

Пароструйные насосы

При пароструйной откачке (рис.12) молекулы откачиваемого газа, поступающие в насос через входной патрубок 1, взаимодействуют со струей пара, имеющего звуковую и сверхзвуковую скорость, и приобретают дополнительную скорость в направлении насоса предварительного разряжения, присоединяемого к выходному патрубку 6. В камере 3 происходит смешение паровой струи, выходящей из сопла 2, и откачиваемого газа. Запирающий канал 4 создаёт сопротивление обратному потоку газа, обеспечивая коэффициент компрессии насоса.

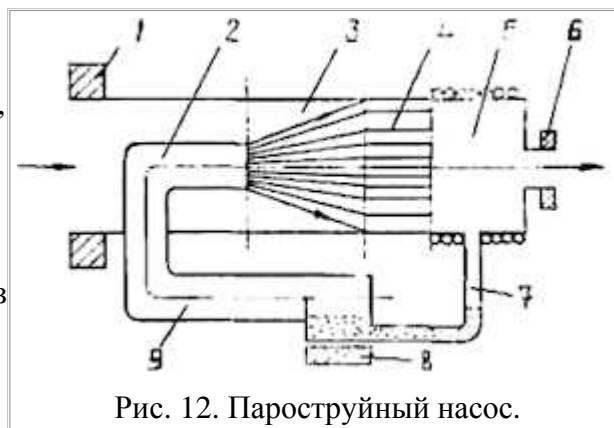


Рис. 12. Пароструйный насос.

Разделение откачиваемого газа и рабочего пара

осуществляется в камере 5 в процессе конденсации рабочего пара на охлажденных поверхностях, после чего откачиваемый газ выходит из насоса через выходной патрубок, а сконденсировавшийся пар поступает по трубопроводу 7 в кипятильник 8, где вновь испаряется и по паропроводу 9 попадает в рабочее сопло 2, обеспечивая непрерывность процесса откачки

Взаимодействие откачиваемого газа с паровой струей зависит от степени вакуума. При низком вакууме молекулы, находящиеся в пограничном с паровой струей слое, за счет внутреннего трения увлекают другие слои газа. Такие насосы называют **эжекторными**.

В области высокого вакуума все молекулы откачиваемого газа, перемещаясь за счет самодиффузии, непосредственно взаимодействуют с движущейся струей пара, а насосы, работающие в таких условиях, называют **диффузионными**.

Быстрота действия насоса зависит от производительности сопла и свойств рабочего пара. В эжекторных насосах она лежит в диапазоне от нескольких десятков до нескольких тысяч литров в секунду.

Максимальное выпускное давление не может быть больше давления рабочего пара в кипятильнике насоса, поэтому в случае паромасляного насоса оно не превышает $(1-5) \cdot 10^2$ Па, для парортутного - $(20-40) \cdot 10^2$ Па.. Увеличить максимальное выпускное давление паромасляного насоса нельзя, так как температура пара в кипятильнике ограничивается температурой разложения масла.

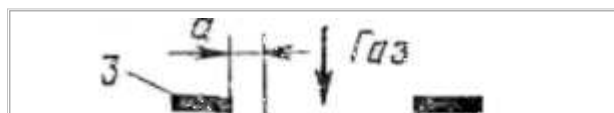
В парортутных насосах принципиально возможно повышение максимального выпускного давления вплоть до атмосферного, но из-за больших потерь и токсичности ртути этого обычно не делают.

Предельным остаточным давлением эжекторного насоса является давление перехода из среднего в высокий вакуум, когда происходит расширение паровой струи и нарушение оптимального режима работы. Величина предельного давления составляет $10^{-1}-10^{-2}$ Па.

При истечении струи пара в высокий вакуум происходит ее расширение за счет тепловых скоростей молекул. В случае равенства скорости истечения струи и скорости звука она выходит из сопла под углом 45° к его оси. Давление пара в струе значительно больше, чем давление откачиваемого газа. Наилучшие условия для захвата молекул откачиваемого газа обеспечиваются тогда, когда давление пара в струе соответствует среднему вакууму. При этом все молекулы откачиваемого газа проникают в паровую струю при первом соударении. При большей плотности паровой струи вероятность захвата молекул снижается.

Теоретическая быстрота действия диффузионного насоса в связи с малым количеством откачиваемого пара определяется не изменением термодинамических характеристик паровой струи, как в случае эжекторного насоса, а геометрическими размерами сопла и парциальным давлением откачиваемого газа в паровой струе.

Простейший диффузионный насос (рисунок справа) состоит из кипятильника 1, диффузионного



сопла 2, закрепленного на паропроводе 6, холодильника 4, впускного и выпускного патрубков 3 и 5. Пары рабочей жидкости из кипятильника проходят по паропроводу через зонтичное сопло и конденсируются на стенках насоса, охлаждаемых холодильником. За время движения пара от конца сопла до стенок насоса в струю пара диффундирует откачиваемый газ. После конденсации образовавшейся парогазовой смеси выделившийся газ откачивается через выпускной патрубок насосом предварительного разрежения, а сконденсированный пар стекает по стенкам насоса в кипятильник через зазор между паропроводом и корпусом насоса.

К рабочим жидкостям пароструйных насосов предъявляются следующие требования:

1. минимальная упругость паров при комнатной температуре и максимальная при рабочей температуре в кипятильнике;
2. стойкость к разложению при нагревании;
3. минимальная способность растворять газы;
4. химическая стойкость по отношению к откачиваемым газам и по отношению к материалам насоса;
5. малая теплота парообразования.

Минимальная упругость паров при комнатной температуре требуется для получения наименьшего предельного давления насоса. Максимальное давление паров при рабочей температуре кипятильника увеличивает выпускное давление насоса и уменьшает требуемую мощность подогревателя. Стойкость к разложению рабочей жидкости при нагревании влияет на срок службы рабочей жидкости и максимальное выпускное давление. Растворимость газов в рабочей жидкости приводит к увеличению обратного потока газов через сопло вместе с паровой струей. Химическая стойкость определяет срок службы рабочей жидкости и накладывает ограничения на выбор конструкционных материалов насосов. При малой теплоте парообразования требуется меньшая мощность подогревателя насоса.