

ТИПЫ ОПОРНЫХ ПОДШИПНИКОВ С ГАЗОВОЙ СМАЗКОЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В РОТОРНЫХ МАШИНАХ

Л. П. Воробьев, кандидат технических наук, доцент

Д. В. Бабенко, кандидат технических наук профессор

Николаевский национальный аграрный университет

Г. А. Иванов, кандидат технических наук, доцент

Николаевский национальный аграрный университет

Н. Л. Воробьева, инженер

Рассмотрены вопросы рационального выбора типа опорного подшипника с газовой смазкой для высокооборотных роторных машин. В зависимости от требований, предъявляемым к опорам, даются рекомендации по выбору типа подшипника с соответствующим питающим зазором устройством, формой зазора, характером выполнения рабочих поверхностей.

Ключевые слова: *газовая смазка, подшипник, роторные машины, турбомашины, турбокомпрессоры, температура, двигатели внутреннего сгорания.*

В последние годы во многих отраслях техники успешно применяются опоры, смазываемые газом, что существенно повышает технико-экономические показатели оборудования [1]. Актуальным является применение таких опор для высокотемпературных газотурбинных двигателей малой и средней мощности, турбокомпрессоров двигателей внутреннего сгорания (ДВС), высокооборотных роторных машин различного назначения, поскольку использование особых свойств газа, как смазочного вещества, а также исключительных преимуществ подшипников с газовой смазкой, позволяет разрешить проблему создания надёжных и долговечных опор.

В отечественной и иностранной технической литературе имеются сведения о широком применении подшипников газодинамического и газостатического типов в различных приборах, турбодетандерах, центрифугах, шлифовальных станках, компрессорах.

В каждом конкретном случае в процессе проектирования роторных машин с подшипниками на газовой смазке поиск

конструктивных решений газовых подшипников представляется как синтез физических и технологических мероприятий. Вероятность того, что сразу будет найдено оптимальное решение, невелика. Поэтому, при проектировании подшипников с газовой смазкой необходимо использовать организующие понятия, которые, в свою очередь, можно систематизировать по отличительным признакам. В табл. 1 представлены конструктивные решения газовых подшипников по геометрическим признакам, характеру выполнения поверхностей, форме зазора, методам подвода газа в зазор.

Таблица 1

Конструктивные решения газовых подшипников

Организующие понятия	Отличительные признаки	Номер схемы	Схемы
Геометрические признаки	Цилиндрические Плоские Конические Сферические	1 2 3 4	
Характер выполнения поверхностей	Цельные Разрезные	5, 6 7, 8	
Форма зазора	Постоянный Конфузорно-диффузорный Диффузорно-конфузорный Ступенчатый Лабиринтный	9 10 11 12 13,14	
Метод подвода газа в зазор	Кольцевые диафрагмы КарманыЩели Пористые вставки	15 16 17 18	

Выбор конструкций газовых подшипников диктуется, прежде всего, конструктивными особенностями ротора, статора и надежностью функционирования газового слоя [2]. Большое влияние на структуру колебаний системы роторгазовый слой опора оказывает метод закрепления несущих поверхностей с элементами, обеспечивающими концентричность их положения. В табл. 2 представлены отличительные признаки креплений по организующим понятиям; неподвижное крепление вкладышей, самоустанавливающиеся крепление цельных вкладышей, самоустанавливающиеся крепления разрезных подшипников.

Таблица 2

Отличительные признаки креплений по организующим понятиям

Организирующие понятия	Отличительные признаки	Номер схемы	Схемы
Неподвижное крепление вкладышей	Резьбовое Сферическое Полужесткой мембраной и отжимными болтами Односторонней сферической постелью и отжимными болтами	1	
		2	
		3	
		4	
Самоустанавливающееся крепление цельных вкладышей	Сфера в сфере Сфера в цилиндре Кардан Податливая мембрана и податливые кольца Самоустанавливающийся шариковый или роликовый подшипник	2	
		5	
		6	
		7	
		8	
		9	

Неподвижное крепление допускает обычно продольный монтаж втулок большого и малого диаметров. При монтаже необходимо использовать шаблонную ось, которая

укладывается в подшипники без зазора. Неподвижным креплением всегда можно обеспечить высокую жесткость сочленения. К недостаткам таких опор, вызванных, в основном, методом крепления, можно отнести необходимость соблюдения высокой точности при изготовлении и монтаже. Кроме того, они особо чувствительны как к перекосам в результате температурной расцентровки турбо-машины, вызванной неравномерным расширением фундамента опорного узла, так и к изменениям зазора, вследствие неравномерности прогрева. Избежать вышеперечисленного можно, применив газовые подшипники с самоустанавливающимися сегментами [3]. Они обладают следующими преимуществами перед подшипниками с цельными вкладышами: отсутствуют нагрузки, обусловленные отклонением от соосности или отклонением от перпендикулярности ротора и подшипника; их изготовление и установка более просты, особенно в случае больших размеров; они имеют меньшую чувствительность к загрязнению и заклиниванию, а также к геометрическим искажениям элементов, вызванных температурными деформациями. Если к тому же несущие элементы этих опор снабжаются регулируемыми и нагружаемыми пружинами или пневмопоршнями, подшипники становятся малочувствительным к изменениям зазора или нагрузки.

Наиболее простым по конструктивному исполнению представляется подвод газа в зазор посредством простых питающих отверстий либо канавки. Кроме того, из опыта применения плоских направляющих известно, что канавки являются наиболее эффективными распределителями газа в зазоре с точки зрения несущей способности, жесткости и устойчивости.

В случае газодинамического подшипника для создания расклиненной формы зазора под сегментом центр качания сегментов обычно располагают на расстоянии $0,62$ его длины от передней кромки (см. рис. 1).

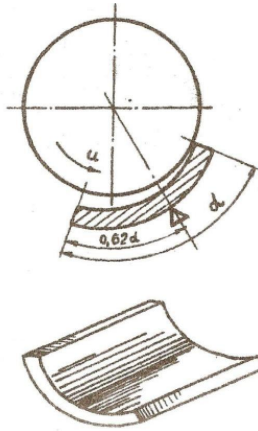


Рис. 1. Газодинамический подшипник с самоустанавливающимся сегментом

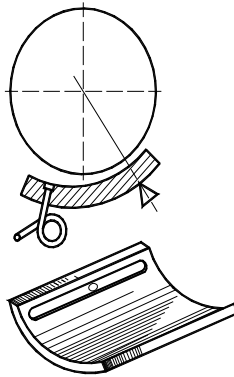


Рис. 2. Подшипник с газостатически расклиненным зазором под самоустанавливающимся сегментом

Из анализа опубликованных данных следует, что в установке мощностью до **300 кВт** успешно применяются газодинамические подшипники, причём в большинстве случаев используются подшипники с самоустанавливающимися сегментами. Предпочтение им отдается в случае, если необходимо обеспечить высокую работоспособность и надежность при высоких температурах, а также виброустойчивость при

высоких окружных скоростях. Для повышения несущей способности подшипника применяют вспомогательный наддув сжатого газа в зазор под сегментом.

В установках мощностью выше **300 кВт** для обеспечения несущей способности опор применяют газостатические подшипники с самоустанавливающимися сегментами.

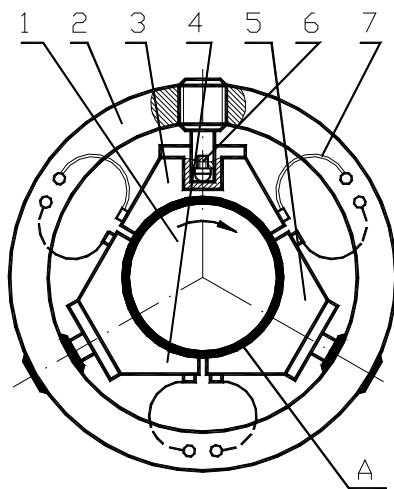


Рис. 3. Конструкция газостатического подшипника с самоустанавливающимися сегментами

Конструктивная схема газостатического подшипника с самоустанавливающимися сегментами представлена на рис. 3. В нем используется взаимодействие газостатических и газодинамических составляющих несущей способности для стабилизации колеблющегося сегмента. Вал 1 опирается на газовый слой, заполняющий кольцевой зазор А. Подача газа под давлением от внешнего источника производится через систему каналов к питателям, расположенным под входной и выходной кромками сегментов 3, 4 и 5. Газ подается по гибким трубкам 7, связанным с неподвижным кольцом 2 подшипника. Сегменты опираются на качающиеся опоры 6. Такая конструкция подшипника предусматривает работу при зазорах, характерных для чисто газодинамических вариантов

подшипников. В стационарном режиме газостатическая несущая способность является доминирующей. При вращении вала появляется газодинамическая составляющая несущей способности, роль которой возрастает с ростом окружной скорости. При появлении колебаний сегмента газодинамическая составляющая несущей способности воздействует на сегмент в виде парного стабилизатора. В стационарном режиме и при вращении вала с малой скоростью несущая способность создается за счет газостатических сил. При этом распределение давления газа в зазоре вдоль сегмента показано на рис. 4 (суммарное распределение давлений газа в зазоре под сегментом показано сплошной толстой линией, от газостатических сил – штриховой линией Д). В случае диффузорного зазора вращение вала вызывает отрицательный газодинамический эффект. Суммарное распределение давлений порождает пару-стабилизатор, противоположную по знаку предыдущей, которая возвращает сегмент в первоначальное положение.

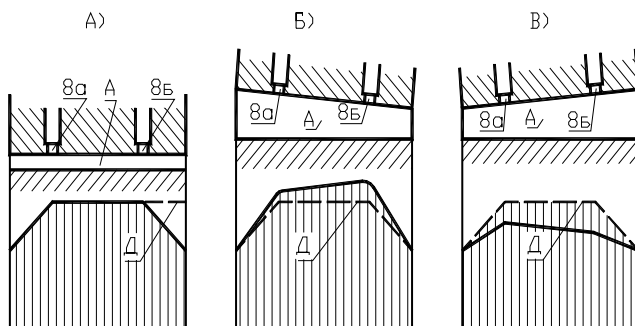


Рис. 4. Схема распределения давлений газа под сегментом при различных формах зазора: А) симметричный зазор; Б) конфузорный; В) диффузорный

Стабилизация будет более эффективна в колеблющихся сегментах с малым моментом инерции, а также в подгружаемых сегментах.

Поэтому представляет интерес метод создания расклиненного зазора посредством внутренних газостатических сил системы, т.е. питание зазора сжатым газом с помощью ка-

навки, смещенной к передней кромке сегмента. В этом случае упрощается конструктивное и технологическое выполнение сегментов. Снижаются ограничения на выбор значений относительной ширины подшипника, что приводит к возможности создания высокой несущей способности и жесткости газового слоя. Уменьшается чувствительность опоры к качеству питающего газа, а при необходимости существует потенциальная возможность прокачки через опору даже жидкой смазки. Это качество, очевидно, становится особенно существенным при питании опор паром.

Висновки.

1. В процессе проектирования высокооборотных роторных машин, работающих в условиях высоких температур, возникает вопрос выбора типа подшипника с газовой смазкой, ибо подшипники с жидкой смазкой не работоспособны в таких условиях.

2. В работе проведен детальный анализ различных подшипников с газовой смазкой и показана их работоспособность в различных условиях, которые позволяют выбрать тип подшипника в зависимости от требований, предъявляемых к опорам изделия.

Список использованных источников:

1. Пинегин С.В. Развитие и внедрение опор с газовой смазкой — важное направление технического прогресса. / авт. / М. : Вестник машиностроения, 1970. — № 10. — С. 89 — 94.

2. Тарабрин А.И. О выборе параметров, газостатических подшипников с самоустанавливающимися вкладышами для судовых турбомашин / А.И. Тарабрин // Труды Николаевского кораблестроительного института. — Николаев, 1970. — Вып. 37. — С. 54–58.

3. Антонов А.М. О возможности применения газостатических подшипников с самоустанавливающимися вкладышами в судовых турбомашинах / / А.М. Антонов, А.И. Тарабрин // Труды Николаевского кораблестроительного института. — Николаев, 1968. — Вып. 26. — С. 27 — 32.

Л.П. Воробйов, Д.В. Бабенко, Г.О. Иванов, Н.Л. Воробйова. Типи опорних вальниць з газовою смазкою, що використовуються в роторних машинах.

Розглянуто/ питання раціонального вибору типу опорної вальниці зі змащенням газом для роторних машин з високими обертами. Залежно від вимог до вальниць даються рекомендації щодо вибору їх типу з відповідним пристроєм для підводу газу в зазор, відповідною формою зазору, характером виготовлення робочих поверхонь.

L. Vorobyev, D. Babenko, G. Ivanov, N. Vorobyeva. **The types of supporting bearers with gas lubrication, used in rotary machines.**

The problems of rational choice of bearers' type lubricated with gas for high-speed rotary machines. Depending on the requirements, there recommendations as for the right choice of bearers' type with the corresponding power gap device, and its features performing work surfaces.

Л.П. Воробьев, Д.В. Бабенко, А.А. Иванов, Н.Л. Воробьева. **Типы опорных подшипников с газовой смазки, используемые в роторных машинах.**

Рассмотрены вопросы рационального выбора типа опорной подшипников со смазкой газом для машин с высокими оборотами. В зависимости от требований к подшипников даются рекомендации по выбору их типа с соответствующим устройством для подвода газа в зазор, соответствующей форме зазора, характером изготовления рабочих поверхностей.