

УДК 621.52

Насос Рутса. Преимущества нагнетателя Рутса

Цыганкова С.Д.

Научный руководитель – инженер ПТАШИЦ К.П.

Невозможно представить себе современный мир без использования всевозможной техники, направленной на то, чтобы упростить и усовершенствовать жизнь человека. Достижения в области робототехники, электроники, кибернетики, медицине коренным образом изменили практически все стороны жизни общества. Своеобразным импульсом для развития той или иной отрасли служат научные открытия. Именно они делают наш мир более технологичным и совершенным, улучшают качество жизни, помогают понять окружающий нас мир.

Так открытие атмосферного давления Торричелли в 1643 г. дало сильный толчок в развитии вакуумной техники. Именно в этот период появляются первые конструкции вакуумных насосов. Стоит отметить, что в производстве данный тип насосов появился только после 1880-го года, что было связано с началом серийного выпуска электрических ламп накаливания.

В соответствии с [2], одним из лучших в своём классе (механические вакуумные насосы) по праву считается бустерный насос типа Рутс, который, благодаря своим техническим характеристикам, получил широкое распространение. Но что же собой представляет нагнетатель Рутса? В чём заключается принцип его работы? Каковы особенности его конструкции и какие основные технические характеристики он имеет? В чём заключается его преимущество перед такими механическими вакуумными насосами как: поршневые, диафрагменные, пластинчато-роторные, винтовые, золотниковые и спиральные?

Основное предназначение вакуумного насоса Рутса - получение среднего ($\lambda \geq L_{эф}; 5 \cdot 10^{-3} < Kn < 1/3$; давление $10^2 \dots 10^{-1}$ Па ($10^0 \dots 10^{-3}$ мм рт.ст.)) и низкого вакуума ($\lambda \ll L_{эф}$; $Kn \leq 5 \cdot 10^{-3}$; давление $10^5 \dots 10^2$ Па ($10^3 \dots 10^0$ мм рт.ст.)). С его помощью можно производить перекачку газов, которые, в процессе сжатия, не нагреваются до высоких температур.

Нагнетатель Рутса представляет собой два синхронно и противоположно вращающихся ротора, которые, благодаря имеющемуся зазору (0,25 мм), не соприкасаются между собой. В разрезе лопасти имеют форму восьмерки. Принцип действия роторов (рисунок 1) аналогичен работе шестеренчатого насоса с двузубчатым колесом, который откачивает газ из впускного канала (3) в выпускной (12). Один вал приводится в движение двигателем (1). Другой, с помощью зубчатой пары (6), синхронизируется в приводной камере. Зона смазывания ограничивается двумя приводными камерами с подшипником, которые изолированы от камеры всасывания (8) лабиринтными уплотнениями (5).

Особенностью устройства насоса Рутса, является конструкция его подшипников вала ротора, которые расположены на двух боковых поверхностях. С одной стороны, они представляют собой неподвижные подшипники, с другой - уплотнительные внутренние кольца. Данное действие обеспечивает неодинаковое тепловое расширение между корпусом и ротором. Подшипники смазываются маслом, которое подается из брызговики. Вывод приводного вала наружу изолируется уплотнительными кольцами радиального вала. Кольца, изготовленные из фторкаучука, пропитаны уплотняющим маслом. Для защиты вала на защитном рукаве расположены уплотнительные кольца, заменяемые в случае их износа. В случае, когда снаружи требуется герметичное уплотнение, насос может приводиться в движение с помощью муфты с постоянными магнитами и стаканом.

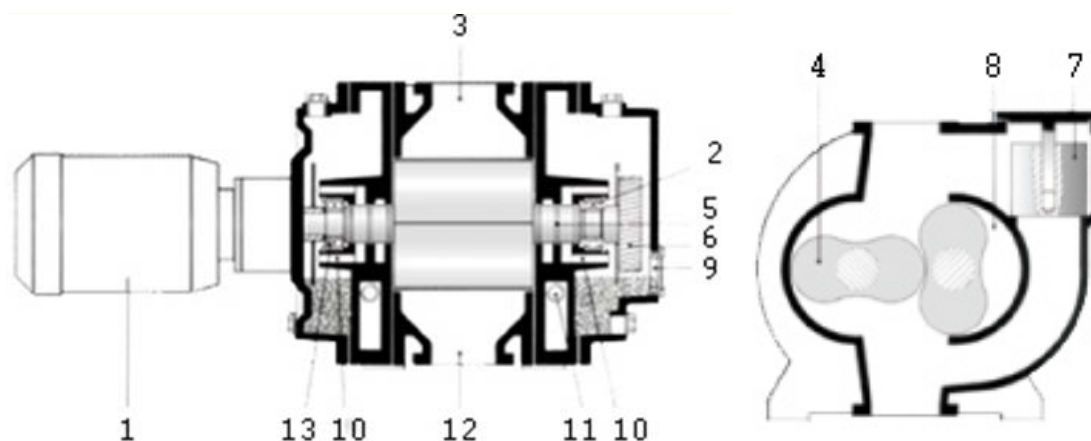


Рисунок 1 – Устройство вакуумного насоса Рутса

1–двигатель, 2–свободный подшипник, 3–впускной патрубок, 4–поршень Рутса, 5–лабиринтное уплотнение, 6–привод, 7–перепускной клапан, 8–камера всасывания, 9–индикатор уровня масла, 10–отвод масла, 11–разъём под уплотняющий газ, 12–выпускной клапан, 13–неподвижный подшипник.

Говоря о напорных характеристиках насоса и его разогреве, необходимо отметить тот факт, что нагнетатели Рутса не имеют внутреннего сжатия или выпускного клапана, а, следовательно, при открытии камеры всасывания объем газа поступает обратно в ту же камеру и затем повторно отводится при выходном давлении. Вследствие этого между входом и выходом, вырабатывается высокий уровень рассеивания энергии, что приводит к значительному разогреву насоса при низких газовых потоках, которые переносят небольшое количество тепла.

Вращающиеся поршни Рутса могут обеспечиваться лишь относительно слабым, по сравнению с корпусом, охлаждением вследствие отсутствия у них контактирующих поверхностей, за исключением передней его части. Поэтому они расширяются в объемном отношении значительно больше, чем корпус. Для предотвращения касания или заедания максимально возможный перепад давления и, соответственно, рассеиваемая энергия контролируются перепускным клапаном (7). Он подсоединяется к всасывающей стороне и стороне нагнетания каналов прокачки. Пластина грузового предохранительного клапана открывается при превышении максимального перепада давления, что обеспечивает обратное прохождение большего или меньшего количества всасываемого газа от стороны нагнетания к всасывающей стороне в зависимости от объема встречного газа.

Вследствие ограниченного перепада давления обычные нагнетатели Рутса не обладают возможностью отвода под атмосферным давлением и требуют наличия форвакуумного насоса. В качестве такого насоса могут использоваться пластинчато-роторные, роторно-поршневые или винтовые насосы, которые могут применяться во всех областях, где требуется низкий или средний вакуум, а также высокая скорость откачивания. Аналогично в качестве форвакуумных насосов могут использоваться жидкостно-кольцевые.

Для того чтобы обеспечить выполнение функционального предназначения вакуумного насоса Рутс, некоторые модели не оснащаются перепускными клапанами. Такая особенность приводит к тому, что газ, который выходит из входного фланца, по второму кругу подается в камеру, используя камеру всасывания и охладитель. Такое решение позволяет своевременно охлаждать насос, что является необходимостью при сжатии смеси при атмосферном давлении. Поступление газа во время движения поршней, исключает необходимость дополнительных клапанов в оборудовании, что позволяет повышение температуры до предельно допустимой, даже в том случае, если работа ведется на предельном напряжении. Стоит отметить, что входное давление газоохлаждаемых насосов варьируется в пределах 130-1015 мбар. Перекачиваемая насосом смесь не загрязняется по причине отсутствия в камере смазки, что

обеспечивает чистоту проведения процесса. Последовательное подсоединение двух насосов позволяет сократить предельное давление до 20–30 мбар. В комбинации с дополнительными вакуумными насосами Рутса предельное давление может быть снижено до диапазона среднего вакуума.

В соответствии с [1] к основным техническим характеристикам насоса Рутс относятся: скорость откачки или другими словами производительность (л/с), предельное парциальное давление (Па), предельное остаточное давление (Па), максимальная степень сжатия с нулевым коэффициентом расхода, максимальное допустимое дифференциальное давление, уровень шума dВ(А), скорость вращения насоса (об/мин), мощность двигателя (кВт) и др. В таблице 1 приведены данные об основных технических характеристиках насосов Рутс серии ZJ (разновидность вакуумных насосов объемного типа), которые в настоящее время являются одним из основных оборудований для получения среднего или высокого вакуума. Стоит отметить, что число в аббревиатуре модели насосов (ZJ-70, ZJ-150, ZJ-300) соответствует скорости его откачки (л/с). [3]

Таблица 1 – Основные технические характеристики вакуумных насосов серии ZJ

Наименование	ZJ-70	ZJ-150	ZJ-300	ZJ-600	ZJ-1200	ZJ-1800	ZJ-2500
Скорость откачки, л/с	70	150	300	600	1200	1800	2500
Предельное парциальное давление, Па	0.05						
Предельное остаточное давление, Па	0.8						
Максимальная степень сжатия с нулевым коэф. расхода	40	40	40	45	50	50	50
Максимально допустимое дифференциальное давление, Па	8000	8000	5000	5000	3000	3000	3000
Уровень шума Lw, dВ(А)	< 67	< 67	< 69	< 78	< 80	< 82	< 84
Скорость вращения насоса, об/мин	2860						
Мощность двигателя, кВт	3-4	3-4	4-4,5	5,5-7,5	11-15	15-18,5-	18,5-22
Диаметр впускного отверстия	100	100	150	200	250	250	320
Диаметр выпускного отверстия	100	100	100	250	250	250	320
Рекомендуемый одноступенчатый форвакуумный насос, л/с	25	25	80-100	100-220	180-300	220-600	220-600
Тип охлаждения	Воздушное						
Масло для смазки	Масло для механических вакуумных насосов Н100						
Масса, кг	80	165	245	500	720	1000	1300

Проведя детальный анализ конструктивных особенностей и основных технических характеристик вакуумного насоса типа Рутс (серии ZJ), были выявлены следующие положительные аспекты в его работе: способность насоса Рутс функционировать при высоких скоростях вращения (1500 – 3000 об/мин), что объясняется отсутствием трения в камере всасывания; надёжная динамическая балансировка, которая вызвана отсутствием массы, совершающей возвратно-поступательные движения; бесшумность работы, несмотря на высокие скорости; низкие эксплуатационные расходы, благодаря воздушному охлаждению и электромагнитной муфте; отсутствие термических перегрузок за счет встроенного перепускного клапана. Также хочется отметить способность насоса Рутс к быстрому вакуумированию, что обусловлено высокой степенью компрессии. И конечно же ещё одним достоинством насоса Рутса является его бесперебойная работа, компактность исполнения,

максимальная надежность и наибольшее время безотказной работы благодаря электромагнитной муфте.

Благодаря своим достоинствам, насосы Рутс находят применение в таких отраслях промышленности как металлургия (плавка в вакууме), производство микросхем и приборов (вакуумное напыление), электроника (осветительные лампы, телевизионные и рентгеновские трубки), электротехника, фармацевтика, химическая промышленность (вакуумная пропитка, вакуумные фильтры), пищевая промышленность (высушивание) и др. Этот факт позволяет нам смело утверждать, что вакуумный насос Рутс – для промышленности вещь попросту незаменимая. Ведь главным их преимуществом остаётся простота в обслуживании, надежность и высокие эксплуатационные свойства, что и обуславливает широкий спектр их применения.

Литература

1. Фролов Е.С. Механические вакуумные насосы. / Е. С. Фролов, И. В. Автономова, В. И. Васильев. – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с: ил.
2. Кузнецов В.И. Механические вакуумные насосы. / В. И.Кузнецов. –Государственное энергетическое издательство, М. –Л. –1959. –280 с: ил.
3. Вакуумные Насосы Руководство [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://dirang.weebly.com/blog/vakuumnie-nasosi-rukovodstvo>