

Создание и применение высокопроизводительных турбомолекулярных вакуумных насосов в современных вакуумных установках

Пархомов М. М.

Пархомов Михаил Михайлович / Parhomov Mikhail Mihailovich – специалист, инженер-конструктор,
АО «Центральное Конструкторское Бюро Машиностроения», г. Санкт-Петербург

Аннотация: в настоящей статье приведен сравнительный анализ различных типов вакуумных насосов высокой производительности (5000 л/с и более). Целью данной работы являлось показать преимущества применения турбомолекулярных вакуумных насосов в современных вакуумных установках различного назначения. Проведенный анализ показал существенные преимущества применения турбомолекулярных вакуумных насосов в современных вакуумных установках.

Ключевые слова: вакуумные насосы, турбомолекулярные вакуумные насосы.

УДК 621.52

В настоящее время потребность в высоко- и сверхвакуумных средствах откачки быстротой действия свыше 5000 л/с обеспечивается, в основном, диффузионными, а также криогенными вакуумными насосами зарубежного производства. Применение этих насосов имеет свои преимущества, такие как:

- наличие моделей с большим быстродействием;
- отсутствие движущихся частей в зоне откачки;
- устойчивость к «прорывам атмосферы».

Современные вакуумные насосы должны отвечать следующим требованиям: обеспечение безмаслянной откачки среды, не загрязняя откачиваемый объем парами углеводородов или другими рабочими телами; низкий уровень шума; возможность работы с химически агрессивными средами; иметь продолжительный срок бесперебойной работы;

В настоящий момент в вакуумных системах в интервале быстродействия от 5000 до 20000 л/с возможно применение турбомолекулярных вакуумных насосов. Рассмотрим преимущества замены вышеупомянутых типов насосов в вакуумных установках на турбомолекулярные насосы для определения наиболее оптимального решения.

Диффузионные вакуумные насосы. Диффузионные вакуумные насосы имеют рабочую жидкость – вакуумное масло. С наличием масла связано негативное влияние на качество получаемого вакуума, так как имеет место обратный поток паров масла, загрязняющий откачиваемый объем. Источниками загрязнений откачиваемого объема обычно являются пары масла с охлаждаемой поверхности корпуса насоса, пары масла с кромки верхнего сопла, пары масла, проникающие через резьбу и зазоры установочной гайки и шайбы и др. [1]. В таблице 1 представлены некоторые параметры современных диффузионных насосов быстротой действия свыше 5000 л/с.

Таблица 1. Характеристики диффузионных вакуумных насосов

	HINDHIVAC [2]		Kodivac [3]	
	OD 350D	OD 500	DPF-22ZQ	DPF-36ZQ
Быстрота действия (л/с)	6000	12000	12800	28200
Предельное остаточное давление (Па)	5×10^{-5}	5×10^{-5}	1×10^{-5}	1×10^{-5}
Габаритные размеры (мм)	625x490x700	828x645x1000	680x910x1120	1065x1422x1570
Напряжение питающей сети и частота	440В/50Гц	440В/50Гц	220В/50Гц	220В/50Гц
Вес нетто (кг)	70	150	167	450
Потребляемая мощность (Вт)	3750	7500	6000	15000

Из приведенных данных видно, что данные насосы не могут обеспечить предельного остаточного давления ниже 1×10^{-5} Па. Также диффузионные насосы не могут обеспечить безмаслянную откачку, а значит, подлежат замене на безмаслянные вакуумные насосы, такие как криовакуумный или турбомолекулярный.

Криогенные вакуумные насосы. Криовакуумный насос обладает рядом преимуществ по отношению к диффузионным. Главное преимущество данного типа насосов - возможность безмаслянной

откачки. Криовакуумные насосы способны обеспечить ресурс до 100000 часов. Также криовакуумные насосы устойчивы к «прорывам атмосферы».

Таблица 2. Характеристики криогенных вакуумных насосов [4]

	Leybold			
	COOLVAC 5.000 CL	COOLVAC 10.000 CL	COOLVAC 18.000 CL	COOLVAC 30.000
Быстрота действия (л/с)	5000	10000	18000	30000
Предельное остаточное давление (Па)	1×10^{-9}	1×10^{-9}	1×10^{-9}	1×10^{-9}
Габаритные размеры (мм)	450x450x640	550x550x704	658x658x608	1060x1060x886
Напряжение питающей сети и частота	42В/50Гц	42В/50Гц	-	-
Вес нетто (кг)	42	50	65	245
Потребляемая мощность 1 ст/2 ст (Вт)	160/90	160/90	-	-

В таблице 2 представлены некоторые параметры современных криовакуумных насосов быстротой действия свыше 5000 л/с.

Однако криовакуумные насосы также имеют некоторые недостатки. Первым из них является конечная ёмкость, требующая заполнения жидким хладагентом, ёмкость 1000-8000 бар. л и, соответственно, циклический характер работы – после накопления некоторого количества газа им требуется регенерация. Также имеются ограничения по откачиваемым газам.

Турбомолекулярные вакуумные насосы. Турбомолекулярный вакуумный насос (ТМН) является, пожалуй, лучшим вариантом применения в современных вакуумных установках. Современные конструкции данных насосов обеспечивают безмасляную откачку. Также современные ТМН обладают высокой степенью автоматизации. В некоторых работах, посвященных сравнению различных типов высоко- и сверхвакуумных средств откачки, одним из главных недостатков ТМН названа высокая чувствительность к «прорывам атмосферы», однако это не так. Разработанные в АО «ЦКБМ» сверхвысоковакуумные турбомолекулярные насосы ТМНГ-5000, ТМНГ-10000, ТМНГ-20000 имеют двухпоточную схему проточной части. Такое решение дает высокую устойчивость к «прорывам атмосферы», что подтверждено проведенными экспериментальными работами и опытом эксплуатации на вакуумных установках в Институте космических исследований (Москва), в НПО ПМ им. М. Ф. Решетнёва (Железногорск), в НИИЭФА им. Д. В. Ефремова (Санкт-Петербург), и дает возможность применения этих насосов в современных вакуумных системах. В таблице 3 приведены некоторые параметры, производимых ТМН.

Таблица 3. Характеристики турбомолекулярных вакуумных насосов

	АО «ЦКБМ»		
	ТМНГ-5000	ТМНГ-10000	ТМНГ-20000
Быстрота действия (л/с)	5000	10000	20000
Предельное остаточное давление (Па)	$1,3 \times 10^{-7}$	$1,3 \times 10^{-7}$	$1,3 \times 10^{-7}$
Габаритные размеры (мм)	600x930x660	720x1080x730	1220x1746x1340
Напряжение питающей сети и частота	380В/50Гц	380В/50Гц	380В/50Гц
Вес нетто (кг)	450	960	1600
Потребляемая мощность (Вт)	600	1000	1800

Главным преимуществом ТМН по сравнению с крионасосами является начало откачки сразу после подключения электропитания, отсутствие ограничений по откачиваемым газам, низкое энергопотребление в рабочем режиме, возможность разворота корпуса относительно оси ротора для

обеспечения подсоединения насоса к вакуумной камере. Стоимость турбомолекулярного насоса не превышает стоимости криовакуумного насоса аналогичного быстродействия. На рис.1 представлен общий вид насосов ТМНГ-5000 (слева) и ТМНГ-20000 (справа).

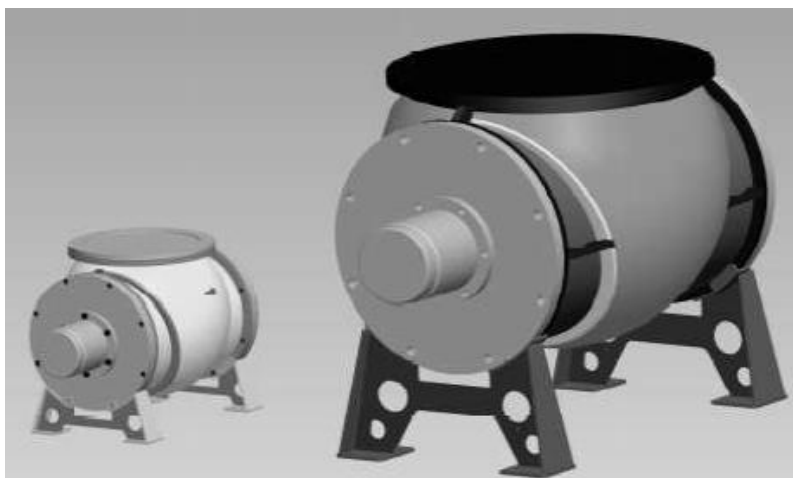


Рис. 1. Турбомолекулярные насосы ТМНГ-5000, ТМНГ-20000

Литература

1. *Иванов В. И.* Безмасляные вакуумные насосы. Ленинград: Машиностроение, 1980. С. 6.
2. MCSTechno. [Электронный ресурс]: Паромасляные диффузионные насосы. Режим доступа: <http://www.msht.ru/catalog/955/> (дата обращения: 15.07.2016).
3. ТЕРЛА. [Электронный ресурс]: Диффузионные насосы. Режим доступа: <http://www.terla.ru/catalog/vacuum/diffusion/> (дата обращения: 15.07.2016).
4. АО «ВАКУУММАШ». [Электронный ресурс]: Крионасосы COOLVAC. Режим доступа: http://vacma.ru/products/v_pump/COOLVAC_COOLPOWER_COOLPAK/COOLVAC/ (дата обращения: 15.07.2016).