

Смирнов А.В., Суходоев И.Г.  
A.V. Smirnov, I.G. Sukhodoyev

## ВЛИЯНИЕ РАЗДВИЖКИ ЛИНИЙ НАДУВА ЧАСТИЧНО ПОРИСТЫХ ГАЗОСТАТИЧЕСКИХ ОПОР НА ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

## THE IMPACT OF THE RELATIVE SEPARATION OF PRESSURIZATION ORIFICES IN PARTIAL POROUS AIRSTATIC BEARINGS UPON THEIR PERFORMANCE



**Смирнов Алексей Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Тепловые энергетические установки» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (г. Комсомольск-на-Амуре). E-mail: [faks@knastu.ru](mailto:faks@knastu.ru).

**Mr. Alexey V. Smirnov** – PhD in Engineering, Associate Professor at the Department of Heat&Power Plants, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Komsomolsk-on-Amur). E-mail: [faks@knastu.ru](mailto:faks@knastu.ru).



**Суходоев Иван Георгиевич** – ассистент кафедры «Тепловые энергетические установки» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (г. Комсомольск-на-Амуре). E-mail: [faks@knastu.ru](mailto:faks@knastu.ru).

**Mr. Ivan G. Sukhodoyev** – Assistant Lecturer at the Department of Heat&Power Plants, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Komsomolsk-on-Amur). E-mail: [faks@knastu.ru](mailto:faks@knastu.ru).

**Аннотация:** Рассмотрены особенности работы газовых опор и области их применения. Исследовано влияние раздвижки линий наддува на эксплуатационные характеристики частично пористых газостатических подшипников.

**Summary:** The paper considers the features of gas bearings and their application area. The influence of the relative separation of pressurization orifices on performance capabilities of partially porous gas static bearings is analyzed.

**Ключевые слова:** газостатический подшипник, пористая вставка, линия наддува, эксплуатационные характеристики.

**Keywords:** gas static bearings, porous insert, pressurization orifice, performance.

УДК 621.822

Начиная с 50-х гг. XX столетия в связи с бурным развитием техники практически во всех развитых странах начались интенсивные теоретические и экспериментальные исследования опор с газовой смазкой.

Такой интерес к газовым опорам был вызван благодаря их определенным преимуществам по сравнению с другими видами подшипников.

К основным преимуществам газовых опор можно отнести:

- 1) упрощение конструкции подшипникового узла (упразднение системы смазки);
- 2) способность работать при высоких температурах и давлениях без потери своих эксплуатационных качеств;
- 3) малое трение, обусловленное небольшой динамической вязкостью газа;
- 4) малое тепловыделение в опорах;
- 5) высокую точность вращения вследствие усредняющего эффекта газовой смазочной пленки;
- 6) отсутствие металлического контакта, а следовательно, и износа опор, что обеспечивает высокую долговечность;

7) почти полное отсутствие вибраций и низкие шумовые характеристики.

Благодаря этим качествам, газовые опоры успешно используются во многих отраслях промышленности, в малогабаритных турбодетандерах, приборах морской и воздушной навигации, устройствах для гидростабилизации морских судов, в зубоврачебном и медицинском оборудовании, измерительных устройствах, информационном оборудовании, космической технике, в машиностроении в шлифовальных шпинделях и сверлильных фрезерных головках, в метрологическом оборудовании и т.д. [1; 2; 3].

К настоящему времени наиболее полно из газостатических опор исследованы подшипники с дросселирующими отверстиями, карманами, микроканавками. Однако практическому применению опор с газовой смазкой препятствует склонность этих опор к потере устойчивости. Во избежание вибрации и с точки зрения экономного расхода газа через подшипник нужно стремиться к весьма малым диаметрам питающих отверстий (меньше 0.1 мм). Но при постоянном давлении наддува и толщине смазочного слоя вместе с уменьшением расхода газа при весьма тонких питающих отверстиях уменьшается и несущая способность подшипника. Поэтому приходится увеличивать число питающих отверстий и габариты опоры. Это привело ученых к идее создания газовых подшипников с пористым вкладышем.

Пористые газовые подшипники с внешним наддувом обладают при прочих равных условиях повышенной несущей способностью и виброустойчивостью по сравнению с подшипниками с дискретными отверстиями. Это достигается за счет множества питающих отверстий в пористом вкладыше, при помощи которых давление питания эффективно распределяется по всему пространству зазора.

Но применение полностью пористых подшипников приводит к повышенному расходу газа. К тому же при механической обработке таких подшипников возможна пластическая деформация поверхностного слоя пористого материала. В связи с этим перспективными представляются подшипники с частично пористой стенкой вкладыша, то есть с пористыми вставками. Такие подшипники более технологичны, чем подшипники со сверленными отверстиями или микроканавками, и более экономичны, чем полностью пористые подшипники.

Наиболее важными (основными) показателями подшипников являются характеристики жесткости смазочного слоя и несущей способности, влияние которых на работу подшипникового узла хорошо известно в практике. Поэтому проблема создания газовых подшипников с высокими эксплуатационными характеристиками имеет первостепенное значение.

В настоящей работе анализируются результаты исследований эксплуатационных характеристик (коэффициента несущей способности  $C_Q$ , коэффициента жесткости смазочного слоя  $k_S$ , относительного расхода газа  $\bar{G}$ , угла положения нагрузки  $\psi$ ) частично пористой

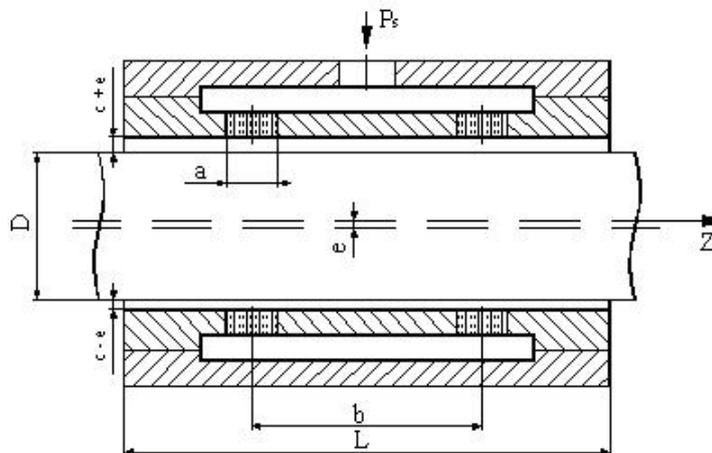


Рис. 1. Газостатический подшипник с пористыми вставками

газовой опоры (см. рис. 1) при изменяющемся числе сжимаемости  $B$  (безразмерной частоты вращения вала) в зависимости от относительной раздвижки линий наддува  $\bar{b} = b/L$  ( $b$  – расстояние между линиями наддува,  $L$  – длина подшипника).

Исследование влияния относительной раздвижки линий наддува на эксплуатационные характеристики подшипников выполнено при значениях относительной раздвижки  $\bar{b}$ , равных 0.2, 0.4 и 0.6.

Зависимость коэффициента несущей способности от относительной раздвижки линий наддува и числа сжимаемости представлена на рис. 2.

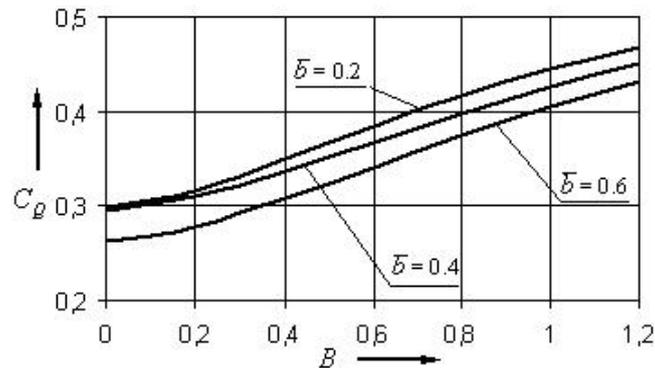


Рис. 2. Зависимость коэффициента несущей способности  $C_Q$  от числа сжимаемости  $B$  и относительной раздвижки линий наддува  $\bar{b}$

Анализ представленных зависимостей показывает, что с точки зрения обеспечения наибольшей несущей способности наиболее выгодной является малая относительная раздвижка линий наддува. Это объясняется стремлением повысить несущую способность опор за счет увеличения сопротивления движению газа в области, примыкающей к торцам подшипника.

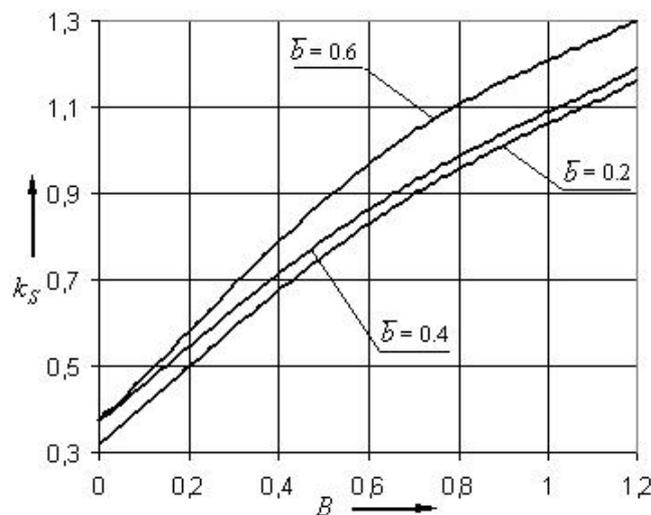


Рис. 3. Зависимость коэффициента жесткости  $k_S$  от числа сжимаемости  $B$  и относительной раздвижки линий наддува  $\bar{b}$

Иная картина изменения наблюдается у жесткостных характеристик газостатических опор (см. рис. 3). При увеличении относительной раздвижки рядов пористых вставок эффект смазочного клина преобладает над внешним наддувом, вследствие чего коэффициент жесткости смазочного слоя у таких подшипников оказывается выше, чем у опор с малой относительной раздвижкой линий наддува.

Зависимость относительного расхода от относительной раздвижки линий наддува и числа сжимаемости показана на рис. 4.

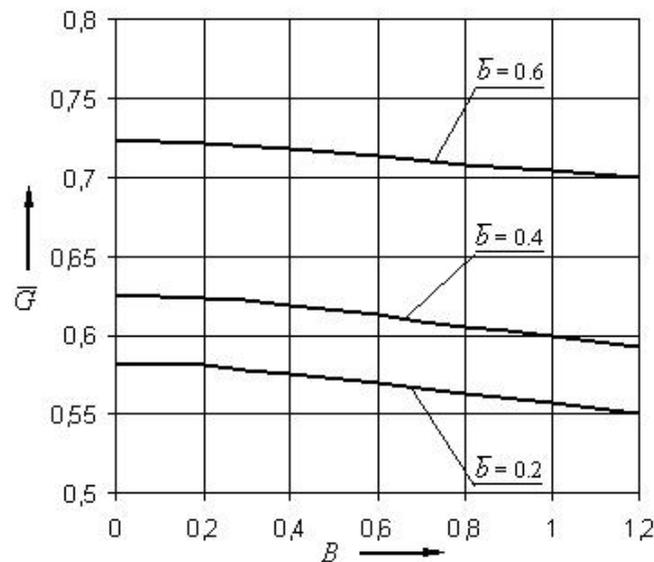


Рис. 4. Зависимость относительного расхода газа  $\bar{G}$  от числа сжимаемости  $B$  и относительной раздвижки линий наддува  $\bar{b}$

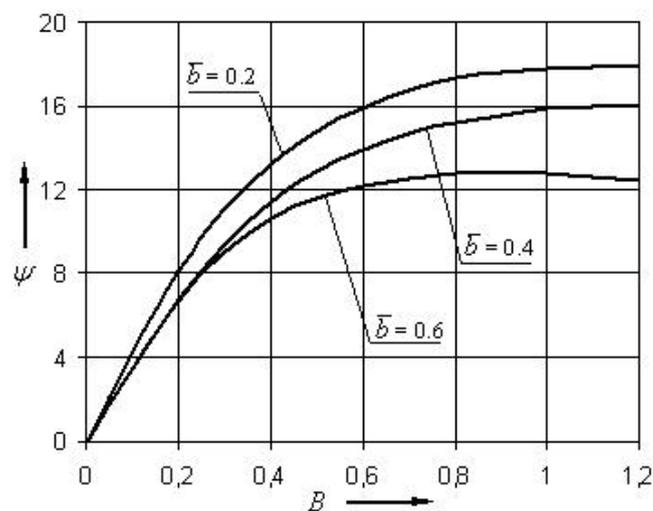


Рис. 5. Зависимость угла положения нагрузки  $\psi$  от числа сжимаемости  $B$  и относительной раздвижки линий наддува  $\bar{b}$

Видно, что связанное с уменьшением относительной раздвижки линий наддува повышение сопротивления движению смазки ведет к снижению относительного расхода.

Зависимость угла положения нагрузки  $\psi$  от числа сжимаемости  $B$  и относительной раздвижки линий наддува  $\bar{b}$  показана на рис. 5.

Представленные зависимости позволяют сделать вывод, что уменьшение относительной раздвижки линий наддува является нежелательным, вследствие заметного роста угла положения нагрузки, который связан с усилением внешнего наддува.

Из проведенного анализа влияния на эксплуатационные характеристики относительной раздвижки линии наддува можно сделать следующие выводы. Увеличение величины  $\bar{b}$ , то есть приближение линий наддува к торцам вкладыша подшипника приводит к уменьшению коэффициента несущей способности и увеличению относительного расхода газа. Однако при этом коэффициент жесткости возрастает с одновременным уменьшением угла положения нагрузки, что положительно сказывается на работе подшипника. Уменьшение же величины  $\bar{b}$  приводит к обратным тенденциям. Таким образом, с целью получения оптимального сочетания эксплуатационных характеристик относительную раздвижку линий наддува необходимо задавать в области значения 0.4.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гросс, У.А. Обзор работ в области газовых подшипников с внешним наддувом за период с 1959 года / У. А. Гросс // Проблемы трения и смазки. – М.: Мир, 1969. – Т. 91. – № 1. – С. 180-185.
2. Подшипники с газовой смазкой / под ред. Н.С. Грессэма и Д. У.Паулла. – М.: Мир, 1966. – 424 с.
3. Шишкин, И.Л. Турбомашины на газовых опорах / И.Л. Шишкин. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1985. – 168 с.