

**ОПЫТ ИЗМЕРЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ В ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОЛОСТЯХ (ТИП) КРИОГЕННЫХ РЕЗЕРВУАРОВ РЦГ-250/0,6, РЦГ-250/1,0, РЦГ-250/1,1 СИСТЕМЫ ЗАПРАВКИ ЖИДКИМ КИСЛОРОДОМ И СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АЗОТОМ НА КОСМОДРОМЕ "ВОСТОЧНЫЙ" (СТАРТ ДЛЯ "АНГАРЫ")**

**EXPERIENCE IN MEASURING RESIDUAL PRESSURE IN THERMAL INSULATING CABINS (TYPE) OF CRYOGENIC TANKS RCG-250 / 0.6, RCG-250 / 1.0, RCG-250 / 1.1 OF LIQUID OXYGEN REFUELING SYSTEMS AND A NITROGEN SUPPLY SYSTEM FOR "THE VOSTOCHNY COSMODROME")**

Е.В.Жировов, К.В.Сметанин, Н.В.Артемова / [www.cryomont.ru](http://www.cryomont.ru)

E.V. Zhirovov, K.V. Smetanin, N.V. Artemova

АО "Криогенмонтаж", г. Москва:

*В статье описан опыт измерения остаточного давления в теплоизоляционных полостях (ТИП) криогенных резервуаров РЦГ-250/0,6, РЦГ-250/1,0, РЦГ-250/1,1 системы заправки жидким кислородом и системы обеспечения азотом на космодроме "Восточный" перед монтажом оборудования в условиях среднесуточной температуры окружающего воздуха ниже минус 30°С на новом строящемся старте для "Ангара".*

The article describes the experience of measuring the residual pressure in the heat-insulating cavities of cryogenic tanks RTSG-250 / 0.6, RTSG-250 / 1.0, RTSG-250 / 1.1 of the liquid oxygen filling system and the nitrogen supply system at the Vostochny cosmodrome before the installation of equipment in conditions of an average daily ambient temperature below minus 300 C at a new launch under construction for" Angara ".

Ключевые слова: *криогенный резервуар, система снабжения жидким кислородом и азотом, теплоизоляционная полость*

Key words: *cryogenic tank, liquid oxygen refueling system, nitrogen supply system, heat isolation cavity*

Для обеспечения работы системы заправки жидким кислородом и системы обеспечения азотом стартового комплекса космодрома "Восточный" используются следующие криогенные резервуары:

- РЦГ-250/1,0 (емкость внутреннего сосуда 250 м<sup>3</sup>, рабочее давление 1,0 МПа, экранно-вакуумная изоляция) общим количеством 4 (четыре) единицы (система заправки жидким кислородом);

- РЦГ-250/1,1, РЦГ-250/0,6 (емкость внутреннего сосуда 250 м<sup>3</sup>, рабочее давление 1,1 и 0,6 МПа соответственно, экранно-вакуумная изоляция) общим количеством 5 (пять) единиц (система обеспечения азотом).

В соответствии Инструкцией по монтажу криогенных резервуаров 2082 364231 1367 ИМ перед монтажом и сбросом консервирующего газа, а также до проведения холодных опрессовок необходимо выполнить следующие операции касательно проверки вакуумной герметичности теплоизоляционной полости:

- 1) Провести измерение остаточного давления в ТИП резервуара. Давление в ТИП должно быть не более 6,65 Па ( $5 \cdot 10^{-2}$  мм рт. ст.).
- 2) В случае, если остаточное давление в ТИП резервуара превышает нормативное значение по п. 1 не более, чем в 10 (десять) раз, то необходимо провести дополнительное вакуумирование

ТИП до получения значений парциального давления по неконденсируемым компонентам (с азотной ловушкой) не более  $1,3 \cdot 10^{-2}$  Па ( $1 \cdot 10^{-4}$  мм рт. ст.).

- 3) В случае, если остаточное давление в ТИП резервуара превышает нормативное значение по п. 1 более, чем в 10 (десять) раз, то дальнейшее решение принимается с участием специалиста завода-изготовителя.

Работы по определению остаточного давления в ТИП резервуаров в соответствии с договорными обязательствами выполнялись с участием представителя завода - изготовителя квалифицированными специалистами АО "Криогенмонтаж", аттестованными по виду контроля ПВТ (2-й уровень) в соответствии с требованиями ПБ 03-440-02 "Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля".

Работы по замеру остаточного давления в ТИП резервуаров проводилась с использованием следующего измерительного оборудования:

Вакуумметр Мерадат-ВИТ19ИТ1 (номер в госреестре 41616-09) со следующими основными техническими характеристиками:

- 1) Питание - 220В;
- 2) Потребляемая мощность - не более 50ВА;
- 3) Тип первичного преобразователя:
  - ПМИ-2 (рабочий диапазон измерений давления от  $1,3 \cdot 10^{-5}$  до 0,13 Па);
  - ПМИ-10-2 (рабочий диапазон измерений давления от  $1,3 \cdot 10^{-3}$  до 133,32 Па);
  - ПМТ-6-3 (ПМТ-6-3М-1) (рабочий диапазон измерений давления от 0,133 до  $1 \cdot 10^5$  Па);
  - ПМТ-4М (рабочий диапазон измерений давления от 0,13 до 13,33 Па).

Перечень основных операций при проведении контроля остаточного давления в ТИП криогенных резервуаров:

- 1) Подстыковка вакуумного переносного стенда с измерительным коллектором к вакуумному вентилю криогенного резервуара.
- 2) Откачка измерительного коллектора вакуумным постом на базе комплекса вакуумного турбомолекулярного КВТ-400 производства Владимирский завод механической обработки.
- 3) Измерение остаточного давления в ТИП криогенного резервуара.

Работы по измерению остаточного давления в ТИП криогенных резервуаров РЦГ-250/1, РЦГ-250/1,1, РЦГ-250/0,6 проводились в декабре 2019 г. В силу специфики климатических условий и отсутствия стационарных помещений, работы приходилось выполнять при температуре окружающего воздуха вплоть до минус  $38^{\circ}$ С.

В процессе выполнения работ была выявлена следующая особенность работы первичных преобразователей типа ПМТ-6-3 (и др.) вакуумметра Мерадат-ВИТ19ИТ1: после проведения замера вакуума в ТИП криогенных резервуаров в случае недостаточного времени остывания нити накала (в условиях вакуума измерительного коллектора), происходит выход из строя первичного преобразователя.

Таким образом, для проведения замера вакуума в ТИП криогенного оборудования в условиях низких температур, необходимо время (не менее 2-х минут) для остывания нити накала первичных преобразователей (в условиях вакуума измерительного контроля).



Рис. 1. Монтаж криогенного резервуара РЦГ-250 краном грузоподъёмностью 750 тн на космодроме "Восточный".



Рис. 2. Расположение криогенных резервуаров РЦГ-250/0,6, РЦГ-250/1,0, РЦГ-250/1,1 на космодроме "Восточный".