

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОСТАТИЧЕСКИХ ОПОР ДЛЯ ШПИНДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ

Станогин А.А.,

научный руководитель канд. техн. наук Курзаков А. С.

*Сибирский федеральный университет  
Политехнический институт*

В настоящее время в станкостроении для шпиндельных узлов (ШУ) существует несколько основных видов опор: опоры качения, гидростатические опоры, гидродинамические, газостатические и магнитные опоры. Каждый вид опор имеет свои преимущества и недостатки, поэтому их применение целесообразно в зависимости от поставленных задач.

В нашем случае объектом исследования являются газостатические опоры. Применение подшипников с газовой смазкой в ШУ в первую очередь обусловлено минимальными потерями на трение, что определено малой вязкостью газов. Это позволяет достичь высокой частоты вращения и показателя  $D \cdot n = 5 \cdot 10^6$  мм/мин. Опоры имеют потенциальную долговечность и не загрязняют окружающую среду.

Кроме того, в настоящее время имеется два вида газостатических опор: с пассивной и активной компенсацией расхода. Аэростатические опоры с пассивной компенсацией расхода просты в изготовлении, достаточно изучены и в некоторой степени удовлетворяют требованиям проектировщиков. На рис. 1 представлены конструкции аэростатических подшипников пассивного типа, наиболее часто используемые в ШУ.

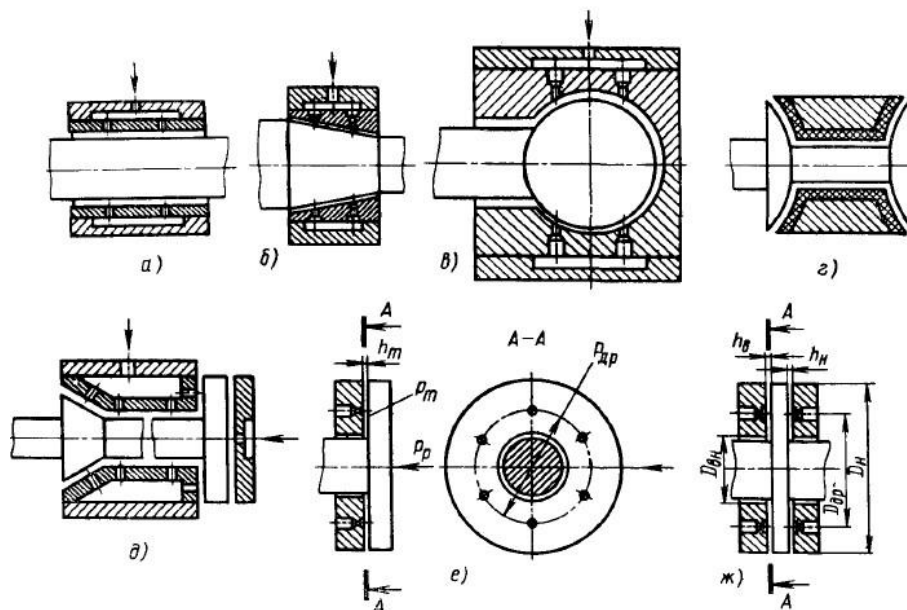


Рис. 1. Газостатические подшипники ШУ пассивного типа: а – цилиндрический; б – конический; в – сферический; г – полусферический двусторонний; д – комбинированный; е, ж – упорный.

Основными недостатками распространённых конструкций аэростатических опор, ограничивающими их применение, являются невысокая несущая способность и сравнительно большая податливость.

Аэростатические опоры с активной компенсацией расхода (рис. 2) используют управляемые регуляторы расхода воздуха, сопротивление проточного тракта которых

зависит от нагрузки, действующей на опору, или от положения ее подвижного элемента.

Их основные недостатки – сложность изготовления деталей и их монтажа, а также свойство регулирующих элементов терять работоспособность со временем.

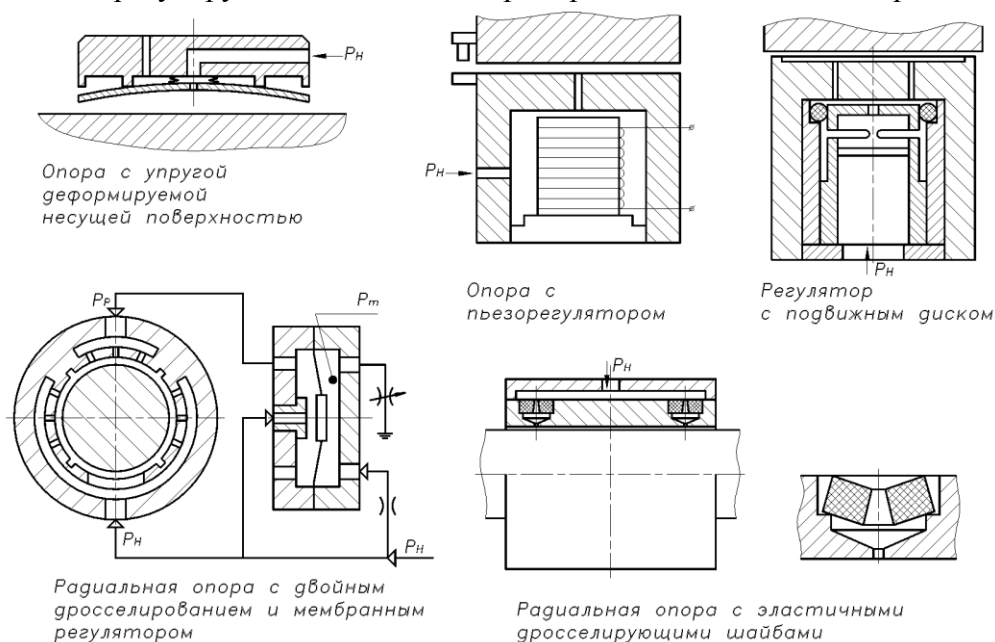


Рис . 2. Известные конструкции аэроstaticких опор с активной компенсацией расхода.

### Проектируемая газостатическая опора

В Сибирском федеральном университете на кафедре «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» проводится разработка и исследование адаптивных газостатических шпиндельных опор. Такие опоры позволяют существенно улучшить характеристики шпиндельных узлов металлообрабатывающего оборудования.

Как говорилось ранее, недостатком классических газостатических опор является сравнительно низкая жёсткость. Это объясняется тем, что при значительном повышении давления воздуха скорость его течения становится сверхзвуковой и дросселирующие элементы перестают функционировать. Для повышения жёсткости предложено использовать активные регуляторы расхода газа, располагаемые в тракте нагнетания. В качестве такого регулятора можно применять кольцо, охватывающее подшипник и находящееся в равновесии под действием реакций окружающих газовых слоёв.

На основе применения плавающего кольцевого регулятора разработана технологичная опора, представленная на рис. 3, способная использовать в качестве смазки как газ, так и жидкость[1]. Её основными конструктивными элементами являются корпус 1, втулка 2, кольцо 3. Подвод воздуха осуществляется через канал 4, расположенный во втулке 2. В несущий слой 5, образованный поверхностью вала 6 и внутренней поверхностью втулки, газ поступает через регулируемый щелевой дроссель 7 и радиальный щелевой дроссель 8, выполненный во втулке 2. Ступенчатый газостатический подвес 9 служит для стабилизации кольца 3, жёсткостью подвеса определяются характеристики опоры.

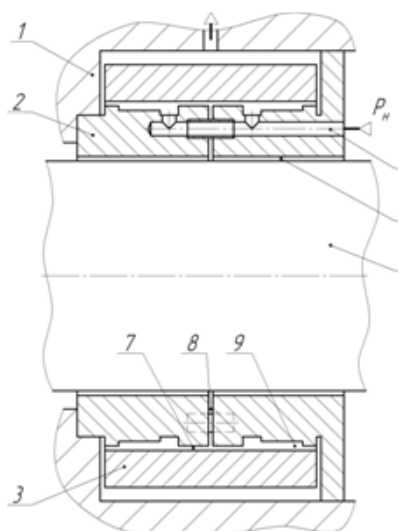


Рис.3. Исследуемая газостатическая опора

В исследовании характеристик опор применялось уравнение Рейнольдса, описывающее течение газа в тонком слое в точках несущего слоя. Решение уравнения целесообразно искать с использованием метода сеток [2]. Суть метода состоит в том, что область интегрирования покрывается сеткой из узловых точек, в каждой из которых давление вычисляется через соседние значения.

Исследования представленной шпиндельной опоры показывают, что возможно значительное улучшение эксплуатационных характеристик конструкции. При этом большое значение имеет правильный подбор сопротивлений дросселирующих участков. Задавая требуемую активность регулятора, можно получить многократное увеличение жёсткости опоры и двукратное увеличение максимальной нагрузочной способности.

### Разработка шпиндельного узла с применением исследуемых опор

Компоновку шпиндельного узла целесообразно выполнить на основе использования встроенного электродвигателя (так называемый мотор-шпиндель, рис. 4). Представленная конструкция содержит асинхронный или частотно-регулируемый асинхронный электродвигатель, ротор 3 которого закреплён на шпинделе 4 между передней и задней опорами. Кроме того, в состав мотор-шпинделя включают систему принудительного охлаждения с блоком электроклапанов 1 и фильтрами 2 для очистки охлаждающего воздуха, узел встроенной температурной защиты, а также измерительный преобразователь углового положения шпинделя.

Так как точность и производительность обработки на станках в значительной мере зависит от шпиндельного узла, передающего движение закреплённому в нём инструменту или обрабатываемой заготовке, то мы спроектируем и сконструируем, затем рассчитаем шпиндельный узел на жёсткость и виброустойчивость, используя исследуемые опоры, с помощью программы САПР – SolidWorks.

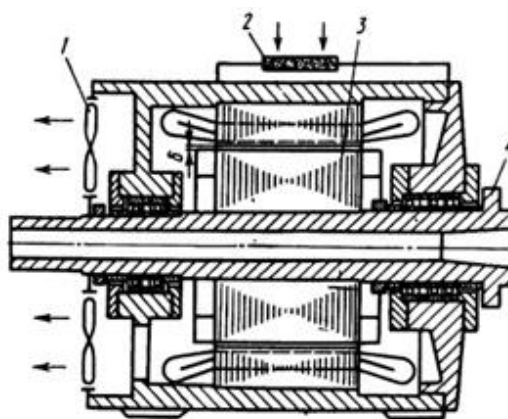


Рис.4. Мотор-шпиндель

### Литература:

1. Пат. 2280789 Российская Федерация, МПК F16C 32/06. Гидростатический подшипник / А. С. Курзаков, Я. Ю. Пикалов, С. Н. Шатохин, В. Г. Дёмин. – № 2005105153/11; заявл. 24.02.05; опубл. 27.07.06, Бюл. № 21. – 4 с.: ил.
2. Курзаков, А. С., Шатохин, С. Н. Анализ методов теоретического исследования и расчета адаптивных аэростатических шпиндельных опор / А. С. Курзаков, С. Н. Шатохин // Станки и инструмент. – 2003. – №5. – С. 7-11.