

## **Применение гибридных газовых подшипников в холодильной технике**

*Булат М.П.<sup>1</sup>, Пронин В.А.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики  
197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д.49*

### **Введение**

В течение нескольких последних десятилетий в ряде стран мира активно разрабатываются подшипники на газовой смазке.

Эффект применения таких подшипников вместо шариковых и роликовых на устройствах с быстровращающимися роторами основан на следующих полезных свойствах: усиление пожарной безопасности в связи с отсутствием масляной системы, уменьшение массы двигателя, повышение ресурса его работы с одновременным снижением общих экономических затрат, особенно эксплуатационных.

В настоящий момент получен достаточный опыт создания подобных устройств небольших размеров. К сожалению, влияние масштабного фактора не позволяет непосредственно использовать данный опыт при проектировании опор крупных размеров.

### **Цель работы**

Целью работы является разработка подшипникового узла, состоящего из двух упорных и одного радиального подшипника, для установки на готовые агрегаты. Основной идеей работы является объединение различных подходов к созданию подъемной силы, используемых сейчас в отдельности, в одной конструкции.

При успешной реализации проекта использование такого подшипника существенно расширит перспективы создания высокооборотных холодильных машин с более высокими удельными показателями.

### **Базовые положения исследования**

В теории газовой смазки существует три принципа создания избыточного давления в газовом слое опор, названные принципами газовой смазки:

- эффект клина;
- эффект внешнего нагнетания смазки;
- эффект колеблющейся стенки.

Наличие трех принципов значительно расширяет область применимости опор скольжения с газовой смазкой.

По принципу создания подъемной силы, все подшипники делятся на газостатические (подъемная сила создается подаваемым внешним устройством под избыточным давлением воздухом), газодинамические (подъемная сила создается за счет взаимодействия движущихся частей вала и подшипника с вязким тонким слоем), а также гибридные (имеют место оба эффекта). Строго говоря, при вращении вала или перемещении подвижной пяты вследствие сил вязкого трения подъемная сила возникает всегда (эффект Бернулли).

В ряде работ предлагается использовать вкладыши, один край которых не закреплен и может перемещаться под воздействием сил давления [1]. В результате того, что вкладыш разворачивается вокруг закрепленной оси, его поверхность оказывается под углом атаки к набегающему потоку (рис.1).

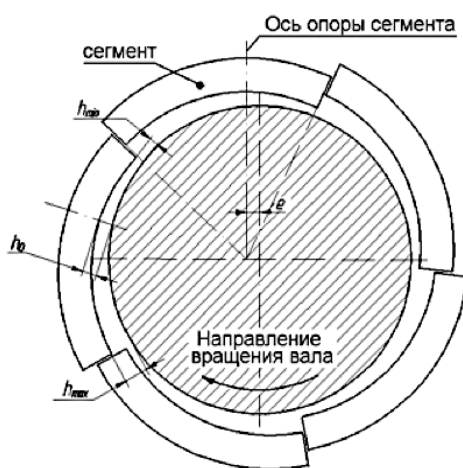


Рис.1. Корпус опоры с установкой пяты колодок на сферических шарнирах.

Это создаёт аэродинамическую силу. Сила тем больше, чем выше скорость вращения. Регулируя давление поддува в зависимости от частоты вращения вала и заданной грузоподъемности подшипника, можно добиться необходимого распределения давления в зазоре между статором и ротором [2]. Такие подшипники называются гибридными с самоустанавливающимися вкладышами, разработке их модификации и посвящена данная работа.

Накопленный опыт использования бесконтактных высокоскоростных подшипников показывает, что в небольших устройствах, маломощных ТХА и детандерах преимущественное применение нашли лепестковые газодинамические подшипники, являющиеся разновидностью газодинамических опор. Несущий газовый слой в таких подшипниках образован деформируемыми рабочими поверхностями – лепестками (рис.2).

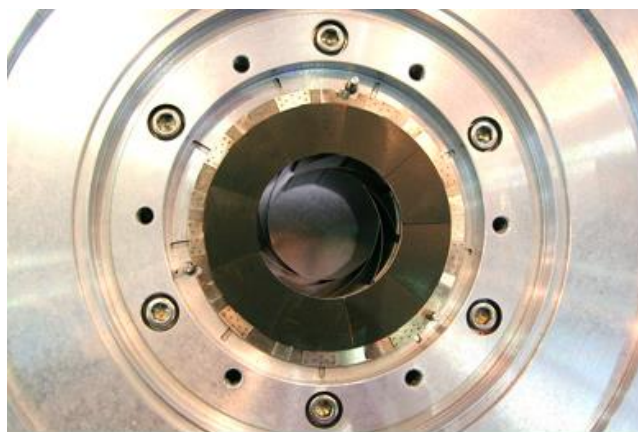


Рис.2. Газодинамический подшипник.

Эксплуатация, как лепестковых, так и фольговых подшипников на высокооборотных механизмах связана с большим риском износа твердых смазывающих покрытий в условиях высоких температур, что может привести к пожару. Однако главный их недостаток - небольшая грузоподъемность, ограниченная подъемной силой, создаваемой за счет эффекта Бернулли.

Газостатические подшипники свободны от указанных недостатков, т.к. физический контакт твердых поверхностей между собой вообще отсутствует, а грузоподъемность зависит только от давления подаваемого воздуха. Таким образом, повышенный расход воздуха в ГСП удачно компенсируется абсолютной пожаробезопасностью, а также ресурсом, независящим от числа стартов и торможений.

Сочетая два этих подхода в одной конструкции, можно избавиться от всех основных недостатков, создав практически не требующий обслуживания подшипник, имеющий практически бесконечный ресурс и низкие эксплуатационные расходы.

## Основные результаты

В ходе данной работы на данный момент была разработана геометрия радиального и упорного гибридного газового подшипника (рис. 3), проведены численные расчеты, доказывающие заявленные характеристики грузоподъемности, вращающего момента и расхода газа в конструкции.

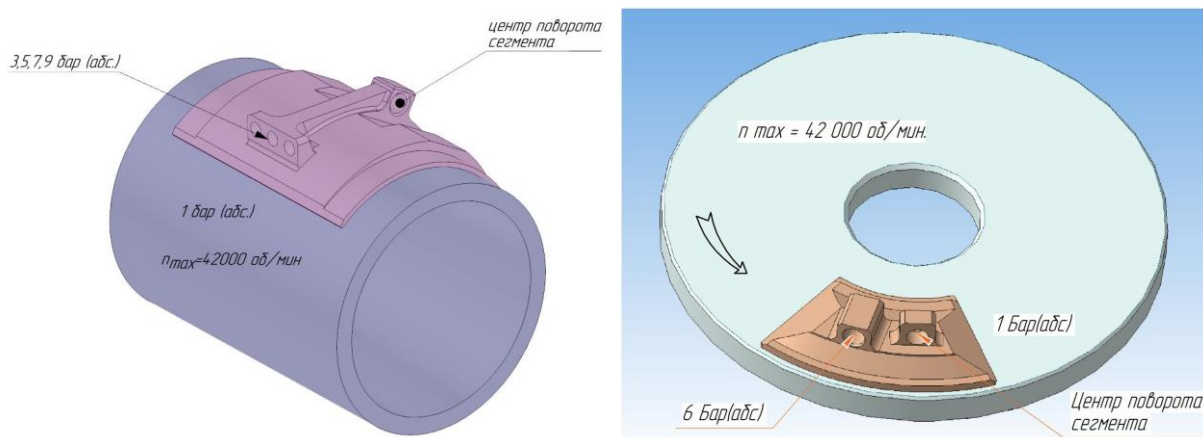


Рис. 3. Постановка задачи для расчета радиального и упорного гибридного газового подшипника.

В рамках работы были также проведены численные исследования с использованием в качестве рабочего газа различных хладагентов. Кроме того, на основе результатов исследования был спроектирован и изготовлен экспериментальный стенд для испытания подшипников с высокооборотной роторной системой.

## Литература

1. В.В.Гаврилов. «Проблемы и технология создания газовых подшипников для перспективных турбомашин безмасловых систем. Аналитический обзор № 415». ЦИАМ, Москва 2004 г.
2. ШПИНДЕЛЬНЫЕ УЗЛЫ НА ГИБРИДНЫХ ОПОРАХ. Марина М.С., магистр Научный руководитель: доцент, к.т.н. Досько С.И. (МГТУ "Станкин", Россия, Москва).
3. Проектирование гидростатических подшипников. Под ред. Гарри Риппела. Перевод с английского Г.А.Андреевой. М.:Машиностроение, 1967, 135 с.
4. С.А. Шейнберг. Опоры скольжения с газовой смазкой, М:Машиностроение, 1969, 336 с