

УДК 62-851.1

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАСТИНЧАТО-РОТОРНОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПАР ТРЕНИЯ В СИСТЕМЕ «ПЛАСТИНА—КОРПУС»**

**<sup>1</sup>Гребенева К.А., Шатило Е.А.**

*Белорусский национальный технический университет*

*<sup>2</sup>ООО «Изовак»*

*Минск, Республика Беларусь*

*<sup>2</sup>Терещук О.И., инженер II категории – научный руководитель*

Аннотация:

В статье описан принцип работы пластинчато-роторного насоса, его основные элементы. Разобрана одна из проблем, а именно износ пар трения.

Пластинчато-роторные насосы (далее ПРН) – это механические вакуумные насосы, а именно насосы, в которых движение газа происходит за счет изменения объема в рабочем пространстве насоса.

В ПРН цилиндрический ротор расположен со смещением (эксцентриситетом) относительно статора максимального диаметра: участок между статором и ротором имеет форму полумесяца.

Основным механизмом ПРН является ротор со специальными каналами, в которые заделаны пластины [1]. Типовую конструкцию ПРНВН представлена на рисунке 1.

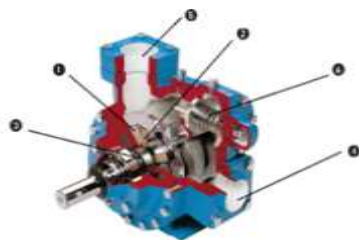


Рис. 1. Типовая конструкция ПРНВН:

1 – ротор; 2 – пластины; 3 – система уплотнения вала; 4 – всасывающий патрубкок; 5 – нагнетательная труба; 6 – внешнее предохранительное сопло

ПРН работают методом механического выброса и отсоса газа. Насосный механизм может включать 3-5 пластин (лопаток), хаотично перемещающихся в пазах ротора. Воздух или газ подается через впускной клапан - начальное пространство, которое будет расширяться при вращении (первая фаза).

Объем ячейки представляет собой камеру максимального пространства в крайнем положении ротора с выпуском всего сжатого газа (вторая фаза) [3]. На рисунке 2 представлена схема принципа работы роторного насоса.

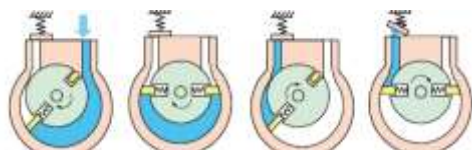


Рис. 2. Принцип работы роторного насоса

На изменение положения среды влияет вращение цилиндрического ротора с прорезями. Они содержат графитовые или металлические лезвия. Пластины скользят по пазам и под действием центробежной силы прижимаются к корпусу, разделяя рабочую камеру на ячейки переменного объема. Когда ячейки расширяются через всасывающий порт, газ попадает в полости. При повороте ротора на угол от  $0^\circ$  до  $180^\circ$  объемы ячеек увеличиваются, они объединяются с окном всасывания и насыщаются откачиваемым газом. Когда рабочие ячейки достигают своего максимального объема, они удаляются от всасывающего отверстия. После этого он сжимается и выводится через напорный патрубок. Поставляемое масло смазывает детали насоса, а также снижает его температуру и обеспечивает высокий уровень вакуума для обеспечения максимальной герметичности рабочей среды, обеспечивает герметичность, герметизируя зазоры между корпусом и пластинами, чтобы возвратный воздух не возвращался обратно. Это масло затем фильтруется и может быть использовано повторно. Этот процесс происходит непрерывно, что практически исключает пульсации газа [5].

ПРН делятся на ротационные и периодические;

По принципу конструкции ротора они делятся на насосы с мокрым ротором и насосы с сухим ротором. Также они могут работать как с маслом, так и без.

При работе насосов без смазки резко повышается их пожарная безопасность, взрывобезопасность и воздействие на окружающую среду. Отличительная особенность такой конструкции — отсутствие клапана. Как и у любого механизма, у ПРН есть свои достоинства и недостатки.

Основные преимущества:

- Процесс самовсасывания без использования дополнительных устройств и скорости вращения на малых оборотах;
- Возможность обратного потока жидкости и адаптации диска к старту;
- Высокий уровень эффективности и абсорбции;
- Низкие пороги вибрации и шума;
- Монотонный уровень исполнения;
- Отличается надежностью и высокой ремонтпригодностью;

Кроме того, ПРН может работать с жидкостями разной температуры и вязкости с различными добавками газа или воздуха. У них есть способность работать всухую и способность к самопроизвольной дозировке.

Различные модификации оборудования, позволяющие повышать степень достигаемых насосом давлений. ПРН может работать при давлении 8–12 бар, а некоторые до 20 бар.

Также можно выделить определенные недостатки, а именно:

- Жидкости должны быть неагрессивными и неабразивными;
- Использование ПРН не рекомендуется для перекачивания агрессивных сред;
- Высокая стоимость обслуживания и эксплуатации.
- Низкая износостойкость пластин ротора.

Однако главный недостаток роторных вакуумных насосов — интенсивный износ и износ рабочих поверхностей элементов конструкции — приводит к увеличению внутренних утечек газа и, в конечном итоге, к снижению подачи (одного из основных параметров насос).

Износ отдельных частей вакуумного насоса происходит в основном как следствие постепенного разрушения поверхности материала деталей с выбросом частиц материала и изменениями размеров, геометрической формы деталей и свойств поверхностных слоев материала. В результате износа зазоры в стыковочных парах увеличи-

ваются в том числе и из-за ремонта, что приводит к увеличению утечки газа через радиальные и краевые щели.

На рисунке 3 представлены графики зависимости коэффициента от нагрузки в различных парах трения.

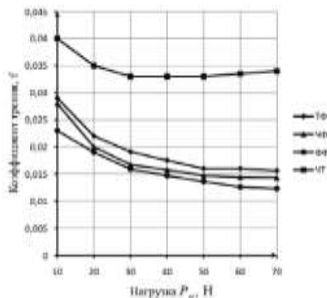


Рис. 3. График зависимости коэффициента от нагрузки в различных парах трения

Из графика на рисунке видно, что для пар трения типа ТФ (текстолит–фторопласт), ЧФ (чугун–фторопласт) и ФФ (фторопласт–фторопласт) снижение коэффициента трения с увеличением давления в диапазоне нагрузок 10–70 Н. в зоне сцепления происходит упругая деформация образцов из фторопласта, в результате чего площадь фактического контакта в зоне трения увеличивается, а удельное давление и коэффициент трения уменьшаются.

Получив теоретическую модель результата износа рабочих поверхностей взаимодействующих деталей, можно установить зависимость скорости изнашивания исследуемых пар трения. В условиях эксплуатации, близких к эксплуатационным, наиболее износостойкими оказались пары трения ПФ и ФФ по сравнению с парой трения ПФ серийного насоса. Их относительная износостойкость в 2,37 и 2,99 раза выше соответственно. [4].

Создавая втулку из антифрикционного материала, становится возможным добиться вращения ролика относительно его продольной оси при вращении ротора. Таким образом, в зоне контакта ролика с внутренней поверхностью корпуса реализуется трение качения, что приводит к значительному снижению скорости износа обеих рабочих поверхностей. Путем установки направляющих вставок выполнены из износостойкого материала в пазах ротора, по-

верхность пазов защищена от износа любого типа, эрозии, механического или термического воздействия в процессе износа насосов.

Эффективность работы лопаточного вакуумного насоса оказывает существенное влияние на износ и скорость износа основных рабочих поверхностей, таких как внутренняя поверхность ротора, шлицы, внешняя и боковая поверхности рабочих пластин, а также внутренняя поверхность корпуса насоса.

Предложены следующие технические решения по снижению нормы износа и минимизации потерь от износа деталей насоса:

- установка в пазы ротора направляющих элементов (вставок) из закаленной стали или стеклопластика повышенной прочности;
- использование особой конструкции рабочих пластин для поддержания трения качения между поверхностями трения внутренней поверхности пластины.

Совместная реализация данных технических решений позволит существенно снизить износ деталей проточного участка насоса и повысить стабильность работы насоса и напора насоса, а также увеличить срок межремонтного ремонта, цикл.

### **Список использованных источников**

1. Пластинчато роторный насос – классификация и конструктивные особенности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://master-dom39.ru/nasosy/plastinchato-rotornyj-..>

2. Механические вакуумные насосы/Е.С. Фролов [и др.] – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.:56 ил.

3. Конструктивные методы повышения долговечности пар трения пластинчато-роторных вакуумных насосов [Текст] / А.Т. Лебедев, М.А. Красников, А.В. Захарин.

4. Надежность и эффективность вакуумных насосов: монография / А.Т. Лебедев, А.В. Захарин. – Ставрополь: АГРУС, 2011.