

АНАЛИЗ ЖИДКОСТНО-КОЛЬЦЕВЫХ ВАКУУМНЫХ НАСОСОВ

П. О. Кривошеев

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Ю. А. Андреевец

На сегодняшний день в самых различных отраслях промышленности нашли широкое применение жидкостно-кольцевые вакуумные насосы, так как многие технологические и химические процессы на производстве должны проходить не под атмосферным нормальным давлением, а в вакууме. Именно для создания среды с необходимым уровнем давления и предназначены вакуумные насосы.

Водокольцевые вакуумные насосы нашли применение в ряде отраслей производства преимущественно благодаря доступности, конструктивной простоте в использовании и обслуживании, высокой надежности, возможности изотермического сжатия газожидкостных смесей, не загрязняя их маслом, в частности, в химической промышленности, где используют их в качестве компрессоров для сжатия газа до 0,6–0,8 МПа, как вакуумные насосы с целью разрежения с абсолютным давлением до 3–5 кПа, а также в качестве химических реакторов для осуществления массообменных процессов между рабочей жидкостью и сжатым газом [1], [2].

Вакуумные насосы с жидкостным ротором используются вместо водоструйных вакуумных насосов для отсоса паровоздушной смеси в паротурбинных установках

тепловых электростанций, снижая расход воды примерно в два раза. Ежегодно несколько тысяч таких установок используются для обеспечения противопожарной безопасности на газовых и нефтяных месторождениях, а также для дегазации рабочей жидкости во время бурения скважин. Кроме того, жидкостно-кольцевые насосы широко применяются в производстве строительных материалов, где их используют для обезгаживания минеральных масс. Насосы данного типа также нашли применение в кондитерском производстве для ускоренного приготовления карамели, для сушки в ряде производств, в доильных установках и др. Их особенностью также является то, что они могут использоваться только в пожаробезопасных процессах и считаются экологически чистыми.

Жидкостно-кольцевой вакуумный насос (далее – ЖКВН) – это механический вакуумный насос с одним вращающимся лопастным ротором, в котором рабочий объем изменяется за счет погружения пластин ротора в жидкость. Является разновидностью пластинчатых газовых насосов [1]–[3].

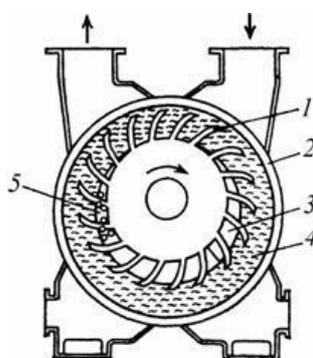


Рис. 1. Жидкостно-кольцевой вакуумный насос: 1 – рабочее колесо; 2 – корпус; 3 – окно всасывания; 4 – рабочая жидкость; 5 – окно нагнетания

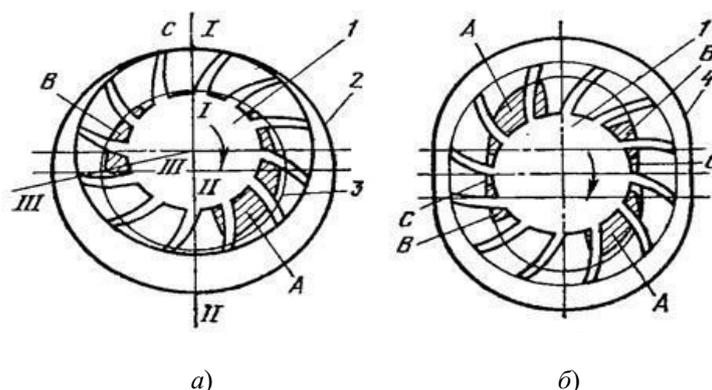


Рис. 2. Жидкостно-кольцевые вакуумные насосы:
а – одноступенчатый; б – двухступенчатый

Основными деталями конструкции водокольцевых насосов являются частично заполняемый рабочей жидкостью корпус 2, имеющий форму цилиндра, эксцентрично расположенное в нем рабочее колесо 1 в виде ротора и две торцевые крышки. К валу ротора крепятся радиальные лопасти, захватывающие воду и отбрасывающие ее к стенкам, в результате чего образуется постоянно вращающееся жидкостное кольцо 4.

Производительность насосов увеличивается при высоком содержании в газах водяного пара, который конденсируется в корпусе, соприкасаясь с находящейся в нем рабочей жидкостью [1], [3].

Основные параметры ЖКВН: подача – до 1800 м³/ч; мощность – от 4 до 40 и более кВт; давление всасывания – 33 мбар; давление сжатия – 2500 мбар; число оборотов – 700–3500 об/мин; вес – 25–2000 кг.

Жидкостно-кольцевые вакуумные насосы различают по числу рабочих циклов, типу подвода и отвода газа, используемой в кольце жидкости [1], [2].

По числу рабочих циклов ЖКВН делят на вакуумные насосы одноступенчатые и двухступенчатые (рис. 2).

Одноступенчатый водокольцевой вакуумный насос (рис. 3). Машина объемного действия с одним вращающимся лопастным ротором может быть конструктивно выполнена с одной или двумя ступенями откачки. Такие машины могут также успешно работать как компрессоры нагнетания с невысоким избыточным рабочим давлением около 2 бар [1], [4].



Рис. 3. Устройство одноступенчатого ЖКВН

Двухступенчатые водокольцевые вакуумные насосы (рис. 4) являются более сложными машинами с предельным вакуумом 33 мбар. Они имеют две последовательно соединенные ступени откачки и отличаются более высокой производительностью при вакууме от 80 до 300 мбар. Могут успешно работать как компрессоры нагнетания с невысоким избыточным рабочим давлением до 2,5 бар [1], [4].



Рис. 4. Устройство двухступенчатого ЖКВН

По типу подвода и отвода откачиваемого газа ЖКВН делят на насосы с осевым (рис. 3, 4) и радиальным (рис. 5) подводом и отводом газа.

При осевом подводе газа в торцовых крышках – выполняют всасывающие окна. Откачиваемый газ подается в рабочие ячейки в осевом направлении через всасывающий патрубок, полости в крышках или в корпусе и всасывающие окна. После сжатия газ выбрасывается в осевом направлении через нагнетательные окна, крышки или корпус в нагнетательный патрубок [1], [5]. Положение внутренней поверхности жидкостного кольца определяется формой и расположением наружной кромки нагнетательного окна. Чем дальше оно находится от центра корпуса, тем тоньше будет жидкостное кольцо и тем больше объем газа, который перетекает в ячейках рабочего колеса из полости нагнетания в полость всасывания. В этой схеме объем «мертвого пространства» в значительной степени зависит от точности изготовления нагнетательных окон. Незначительные отклонения в форме и расположении верхней кромки нагнетательных окон приводят к существенному изменению характеристик вакуумного насоса, особенно в области больших степеней повышения давления.

При радиальном подводе и отводе газа нагнетательные окна находятся в неподвижных конусах, расположенных под лопатками внутри рабочего колеса и являющихся как бы его втулкой. При истечении жидкости из рабочей полости жидкостное кольцо перекрывает наружную кромку этих окон. При цилиндрических конусах перетечки газа через «мертвое пространство» вообще отсутствуют [1], [6].

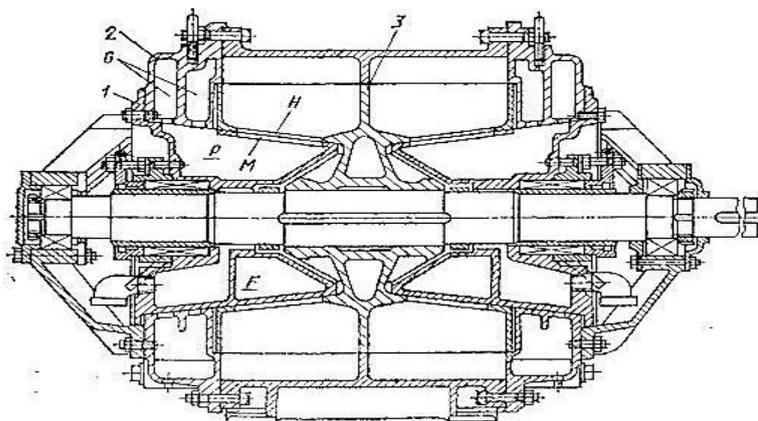


Рис. 5. Радиальный подвод газа

Таким образом ЖКВН широко применяются во многих сферах хозяйствования (около 40 % мирового рынка занимает производство вакуумных насосов и производятся они более 80 лет), так как имеют следующие преимущества: надежность; экономичность; простота конструкции; простота в обращении; долговечность; ремонт без особых затрат.

Однако они также имеют недостатки, ограничивающие область их применения: потери рабочей жидкости с отходящими газами и необходимость ее улавливания и утилизации или рециркуляции; необходимость пополнять объем жидкости в насосе; необходимость охлаждения рабочей жидкости с целью снижения давления ее паров.

Таким насосам нет альтернативы, если речь идет об откачке сложных сред, а именно: влажных и агрессивных газов и смесей, взрывоопасных, механически и химически загрязненных воздушных и газовых потоков.

Литература

1. Райзман, И. А. Жидкостно-кольцевые вакуумные насосы и компрессоры / И. А. Райзман. – Казань, 1995. – 258 с.

2. Черкасский, В. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры : учеб. для теплоэнергет. специальностей вузов / В. М. Черкасский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 416 с. : ил.
3. Режим доступа: <http://byreniepro.ru/nasosy/vodokolcevye-vakuumnye.html>.
4. Режим доступа: <http://www.produzon.ru>.
5. Режим доступа: http://www.brizpump.ru/zhidkostno-kolcevye_vakuumnye_nasos.
6. Режим доступа: http://megatechnika.com/odnostupenchatye_vakuumnye_nasosy_s2.