

Откачные параметры молекулярно-вязкостного вакуумного насоса

Е.В. Свичкарь, Н.К. Никулин
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Россия, Москва, 2-я Бауманская, д.5
E-mail: svic@bk.ru

В данной статье представлено описание экспериментального стенда для определения откачных характеристик молекулярно-вязкостного вакуумного насоса в переходном и вязкостном режимах течения газа. Экспериментальные данные получены для проточной части молекулярно-вязкостного вакуумного насоса с трапециевидальным каналом с целью дальнейшего выявления влияния геометрических и скоростных параметров проточной части насоса на его быстроту действия и отношение давлений, создаваемое проточной частью насоса.

Pumping parameters of the molecular-viscous vacuum pump. E.V. Svichkar , N.K. Nikulin.
The experimental stand to determine the pumping characteristics of molecular-viscous vacuum pump in the transitional and viscous flow regimes of gas is described. Experimental data are obtained for the flow part of the molecular-viscous vacuum pump with trapezoidal channel to further determine the effect of the geometrical and velocity parameters of the flow part of the pump on its pumping speed and the pressure ratio generated by this part of the pump.

Описание экспериментального стенда

Для исследования откачных параметров молекулярно-вязкостных вакуумных насосов [1 – 3] с различными проточными частями в широком диапазоне давлений разработан экспериментальный стенд, схема которого представлена на рис. 1.

Вакуумная установка состоит из напускной камеры CV1 и измерительной камеры CV2, изготовленных из нержавеющей стали с полированными внутренними поверхностями. Между ними установлена диафрагма D известной проводимости для определения быстроты действия МВВН. В качестве локализованного источника напуска газа в камеру CV1 служит игольчатый натекатель VF, позволяющий регулировать газовые потоки. Равномерное распределение напускаемого потока по входному сечению обеспечивается кольцевой системой напуска, разработанной и исследованной на кафедре Э-5 "Вакуумная и компрессорная техника" МГТУ им. Н.Э. Баумана или сеточным сепаратором. Такая система осуществляет подачу газовых потоков одновременно в нескольких точках поперечного сечения вакуумной камеры, при этом потоки равномерно распределены по поперечному сечению и равны между собой. Напускаемые потоки измеряются регулятором расхода газа РРГ-12.

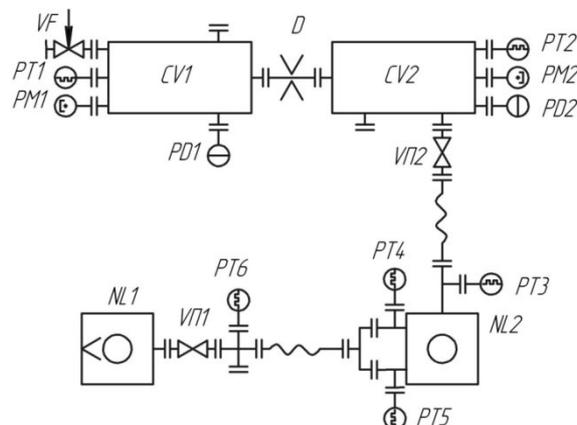


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментального стенда.

Не допускается располагать в одной осевой плоскости (на одной образующей поверхности трубы камеры) несколько отверстий с одной стороны диафрагмы. Поэтому оси отверстий для измерения давления до и после диафрагмы расположены в разных плоскостях, проходящих через ось измерительной камеры.

Молекулярно–вязкостный насос NL2, выполняется в разных конструкционных исполнениях, в зависимости от требуемых откачных параметров.

МВВН может работать с форвакуумной системой откачки, либо без нее, т.е. с непосредственным выходом газа в атмосферу. При наличии форвакуумной системы откачки насос предварительно откачивается спиральным вакуумным насосом (NL1) до форвакуумного давления, которое регистрируется преобразователями давления РТ4 – РТ5 в форвакуумной линии. С помощью преобразователя давления РТ6 определяется давление во всасывающем патрубке МВВН.

Экспериментальные данные

На рис. 2 – 3 построены зависимости максимального отношения давлений, создаваемого МВВН с трапецеидальными каналами, от окружной скорости ротора, геометрические параметры которых представлены в таблице 2.

Полученные экспериментальные данные показывают значительное увеличение отношения давлений проточной части насоса, работающей в переходном режиме течения газа (кривая 1 рисунок 8) по сравнению с проточной частью с такими же геометрическими размерами, работающей при вязкостном режиме течения газа (кривые 2, 6 рисунок 8). Так как режим течения газа зависит от геометрических параметров проточной и средней длины свободного пробега молекулы газа, значит, он зависит и от давления газа на стороне нагнетания проточной части. Таким образом, за счет снижения давления нагнетания проточной части можно обеспечить в проточной части насоса переходный режим течения газа и тем самым повысить общее отношение давлений ступени или всего насоса.

Таблица 2. Геометрические данные проточной части насоса

№	№ рисунка	№ кривой на рисунке	ψ	$\alpha_{рот}$ град	$\alpha_{ст}$ град	p_n , Па
1.	Рисунок 2	1	1	24	24	10^3
2.		2	1	24	24	10^5
3.		3	1	24	15	10^5
4.		4	1	24	8	10^5
5.		5	1	24	15	$8 \cdot 10^3$
6.		6	1	24	24	$8 \cdot 10^3$
7.		7	1	24	8	10^4
8.		8	1	23	23	10^5
9.	Рисунок 3	1	1	24	24	10^3
10.		2	1	24	24	$8 \cdot 10^3$
11.		3	1	24	13	$8 \cdot 10^3$
12.		4	1	24	24	10^5

При описании основных геометрических параметров проточной части насоса используется безразмерный коэффициент ψ , определяющий отношение высоты канала к его

ширине. На кривой 2 и 8 коэффициент $\psi = 1$, однако, геометрическое значение высоты канала на кривой 2 больше высоты канала на кривой 8.

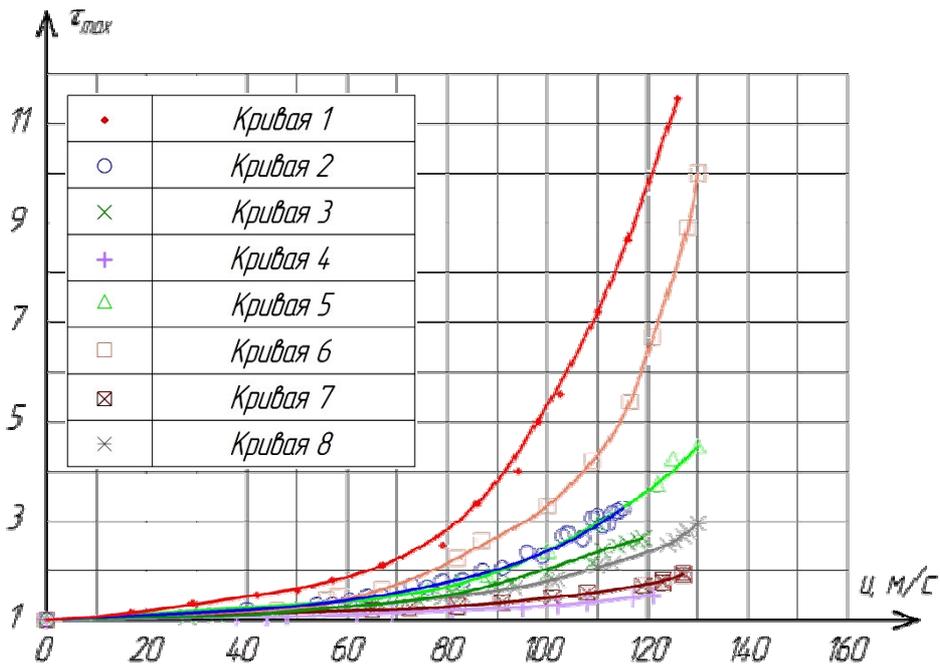


Рис. 2. Зависимость максимального отношения давлений проточной части насоса от окружной скорости.

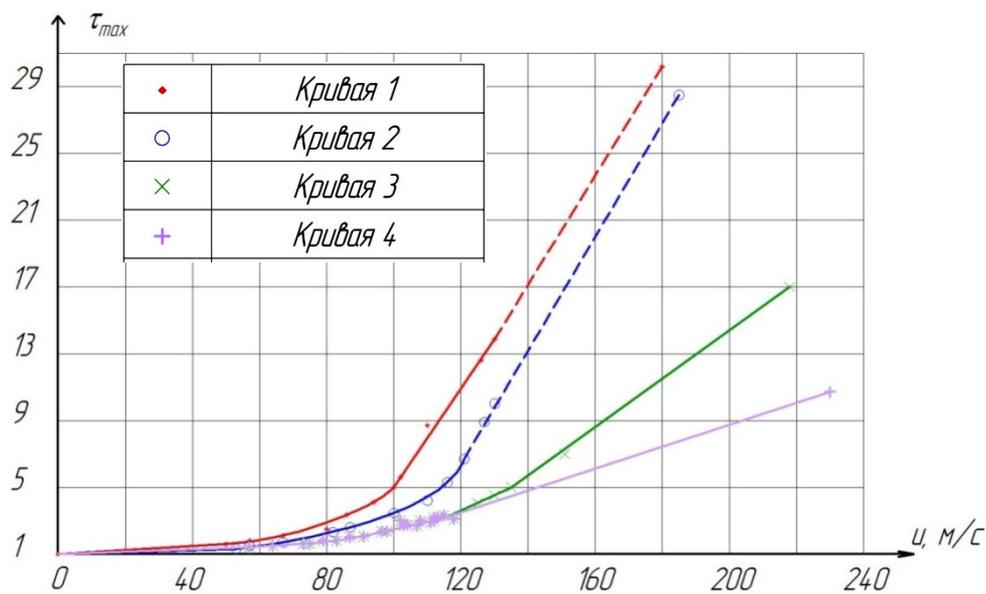


Рис. 3. Зависимость максимального отношения давлений проточной части насоса от окружной скорости.

На рис. 4 построены зависимости быстроты действия от отношения давлений в проточной части МВВН с трапецидальными каналами, геометрические параметры которых представлены в таблице 3. Экспериментальные данные $S = f(\tau)$ получены при окружной скорости на роторе равной 119 м/с.

Таблица 3. Геометрические данные проточной части.

№	№ кривой на рис.	ψ	$\alpha_{рот}$ град	$\alpha_{ст}$ град	p_n , Па	Условие определения S
1.	1	1	23.7	23.7	10100	Всасывание
2.	2	1	23.7	23.7	10100	Нагнетание
3.	3	1	23.7	23.7	26200	Всасывание
4.	4	1	23.7	23.7	26200	Нагнетание
5.	5	1	23.7	23.7	38380	Всасывание
6.	6	1	23.7	23.7	38380	Нагнетание
7.	7	1	23.7	23.7	101000	Всасывание
8.	8	1	23.7	23.7	101000	Нагнетание

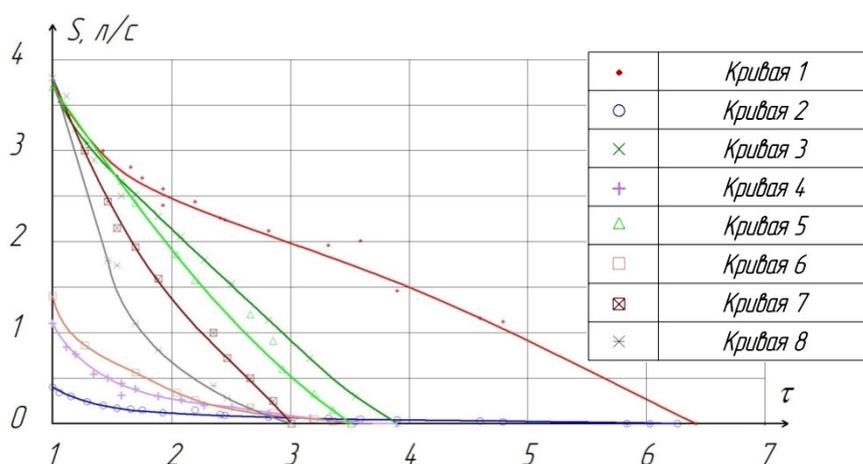


Рис. 4. Зависимость скорости действия проточной части насоса от отношения давлений.

МВВН может использоваться как отдельное средство откачки, обеспечивающее требуемые параметры. Проточная часть молекулярно-вязкостного насоса может применяться в виде форвакуумных ступеней комбинированных турбомолекулярных насосов в качестве альтернативной замены молекулярных и вихревых ступеней. Использование новых проточных частей в форвакуумной части комбинированных турбомолекулярных насосов позволяет увеличить давление нагнетания и скорость действия форвакуумных ступеней, значительно упростить технологию изготовления и сборки вакуумного насоса.

Улучшение откачных параметров МВВН в переходном режиме течения газа связано со снижением влияния вязкостного трения и межмолекулярного взаимодействия молекул газа, и преобладанием взаимодействия молекул газа с поверхностью.

Литература

- 1 Свичкарь Е.В., Никулин Н.К., Демихов К.Е. Перспективы развития комбинированных турбомолекулярных вакуумных насосов // Инженерный журнал: наука и инновации. Электронное научно-техническое издание. 2013. №5(17). С. 1 – 15.
- 2 Свичкарь Е.В., Никулин Н.К., Демихов К.Е. Исследование течения газа в канале МВН в вязкостном режиме течения // Известия высших учебных заведений. Серия: Машиностроение. 2012. №10. С. 18–22.
- 3 Свичкарь Е.В., Никулин Н.К., Демихов К.Е. Расчет параметров течения газа в тонких каналах с подвижной стенкой // Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Серия: Машиностроение. 2009. Выпуск 4. С. 19–27.