

Опытная эксплуатация высоковакуумного турбомолекулярного насоса ВГТН-400 в составе вакуумной камеры ВК-16

А.Ю. Кочетков, А.Н. Зайцев, *В.С. Неверов

г. Химки АО "НПО им. С.А. Лавочкина". kochetkov@laspace.ru

*г. Владимир, Владимирский центр механической обработки. vsneverov@vsto33.ru

В статье представлены результаты сравнительных испытаний турбомолекулярных насосов в составе экспериментальной вакуумной камеры ВК-16.

Trial operation the high-vacuum turbo-molecular pump HGTP-400 as a part of vacuum chamber VC-16. A.Yu. Kochetkov, A.N. Zaitsev, V.S. Neverov. The article contains the result tests of turbo-molecular pumps as a part of vacuum chamber VC-16.

В статье рассматривается вопрос об опытной эксплуатации турбомолекулярного насоса ВГТН-400 в составе вакуумной камеры ВК-16, а также представлены результаты сравнительных испытаний ВГТН-400 и турбомолекулярного насоса иностранного производства (ТМН1).

Вакуумная камера ВК-16 представляет собой горизонтальную вакуумную камеру, объёмом 110 литров. Схема вакуумной камеры представлена на рис. 1. В качестве рабочего, на ней установлен турбомолекулярный насос иностранного производства, на схеме обозначенный ТМН1. ВК-16 оснащена насосом предварительной откачки (ВН1), производительностью 180 л/мин. Предварительная откачка производится через ТМН. В качестве датчиков давления Вв1 и Дв2 использованы ионизационный преобразователь ПМИ-2 и термопарный преобразователь ПМТ-2 соответственно. В качестве вторичного прибора используется вакуумметр Меркат ВИТ19-ИТ2.

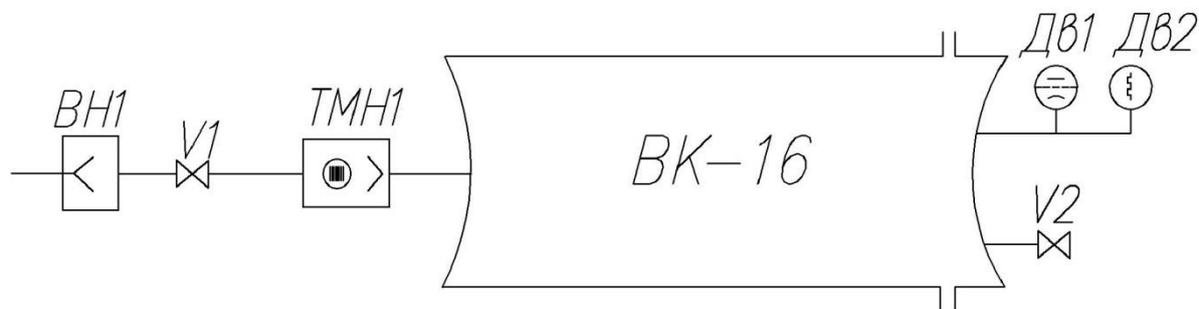


Рис. 1 Схема вакуумной камеры ВК-16.

Сравнительные испытания производились путём последовательной установки турбомолекулярного насоса на посадочное место вакуумной камеры. Сначала устанавливался ТМН1, затем на его место устанавливался ВГТН-400.

Сначала производилась предварительная откачка вакуумной камеры механическим насосом. Далее включался ТМН. Давление в вакуумной камере фиксировалось вакуумметром с частотой 1 раз в 10 минут. Откачка турбомолекулярным насосом производилась в течение 10 часов. По истечении времени вакуумная камера выключалась.

Сравнительные характеристики двух насосов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительные характеристики насосов.

№ п/п	Наименование параметра	ТМН 1 иностранного производства	ВГТН-400
1	Входной фланец насоса	ISO 160	DN 160-K
2	Быстрота действия, л/с	700	400
3	Предельное остаточное давление, мм рт.ст.	$4 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-7}$
4	Степень сжатия	$>1 \cdot 10^9$ (N ₂) $>1 \cdot 10^6$ (H ₂)	$>1 \cdot 10^7$ (воздух)
5	Номинальная скорость вращения ротора, об/мин	36 000	27 000
6	Время выхода на рабочий режим, мин	<4	<10
7	Рабочая ориентация	любая	любая
8	Подвеска ротора	керамические необслуживаемые подшипники с консистентной смазкой	подшипники качения гибридные
9	Выходной фланец	KF40	KF25
10	Максимальное допустимое давление в форвакуумной линии, мм рт.ст	$7 \cdot 10^{-1}$	$5 \cdot 10^{-1}$
11	Устойчивость к прорыву атмосферы	н/д	до 10 бросков атмосферы
12	Охлаждение	водяное, возможно воздушное	воздушное, для напряжённых приложений возможно водяное
13	Потребляемая мощность, Вт	< 750	< 400
14	Габаритные размеры: диаметр, высота	216x263	202x302
15	Масса, кг	19	18

Из характеристик видно, что представленные насосы идентичны по большинству параметров, за исключением частоты вращения ротора 36 000 об/мин у ТМН1 против 27 000 об/мин у ВГТН-400, отсюда следует разница в производительности 700 л/с против 400 л/с. Соответственно и предельное остаточное давление у ТМН1 составляет $1 \cdot 10^{-9}$ мм рт.ст против $1 \cdot 10^{-7}$ мм рт.ст. у ВГТН-400. На первый взгляд, при установке, насосов на реальную вакуумную камеру ТМН1 должен существенно превосходить ВГТН-400 по скорости выхода на заданное остаточное давление, а также по достижимому вакууму.

На рис.2 представлена экспериментальная зависимость разрежения в вакуумной камере от времени. На графике хорошо видно, что при превосходстве в производительности насоса ТМН1 на 75 %, скорости падения давления в рабочем объеме вакуумной камеры у обоих насосов близки. При включении обоих насосов остаточное давление в вакуумной камере составляло $1 \cdot 10^{-1}$ мм рт.ст. Достижение остаточного давления $1 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст. для ТМН1 составило 2 часа 50 минут, у ВГТН-400 - 3 часа 20 минут. Через 10 часов после включения остаточное давление в вакуумной камере составило $3,3 \cdot 10^{-6}$ мм рт.ст. для ТМН1 и $5,1 \cdot 10^{-6}$ мм рт.ст. для ВГТН-400. Натекание вакуумной камеры, зафиксированное в данном эксперименте составило $9,6 \cdot 10^{-3}$ мм рт.ст. · л/с. для обоих насосов.

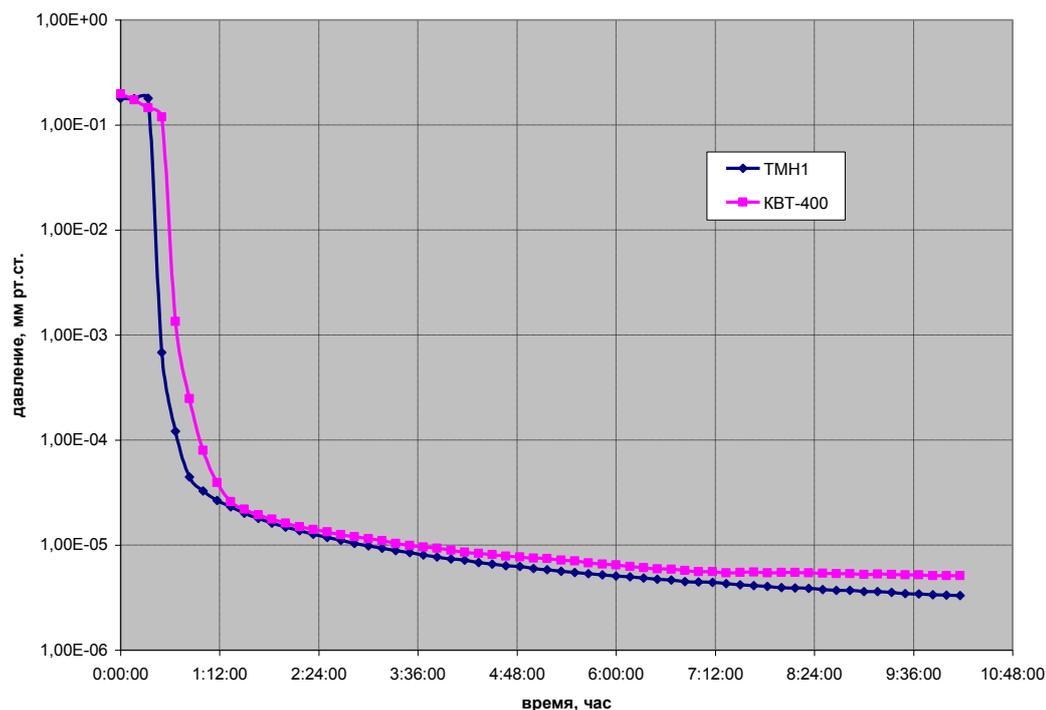


Рис. 2. Экспериментальная зависимость разрежения в вакуумной камере от времени.

Субъективное впечатление от работы обоих насосов: оба имеют близкие габаритные размеры и вес; корпус ТМН изготовлен из нержавеющей стали, корпус ВГТН-400 из алюминиевого сплава; оба насоса при работе издают небольшой шум и имеется небольшая вибрация. Выходной фланец ТМН KF-40, у ВГТН-400 KF25, больший фланец позволяет сделать форвакуумную линию с меньшим гидравлическим сопротивлением.

При тестировании было замечено, что при проведении предварительной откачки вакуумной камеры (производится через выключенный турбомолекулярный насос), время достижения исходного давления $1 \cdot 10^{-1}$ мм рт.ст у ВГТН-400 примерно на 30% больше. Это свидетельствует о более высоком гидравлическом сопротивлении при остановленном роторе. Общее впечатление, что оба насоса могут использоваться в одних и тех же приложениях.

Данные результаты позволяют сделать вывод о том, что при существенно лучших заявленных характеристиках у ТМН1 по производительности, на практике большого выигрыша нет. При выборе насосов необходимо руководствоваться другими, менее очевидными, но не менее важными характеристиками, такими как: материал корпуса и ротора, возможность воздушного охлаждения, стойкость к прорыву атмосферы, ресурс работы, гарантийное и послегарантийное обслуживание, доступность в запасных частях.

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.