

Повторная активация химического поглотителя водорода ДМП, производится после завершения подготовки ТИП и регенерации адсорбента прогревом при температуре  $(383 \pm 10)$  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

водородный уровень температур (20 К) с ресурсом работы не менее 20000 часов и низким уровнем вибрации.

Создан ряд НВК нового поколения Ду от 160 до 630 мм. с быстротой действия по воздуху от 0,8 до 20 м<sup>3</sup>/с, комплектуемыми одно- и двухступенчатыми микроохладителями (МО) Гиффорда - МакМагона и компрессорными установками (КУ) трех типоразмеров собственной разработки.

Все НВК оснащаются микропроцессорными системами управления:

- обеспечивающими возможность работы от одной компрессорной установки до 2-х блоков криооткачки;
- осуществляющими контроль рабочих параметров и управление работой насоса во всех режимах (пуск, откачка, регенерация);
- выполняющими мониторинг, диагностику и накопление данных о работе составных частей крионасоса;
- позволяющими интегрироваться в комплексные высоковакуумные системы через стандартные интерфейсы RS232, RS485.

Эффективность и эксплуатационные характеристики вакуумных криогенных насосов в значительной степени определяется техническими характеристиками микрокриогенных систем Гиффорда - МакМагона (МКС). В настоящее время ведутся работы по созданию МКС с улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками на водородный уровень температур (20К) и разработка МО с полезной холодопроизводительностью на уровне (10К).

Разработаны два типоразмера двухступенчатых МО холодопроизводительностью:

- MO10/20 -  $Q_{2ст.} \sim 14$  Вт при 20 К,  $Q_{1ст.} \sim 30$  Вт при 80 К;
- MO7/100 -  $Q_{2ст.} \sim 7$  Вт при 20 К,  $Q_{1ст.} \sim 80$  Вт при 80 К.

и одноступенчатый микроохладитель:

- MO180 -  $Q \sim 170$  Вт при 80 К.

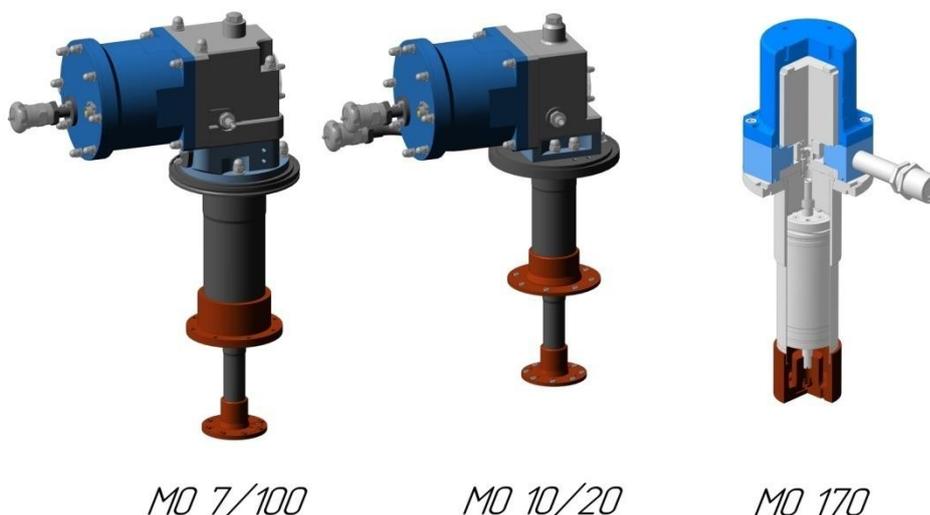


Рис. 1. Внешний вид разработанных МО.

Созданные микроохладители обладают высокой степенью унификации узлов.

Технические характеристики МО позволили разработать на их базе

- универсальный НВК Ду 900мм с быстротой действия по воздуху 30 м<sup>3</sup>/с, (откачивающий все компоненты воздуха) и по основным техническим характеристикам не уступающий современным зарубежным аналогам;

- конденсационный НВК Ду 630мм для откачки больших потоков газов, конденсирующихся при температуре выше 40К (НВК используется в комплексных вакуумных установках, предназначенных для создания безмасляного вакуума необходимого давления ~

$1 \cdot 10^{-2}$  Па при исследованиях и испытаниях различных приборов и систем в частности ионных двигателей и для обеспечения вакуума при проведении проверок герметичности агрегатов и систем космических аппаратов).

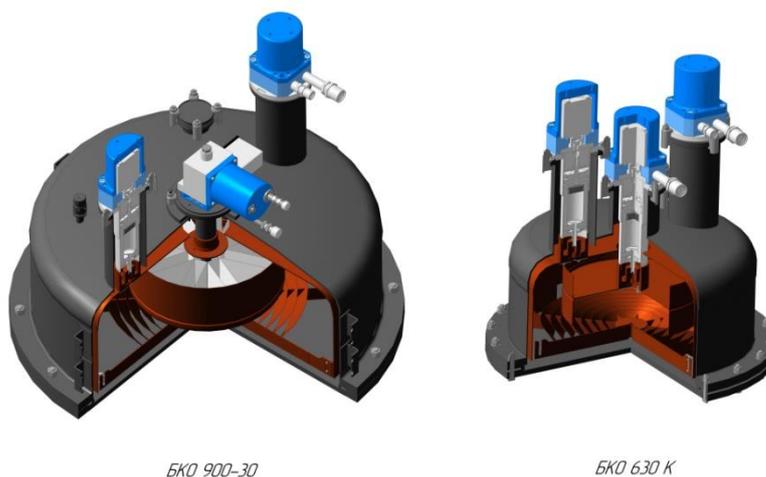


Рис. 2. Блоки криооткачки НВК 900-30 и НВК 630К.

Созданные микроохладители в дальнейшем планируется использовать для модернизации существующих НВК с Ду 630 и 400мм, что также существенно улучшит их технические характеристики.

Кроме этого на базе МО 7/100 проектируется установка криогенной очистки газифицированного гелия от примесей высококипящих газов ( $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ) для его повторного ожижения производительностью  $1,2 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Она может быть использована в качестве технологического оборудования при эксплуатации крионасосов заливного типа с применением гелия в качестве криоагента. В настоящее время ведется разработка макетного образца.



Рис. 3. Блок криогенной очистки гелия.

Следующее направление это разработка двухступенчатого криорефрижератора МО 2/10 с полезной холодопроизводительностью 1-3Вт на уровне 10К, достижение которой планируется обеспечить применением в качестве насадки регенератора 2ст. сплавов редкоземельных металлов на основе эрбия и гольмия.



Рис.4. Внешний вид и разрез вытеснителя второй ступени МО 2/10.

Такие микроохладители позволяют создать НВК для откачки гелия адсорбционной ступенью с температурой криостатирования  $\sim 10\text{K}$ . Температурный уровень выбран, исходя из данных [1] о влиянии температуры на процесс откачки гелия, приведённых на рисунке 5. Из рисунка видно, что при температуре выше 12 К отсутствует стабильность быстроты действия (что подтверждается и нашими измерениями), в то же время при температурах ниже 10 К не наблюдается значительного роста быстроты действия. В качестве адсорбента предполагается использовать «высокоэнергетичные, узкопористые» активированный угли.

Подобные крионасосы могут найти применение как дополнительное средство откачки Не термоядерного реактора токамак, основная откачка в которых производится адсорбционно конденсационными криопанелями охлаждаемыми сверхкритическим гелием при  $T \sim 5\text{K}$ .

МО с температурным уровнем 10 К могут также найти применение для охлаждения кристаллов в оптических криостатах и калибровка датчиков, магнитооптические эксперименты, охлаждение инфракрасных и гамма детекторов, сверхпроводящих магнитов, высокотемпературных сверхпроводников и во многих других областях.

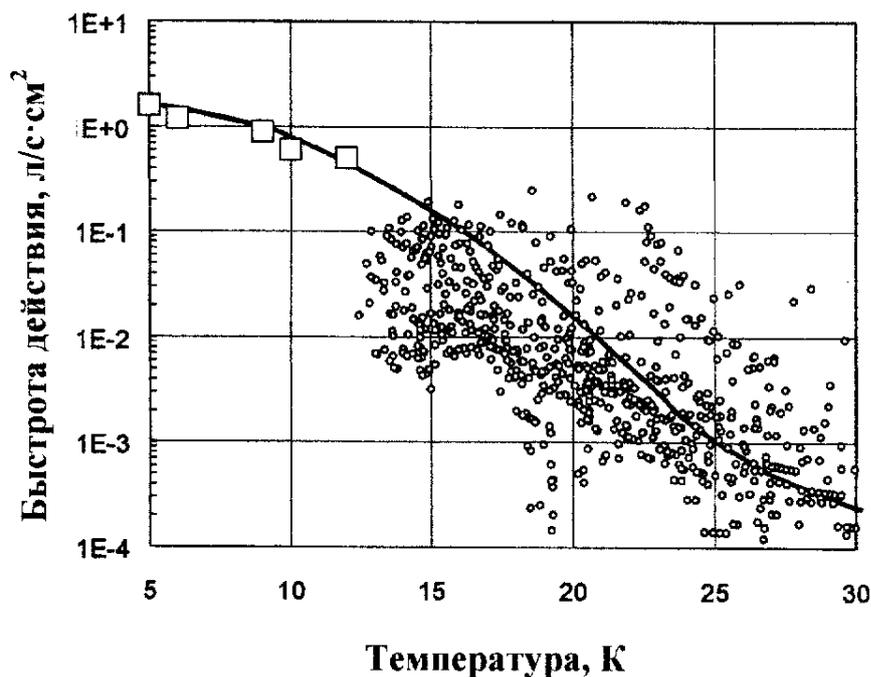


Рис. 5. Зависимость быстро́ты действия по гелию от температуры [1].

Таким образом, в результате проведённых (в отчётный период) работ

- линейка выпускаемых предприятием крионасосов, пополнилась двумя образцами;
- разработаны три микроохладителя, что создало базу для модернизации имеющейся номенклатуры НВК и создания системы криогенной очистки гелия;
- создан научно-технический задел для разработки НВК для откачки гелия.

#### Литература

1. C. Day / Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 187–188 (2001) 187–206. The use of active carbons as cryosorbent.