type) of the tank is given.

Криогенный резервуар РЦГ-250/0,6 предназначен для приема, длительного хранения и выдачи криогенных продуктов. Резервуар (рис.1) представляет собой горизонтальный двустенный, цилиндрический аппарат и состоит из сосуда внутреннего, внешнего защитного кожуха, опорной системы и трубопроводов обвязки. Сосуд внутренний, в котором хранится криогенный продукт изготовлен из нержавеющей стали аустенитного класса. Кожух изготовлен из стали 09Г2С.

Теплоизоляция внутреннего сосуда и трубопроводов обвязки слоисто-вакуумная. Для обеспечения ресурса работы системы и эффективности применяемой слоистой вакуумной тепловой изоляции (СВТИ) в режиме хранения в теплоизоляционной полости (ТИП) резервуара поддерживается остаточное давление на уровне $6,65 \cdot 10^{-2} - 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$ с помощью криоадсорбционного устройства с угольным адсорбентом, размещенного на наружной поверхности внутреннего сосуда. Для удаления водорода из ТИП резервуара, работающего при температуре криогенного продукта 78 К и выше на кожухе резервуара установлен патрон с химическим поглотителем водорода.

Резервуар оснащен устройством, необходимым для присоединения теплоизоляционной полости к вакуумному оборудованию [3] при необходимости ее откачки и подключения средств измерения давления.

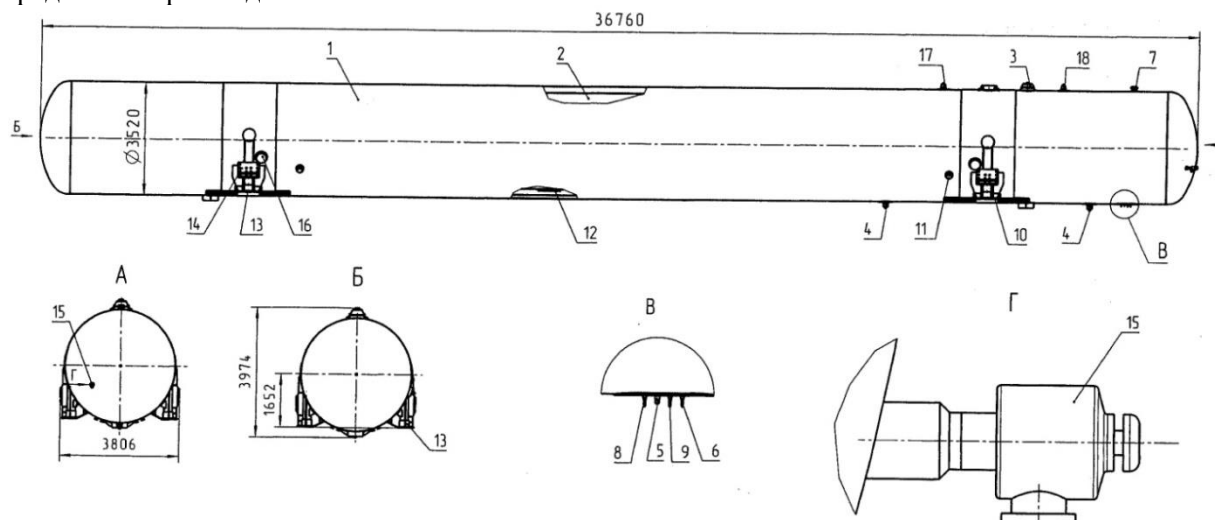


Рис.1. Резервуар РЦГ-250/0,6.

1 – кожух; 2 – внутренний сосуд; 3 – патрубок газосброс; 4 – заправка выдача «низ»; 5 – вывод на испаритель; 6 – анализ; 7 – устройство предохранительное вакуумное; 8 – уровень «верх»; 9 – уровень «низ»; 10 – бабышки для контрольного заземления; 11 – патрон с поглотителем водорода; 12 – криоадсорбционный насос; 13 – опора резервуара; 14 – плита для монтажной опоры; 15 – клапан УРС-50; 16 – цапфа; 17 – заправка на уровень; 18 – слив из ВРУ на уровень.

Технические параметры резервуара РЦГ-250/0,6 представлены в таблице 1.

Ремонтно-восстановительным работам подвергаются патрубки: «газосброса», «заправки на уровень», «слив из ВРУ на уровень», которые могут быть деформированы при производстве погрузочно-разгрузочных работ и транспортировании, а также при производстве монтажных работ.

Таблица 1. Технические параметры резервуара РЦГ-250/0,6.

Наименование параметра	Единица измерения	Значение
Габаритные размеры, длина, ширина, высота	мм	36 500 3810 4100
Вместимость внутреннего сосуда	м ³	250
Вакуумная герметичность после испытаний на холодный удар: Сосуда внутреннего способом «вакуумной камеры»	м ³ Па/с (л·мк рт.ст/с)	4·10 ⁻⁷ (3·10 ⁻³)
Суммарный газовый поток в ТИП резервуара измеренный манометрическим методом	м ³ Па/с (л·мк рт.ст/с)	4,4·10 ⁻⁵ (0,33)
Адсорбент	– –	Уголь СКТ-4 ТУ-6-16-2352
Предварительное остаточное давление в ТИП резервуара теплого	Па (мм рт. ст.)	1,33·10 ⁻² (1·10 ⁻⁴)
Потери продукта от испарения, Азот Кислород	кг/ч, (% в сутки)	9,5 (0,12) 8,7 (0,08)

Ремонтно-восстановительные работы выполняются в три этапа:

Первый этап – предварительная подготовка теплоизоляционной полости (ТИП) резервуара к производству ремонтно-восстановительных работ.

1.1. Последовательность проведения технологических операций:

- выполнение напуска газообразного азота ГОСТ 9293-74 в теплоизоляционную полость резервуара (ТИП) до давления 0,1 МПа;
- проведение демонтажа кожуха и внутренних трубопроводов, подвергнутых деформированию;
- организация защиты ТИП от попадания в нее атмосферных осадков;
- организация продувки ТИП азотом с точкой росы минус 45°С. Давление паров воды в ТИП поддерживается меньше равновесного давления (окружающей среды).

Защита ТИП газообразным азотом от условий окружающей среды обеспечивает оптимальное состояние:

- а) теплоизоляции при ее обезгаживании вакуумированием;
- б) адсорбента при его регенерации;
- в) химического поглотителя водорода – диоксида марганца палладированного (ДМП) в сохранности его работоспособности.

Примечание: Установлено, что при напуске атмосферного воздуха в ТИП откачные параметры активированного ДМП ухудшаются и при выдержке более двух часов приводит к прекращению его работы. [1]

Второй этап – производство ремонтно-восстановительных работ резервуара РЦГ-250/0,6.

2.1. Последовательность выполнения технологических операций:

- монтаж и приварка внутренних труб;
- испытание сварных швов (швов стыков) внутренних труб на герметичность. Сварные швы испытываются на герметичность масс-спектрометрическим методом способом «накопления в атмосферном чехле» при давлении во внутреннем сосуде 0,6 МПа 5% гелиево-воздушной смеси при пороге чувствительности испытаний не более $1,33 \cdot 10^{-10} \text{ м}^3 \text{ Па/с}$ ($7,5 \cdot 10^{-7} \text{ л} \cdot \text{мкрт. ст/с}$).

Испытания на герметичность проводятся на установке, укомплектованной масс-спектрометрическим течеискателем, криоадсорбционным насосом с сферическим модулем, капиллярным шлангом, щупом с газовой завесой, манометрическим преобразователем [2]. Внутренние трубы после проведения испытаний изолируются слоистой вакуумной тепловой изоляцией (СВТИ). Затем на выводы внутренних труб устанавливаются и привариваются накладки и кожуха, проводится вакуумирование ТИП резервуара и проводятся испытания на герметичность:

- а) кожуха резервуара – масс-спектрометрическим методом, способом «обдува» по СТП 2082-595-2006 при пороге чувствительности течеискания не более $1 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3 \text{ Па/с}$ ($7,5 \cdot 10^{-6} \text{ л} \cdot \text{мк рт. ст/с}$);
- б) сосуда внутреннего – масс-спектрометрическим методом, способом «вакуумной камеры» при рабочем давлении 0,6 МПа (6 кгс/см^2) 5% гелиево-воздушной смеси в полости сосуда при пороге чувствительности течеискания не более $1 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3 \text{ Па/с}$ ($7,5 \cdot 10^{-6} \text{ л} \cdot \text{мк рт. ст/с}$);
- в) ТИП резервуара – манометрическим методом при давлении в теплоизоляционной полости не более $1,33 \cdot 10^{-2} \text{ Па}$ ($1 \cdot 10^{-4} \text{ мм рт. ст.}$) без применения вымораживающей ловушки перед манометрическим преобразователем, величина суммарного газового потока должна быть не более $4,4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \text{ Па/с}$ ($0,33 \text{ л} \cdot \text{мк рт. ст/с}$).

Третий этап – окончательная подготовка резервуара к работе.

3.1. Последовательность выполнения технологических операций:

- обезгаживание теплоизоляционной полости;
- регенерация адсорбента;
- повторная активация химического поглотителя водорода.

Обезгаживание ТИП производится при температуре окружающей среды в течение 7 суток при остаточном давлении $1,33 \cdot 10^{-1} \text{ Па}$ ($1 \cdot 10^{-3} \text{ мм рт. ст.}$).

Регенерация угольного адсорбента осуществляется путем откачки ТИП в течение не менее 72 часов с момента достижения в вакуумной полости давления менее $1,33 \cdot 10^{-1} \text{ Па}$ ($1 \cdot 10^{-3} \text{ мм рт. ст.}$), измеренного без применения азотной ловушки на датчике давления.

Повторная активация химического поглотителя водорода ДМП, производится после завершения подготовки ТИП и регенерации адсорбента прогревом при температуре (383 ± 10) К с одновременной откачкой теплоизоляционной полости до давления менее 1 Па в течение не менее 3 часов.

Выводы

Выполняются следующие ремонтно-восстановительные работы и вакуумные испытания резервуара РЦГ-250/0,6:

- сосуда внутреннего масс-спектрометрическим методом, способом «вакуумной камеры»;
- кожуха масс-спектрометрическим методом, способом «обдува»;
- теплоизоляционной полости манометрическим методом.

Литература

1. Динамические характеристики каталитического поглотителя водорода – диоксида марганца палладированного, в реальных условиях эксплуатации резервуаров / В.В. Веденеев [и др.]// Вакуумная техника, материалы и технология: Материалы XI Международной научно-технической конференции М., 2016 г. с. 284-288.
2. Чувствительность масс-спектрометрического метода течеискания способом «щупа» / Е.В. Жировов [и др.]// Вакуумная наука и техника: Материалы XXV Международной научно-технической конференции, с участием зарубежных специалистов М., 2018 г. с. 248-251.
3. Опыт и возможности изготовления, монтажа, наладки, устранения негерметичностей и эксплуатации криогенного и высоковакуумного оборудования / Е.В. Жировов [и др.]// в печати.

Направления развития микроохладителей Гиффорда - МакМагона и вакуумных криогенных насосов

*В.В. Яловнаров, В.М. Ильин
Омск, АО «НТК «Криогенная техника»
cryovac@mail.ru*

В работе приведены новые результаты по созданию двух новых образцов крионасосов и трех микроохладителей.

Directions of development of Gifford - MacMahon micro-coolers and vacuum cryogenic pumps. V.V.Yalovnarov, V.M. Ilyin. The two new cryopump samples and three microcoolers are presented.

Развитие современных высокотехнологичных областей науки и техники невозможно без применения вакуумных криогенных насосов (НВК). Потребность в них постоянно растет, благодаря появлению новых отраслей их применения и в связи с тем, что для многих процессов, осуществляемых в вакууме, предъявляются повышенные требования к чистоте остаточных газов, свободных от углеводородов, низкому остаточному давлению и высокой удельной скорости действия.

Толчком к созданию НВК послужила стремительно развивающаяся электронная промышленность нуждающаяся в эффективных надежных средствах создания и поддержания высокого безмасляного вакуума, всем этим требованиям отвечали криогенные насосы созданные на базе автономных, замкнутых по рабочему газу охлаждающих устройств на