

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ МНОГОКАМЕРНЫХ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ПОДУШЕК

Применение гидростатических упорных подшипников при возвратно-поступательном движении в последнее время получает все большее распространение. Объясняется это теми преимуществами, которыми обладает гидростатический подшипник по сравнению с другими видами опор. Основным из них, в случае необходимости точной ориентации подвижной детали, передающей нагрузки, по отношению к неподвижной, является отсутствие металлического контакта поверхностей во всех режимах эксплуатации, следствием чего является полное отсутствие износа и значительное увеличение срока службы машины, станка в заданных (проектных) пределах точности.

При этом следует отметить, что избежание перекоса при эксцентрично приложенной нагрузке даже в случае многокамерного подпятника возможно лишь при применении специальных компенсирующих элементов. Дроссели имеют линейный закон изменения расхода от нагрузки на выходе, т. е. отношение расхода к нагрузке на выходе есть величина постоянная в широком диапазоне изменения последней. При применении компенсирующих элементов с указанными характеристиками возможно получить толщину смазывающего слоя, разделяющего детали, постоянной, наперед заданной толщины независимо от изменений внешней нагрузки как по величине, так и месту ее приложения. При этом задача о расчете четырехкамерных прямоугольных гидростатических плоских подушек, наиболее часто встречающихся в практике, сводится, как и при расчете вообще гидростатических упорных подшипников, к определению давления и расхода смазывающей жидкости, подводимой к подушкам, а также мощности, затрачиваемой на ее прокачку. Отличительной чертой расчета многокамерных подушек является то, что давление смазывающего вещества и его расход в каждой камере будет различным, зависящим от величины и места приложения внешней нагрузки.

Однако в случае многокамерных подушек, непосредственно задаваясь координатами суммарной внешней нагрузки, определить характеристические величины не представляется

возможным. В этом случае величина эксцентриситета может быть определена из условия равновесия внешней нагрузки и сил, возникающих в слое смазывающей жидкости:

$$x = \frac{\iint p_x dF}{\iint p dF}; \quad (1)$$

$$y = \frac{\iint p_y dF}{\iint p dF}. \quad (2)$$

Следовательно, задача сводится к определению давлений в любой точке пленки смазывающей жидкости по упорной поверхности подушки согласно граничным условиям, полагающим давление на контуре подушки равным нулю, а на контурах камер подвода смазывающего вещества равным давлению в них. При этом величина давления в исследуемой точке может быть представлена как сумма давлений, возникающих от каждого источника (камеры подвода смазывающего вещества) в отдельности:

$$P_{i;\kappa} = (P_{i;\kappa})_1 + (P_{i;\kappa})_2 + (P_{i;\kappa})_3 + (P_{i;\kappa})_4. \quad (3)$$

Разложение многосвязной области на элементарные области дает возможность решения статически неопределимой задачи, которой в данном случае является прямоугольная область с четырьмя источниками. Решения в элементарных областях находятся при граничных условиях, полагающих равенство нулю функции давления на контуре подушки, а на контурах камер $P = (P_0)_n$.

Согласно гидродинамической теории смазки закон распределения давлений в прямоугольной системе координат для рассматриваемого случая выражается дифференциальным уравнением следующего вида:

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} = 0. \quad (4)$$

Введя новые переменные, изменяющиеся от 0 до 1, уравнение перепишем в безразмерном виде:

$$\frac{\partial^2 \bar{P}}{\partial \bar{x}^2} + D^2 \frac{\partial^2 \bar{P}}{\partial \bar{y}^2} = 0, \quad (5)$$

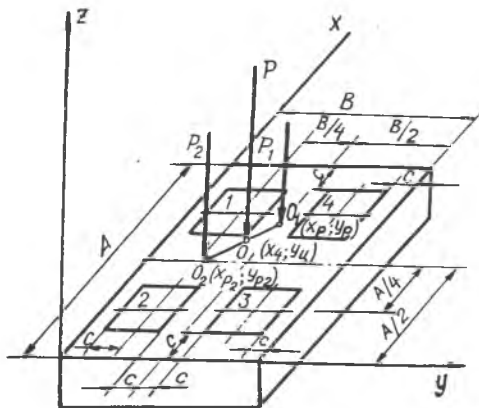


Рис. 1.
Прямоугольная,
четырёхкамерная
гидростатическая
подушка

где $P = \bar{p}(P_0)_n$; $x = Ax$; $y = By$ (рис. 1). Решив уравнение (5) в элементарных областях и просуммировав методом суперпозиций решения, получим поле давлений в исследуемой многокамерной области. При этом величина давлений в каждой камере определится в зависимости от доли нагрузки, приходящейся на каждую элементарную область. Величина доли нагрузки может быть определена, если рассматриваемую систему промоделировать стержневой системой на основании тождественности выражений для определения напряжений в стержнях и определения средних напряжений в слое смазывающего вещества:

$$\sigma = \frac{P}{F} \equiv P_0 = \frac{P_n}{F \cdot K_p}, \quad (6)$$

где P — внешняя нагрузка, F — площадь, K_p — безразмерный коэффициент, равный $K_p = \frac{1}{F} \int \int_F \bar{p} dF$ —

Следует также отметить, что стержневая система, моделирующая многокамерную гидростатическую подушку, должна быть построена так, чтобы стержни располагались в точках приложения равнодействующих сил элементарных областей (1,2) и оси совпадали с направлением векторов этих сил. Зная поле давлений, можно определить все величины,

характеризующие работу подушки. При этом несущая способность определяется выражением

$$P = \iint_F pdF = (P_0)_1 FK_{p_1} + \dots + (P_0)_4 FK_{p_4}, \quad (7)$$

где $K_{p_n} = \int_0^1 \int_0^1 \bar{p} \bar{x} \bar{y} d\bar{x} d\bar{y}$ — безразмерный коэффициент, характеризующий несущую способность.

Как видно из выражения (7), задача может быть сведена к определению величин, характеризующих определенные параметры элементарных контуров. Расход смазывающего вещества, если вязкость его μ во всех камерах считать одинаковой, согласно гидродинамической теории смазки определится как

$$Q = \frac{h^3}{\mu} [(P_0)_1 K_{Q_1} + (P_0)_2 K_{Q_2} + \dots + (P_0)_4 K_{Q_4}], \quad (8)$$

где $K_{Q_n} = \frac{1}{12K_{p_n}} \oint \frac{\partial \bar{p}_n}{\partial n} dl$ — безразмерный коэффициент, характеризующий расход смазывающего вещества, $\frac{\partial \bar{p}_n}{\partial n}$ — градиент давления в направлении n для элементарной области, dl — элементарная длина наружного контура области (подушки). И, наконец, мощность, затрачиваемая на прокачку смазывающего вещества, может быть найдена по следующей зависимости:

$$N_{пр} = \frac{h^3}{\mu} [(P_0)_1^2 K_{p_1}^2 K_{N_{пр1}} + \dots + (P_0)_4^2 K_{p_4}^2 K_{N_{пр4}}], \quad (9)$$

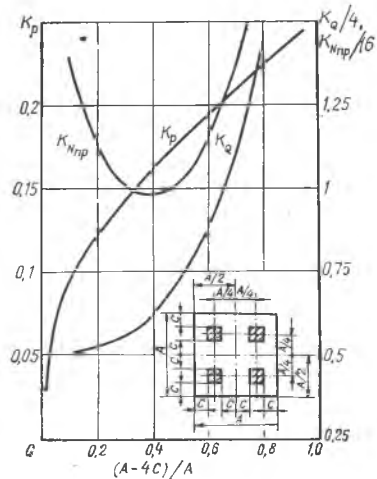


Рис. 2. Зависимости характеристических коэффициентов элементарной области квадратной четырехкамерной гидростатической подушки

где $K_{N_{прп}} = \frac{1}{12K_p^2} \oint_l \frac{\partial \bar{P}_n}{\partial n} dl$ — безразмерный коэффициент, характеризующий мощность, затрачиваемую на прокачку смазывающего вещества.

На рис. 2 в качестве примера показаны зависимости характеристических коэффициентов для квадратной четырехкамерной подушки, пользуясь которыми на основании предлагаемой методики конструктор может, не вдаваясь в сложные теоретические исследования, производить все необходимые расчеты при проектировании подобных опор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданов О. И., Приходько О. Б. Применение метода электростатического моделирования для решения задач гидростатической смазки. Тезисы докладов конференции «Повышение износостойкости и срока службы машин». Киев, 1966, т. 1.

2. Приходько О. Б., Богданов О. И. О проектировании гидростатических прямоугольных подушек. Вестник машиностроения. 1968, № 11.

3. Приходько О. Б., Руденко М. П., Макаренко О. К. К вопросу об исследовании работоспособности прямоугольных четырехкамерных гидростатических подушек. Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции по применению гидравлических приводов и других средств повышения качества и надежности подъемно-транспортных машин, Харьков, 1969.

4. Приходько О. Б. Влияние компенсаторов на основные характеристические величины гидростатических опор. Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции по применению гидравлических приводов и других средств повышения качества и надежности подъемно-транспортных машин. Харьков, 1969.

Г. А. ИВАНОВ

ГИДРОСТАТИЧЕСКИЕ УПОРНЫЕ ПОДШИПНИКИ ДВУСТОРОННЕГО ДЕЙСТВИЯ

Эти подшипники предназначены для восприятия осевых усилий переменных направлений. В настоящее время гидростатические упорные подшипники применяются в насосах, турбинах, турбогенераторах, в шпиндельных головках станков различных типов и т. д. Из большого числа конструкций опор, пригодных для практического использования, рассмотрим: