

## ЭЖЕКТОРНОЕ УПЛОТНЕНИЕ ВАЛА РОТОРНОЙ МАШИНЫ

Cherepanov A.P.

## EJECTOR SHAFT SEAL OF THE ROTARY MACHINE

**Аннотация.** Рассмотрен анализ конструкций и принцип работы бесконтактных эжекторных уплотнений валов роторных машин, вентиляторов, печей аэродинамического нагрева, воздуходувок, турбокомпрессоров газоперекачивающих агрегатов и других нагнетательных машин. Показан принципиально новый вид бесконтактного эжекторного уплотнения, повышающего его эффективность при изменении направления вращения вала и исключающего трение и искрообразование между уплотнительными поверхностями при работе роторной машины.

**Ключевые слова:** вал, вакуум, зазор, реверсивное вращение, ротор, уплотнение, управление, эжектор.

**Abstract.** The analysis of designs and the principle of operation of contactless ejector shaft seals of rotary machines, fans, aerodynamic heating furnaces, blowers, turbochargers of gas pumping units and other injection machines is considered. A new type of non-contact ejector seal is shown, which increases its efficiency when changing the direction of rotation of the shaft and eliminates friction and sparking between sealing surfaces during operation of a rotary machine.

**Keywords:** control, gap, reverse rotation, rotor, seal, shaft, vacuum, ejector.

Эжекторные бесконтактные уплотнения валов роторных машин широко известны, например [1] при создании перепада давления технологических сред с помощью эжектора. При уплотнении вала возникает утечка среды, поэтому ее из уплотнения направляют в зону низкого давления, а затем – в сборники, что снижает эффективность уплотнения. Бесконтактный способ уплотнения вала роторной машины [2] осуществлен путем образования каверн, выполненных в виде радиальных цилиндрических впадин и расположенных под различными углами относительно оси вала. Уплотнение содержит корпус и размещенный с радиальным зазором вал с одним или несколькими выполненными на его наружной поверхности желобами. Желобы образуют с корпусом гидравлический тракт с зонами сужения и расширения потока уплотняющей среды и образованием ряда последовательно размещенных на поверхности вала изолированных друг от друга каверн. Каверны образуются в виде радиальных цилиндрических впадин разнящихся формой или объемом, или располагаются под различными углами относительно оси вала. При этом в лабиринтном и винтовом уплотнении поток в желобах изменяет направление течения, испытывает воздействие стенок желоба, происходит образование вихрей, локальные кавитационные явления, интенсивная турбулизация потока. Турбулизация потока, как известно, связана с потерей энергии увеличением гидравлического сопротивления тракта. Добавляются также центробежные эффекты, поскольку перемычки между кавернами действуют подобно лопаточной машине. Порции рабо-

чей среды выбрасываются из каверн в зазор между корпусом и валом, способствуя увеличению турбулизации потока. Однако, каверны образуются только со стороны нагнетания рабочего колеса, а со стороны низкого давления каверны не обеспечивают уплотнения вала роторной машины, что снижает эффективность уплотнения при изменении направления вращения вала роторной машины.

Бесконтактное эжекторное уплотнение вала роторной машины и устройство для его осуществления [3] содержит установленные на валу двухступенчатые уплотнения, между ступенями которых расположены уравнительные камеры, соединенные между собой уравнительной линией, линию подачи газа в камеры между уплотнениями и регулятор перепада давления, а также линии отвода утечек на которых установлены ограничители расхода и сигнализаторы повышения давления, дополнительно установлен клапан аварийного сброса газа, который соединен с уравнительными камерами, привод клапана соединен с сигнализаторами повышения давления, а полость регулятора перепада давлений соединена с уравнительными камерами уплотнения отдельным трубопроводом. Этот способ при изменении направления вращения вала роторной машины не дает возможности повысить эффективность уплотнения вала и со стороны нагнетания рабочего колеса, и с внешней стороны уплотнения, а также имеет сложную конструкцию узла уплотнения.

Бесконтактное эжекторное уплотнение роторной машины при реверсивном вращении вала [4] основано на создании эжектирования при увеличении скорости и развороте потока в направлении от уплотняемого зазора между корпусом и валом. В этом случае образуется каверна, которая способствует понижению давления в зоне ее соприкосновения со стенкой вследствие увеличения скорости за счет уменьшения поперечного сечения потока в этой зоне [5]. При изменении направления вращения вала роторной машины поток подает через сужающуюся камеру под давлением через регуляторы давления, а из камеры поток разворачивают в зазор между диском ротора и задней стенкой кожуха.

Общий вид уплотнения вала роторной машины показан на рисунке 1, вращение вала по часовой стрелке – на рисунке 2, против часовой стрелки – на рисунке 3. Уплотнение содержит кольцевую сужающуюся камеру, которая кольцевым каналом выходит в торцовый зазор между диском рабочего колеса и кожухом. Заборник регуляторами давления соединен с кольцевой камерой правым и левым патрубками. В правой и левой канавках зазора установлены датчики давления и разрежения, соединенные с входом блока управления, а на его выходе - через усилители с управляющими входами регуляторов давления. Стрелками Е, С и D показан ход потоков. Направление вращения вала отслеживается блоком управления. Если вал вращается по часовой стрелке, то управляющий сигнал подается на правый регулятор давления, если против часовой стрелки – на левый регулятор давления. При работе роторной машины

поток сжимается рабочим колесом и подается потребителю. Часть потока заборником подается на вход регуляторов давления, а с их выходов под давлением подается, либо в правый, либо в левый патрубки кольцевой камеры. При вращении вала роторной машины по часовой стрелке, поток подается в коль-

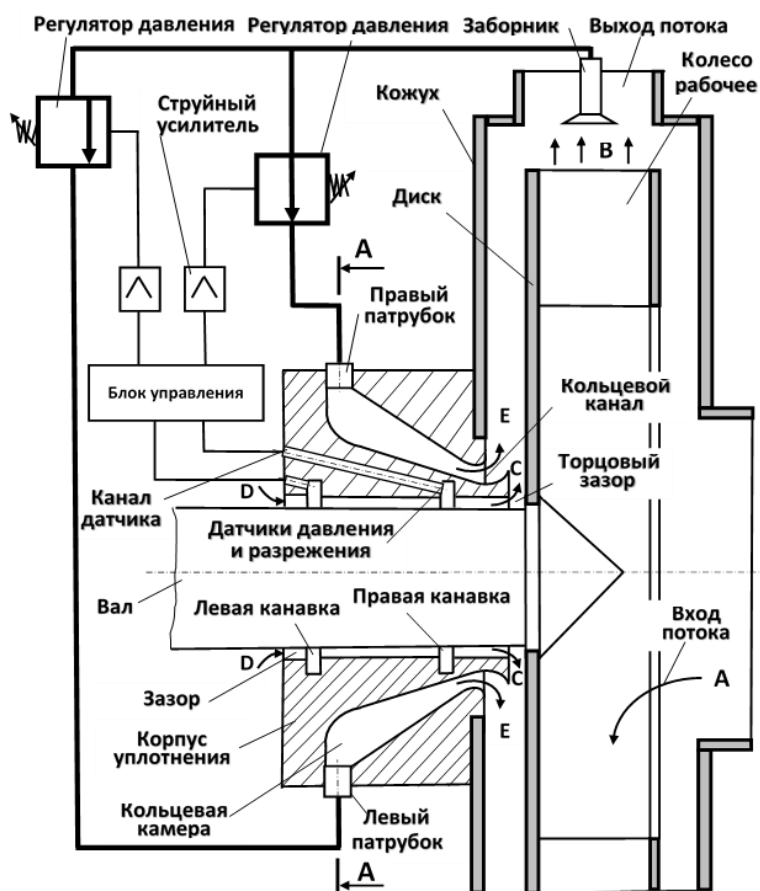


Рисунок 1 - Общий вид уплотнения вала

цевую камеру правым регулятором давления (рисунок 1) через правый патрубок, закручивается по часовой стрелке (рисунок 2), сжимается и разворачивается на радиальное направление по стрелке Е. Радиальное движение потока Е вызывает эжектирующий эффект в зоне С, где в зазоре между валом и корпусом создается разрежение и подсасывание атмосферного воздуха (стрелка D), противодействующего утечке рабочей среды. Одновременно с этим разрежением в правой

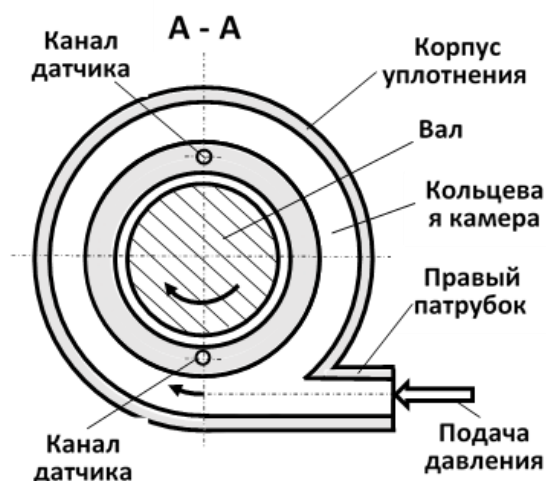


Рисунок 2 - Вращение вала по часовой стрелке

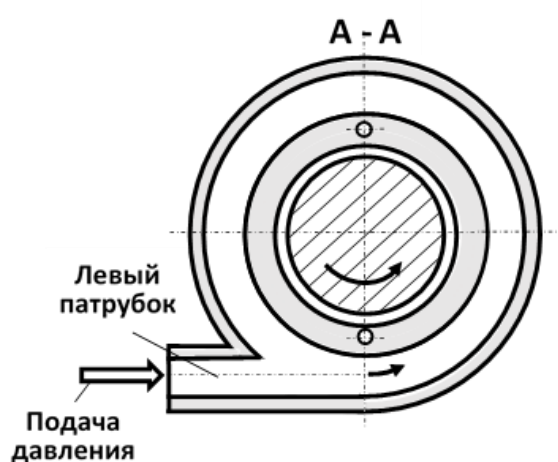


Рисунок 3 - Вращение вала против часовой стрелки

канавке, а затем и в левой канавке создаются отрицательные сигналы, которые датчиками разрежения передаются на блок управления и суммируются. Блоком управления через усилитель подается сигнал на частичное перекрытие правого регулятора и снижение давления в кольцевой камере, вызывающего снижение эжектирующего эффекта в зоне С и перетекание потока из пространства Е в зону С, создавая в ней давление, вследствие чего в правой канавке, а затем и в левой канавке создаются положительные сигналы, которые датчиками давления передаются на блок управления и суммируются. Блоком управления через усилитель подается сигнал на частичное открытие правого регулятора на повышение давления в кольцевой камере, которое вновь повышает эжектирующий эффект в зоне С и создает разрежение в зазоре между валом и корпусом, не давая потоку выходить в атмосферу. Если вал роторной машины вращается против часовой стрелки, то поток в кольцевую камеру подается левым регулятором давления через левый патрубок и закручивается против часовой стрелки (рисунок 3), а уплотнение вала осуществляется также, как и при вращении вала по часовой стрелке.

Предложенное бесконтактное эжекторное уплотнение дает возможность обеспечить эффективность уплотнения при изменении направления вращения вала, исключает трение и искрообразование между поверхностями герметизируемого канала при работе роторной машины.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Скаскевич А.А.** Основы герметологии: тексты лекций / А.А. Скаскевич, В.А. Струк. – Гродно: ГрГУ, 2010. – 140 с. ISBN 978-985-515-359-8.
2. Патент № 2129670 Российская Федерация, МПК F04D 29/08, F16J 15/44 (1995.01). Бесконтактное уплотнение вала : №97106260/06 : заявл. 17.04.1997 : опубл. 27.04.1999 / Голубев Г.А., Добрынин А.Н., Дюжев Г.С. и др. ; заявитель НПЭ Энергомаш им. акад. В.П. Глушко. – 4 с. : ил. – Текст : непосредственный.
3. Патент № 2357106 Российская Федерация, МПК F04D 29/10 (2006.01). Система уплотнений турбокомпрессора : № 2007144403/06 : заявл. 29.11.2007: опубл. 27.05.2009 / Пшик В.Р., Емельяненко Е.И., Харин М.Ю. и др. ; заявитель ОАО "Сумское машиностроительное научно-производственное объединение имени М.В. Фрунзе". – 7 с. : ил. – Текст : непосредственный.
4. Патент № 2808544 Российская Федерация, МПК F04D 29/10 (2006.01). Способ бесконтактного эжекторного уплотнения вала роторной машины и устройство для его осуществления : № 2023114892 : заявл. 06.06.2023 : опубл. 29.11.2023 / Черепанов А.П. ; заявитель АНГТУ. – 12 с. : ил. – Текст : непосредственный.
5. **Чупраков Ю.И.** Гидропривод и средства гидроавтоматики: Учебное пособие для вузов по специальности «Гидропривод и гидроавтоматика». М. Машиностроение, 1979-232 с.: ил. – Текст : непосредственный.