

3. Некоторые вопросы вычислительной математики [сборник статей по осциллирующим функциям]. Ученые записки Пермского госуниверситета, 1959, т. XIII, вып. 2.

4. Андреев В. Л. К расчету плоских гидростатических упорных подшипников с учетом инерционных сил. ЛМИ, 1968, № 68.

5. Schultz-Grunow F., Der Reibungswiderstand rotierender Scheiben in Gehäusen, ZAMM, 1935, т. 15, № 4.

Н. А. ПРОШИНА

## К ВОПРОСУ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО МНОГОКАМЕРНОГО ПОДПЯТНИКА

Современная литература, посвященная расчетам гидростатических подпятников, располагает ограниченными сведениями о материалах, полученных экспериментальным путем. Поэтому при разработке инженерной методики расчета многокамерных гидростатических опор возникла острая необходимость в получении указанных сведений в условиях, гарантирующих достаточную степень их точности и надежности. В связи с этим была спроектирована и изготовлена модель подпятника значительных размеров (внешний диаметр составляет 400 мм) и экспериментальная установка, с помощью которой при использовании тензоусилительной станции оказалось возможным получить не только записи необходимых параметров опоры, но и их изменения во времени.

В результате эксперимента были определены поля давлений, возникающих в зазоре гидростатического многокамерного упорного подшипника, исследованы вопросы влияния температуры смазывающего вещества, давления питающей сети, типа дросселирующих устройств на жесткостные и расходные характеристики опоры.

Исследуемая опора представляла собой плоский сплошной подпятник (7)  $\varnothing$  400 мм с четырьмя камерами в виде секторов с центральным углом  $37,5^\circ$  и стороной 72 мм, расположенных по окружности  $\varnothing$  222 мм. В качестве дросселей использовались капилляры длиной 28 мм с отверстиями  $\varnothing$   $1 \div 1,5$  мм, а также диафрагмы с отверстиями тех же диаметров.

Давления питания в камерах и на рабочей поверхности опоры измерялись с помощью специально выполненных датчиков давления, представляющих собой полые тонкостенные сталь-

ные гильзы с наклеенными на внешней поверхности тензодатчиками омического сопротивления. Давление питания, кроме того, контролировалось образцовым манометром.

Для замера толщины масляной пленки в зазоре опоры служили малогабаритные индуктивные датчики, и для визуального наблюдения — три индикатора класса 0,001.

Величина центральной нагрузки определялась по манометру и регистрировалась с помощью тензодатчиков, укрепленных на упругом кольце (3), служащем как бы передаточным звеном между нагружателем и вертикальным валом пяты. Аналогично осуществлялся замер моментной нагрузки: здесь тензодатчики прикреплены к упругим скобам динамометра сжатия типа ДС-5 (8), который передает усилие на опору от домкрата (9).

Температура масла на входе и выходе из зазора опоры, а также в точках, соответствующих местам заделки индуктивных датчиков, замерялась хромель-копелевыми термопарами.

Для одновременной регистрации на фотобумаге всех перечисленных параметров использовалась тензоусилительная станция (1), состоящая из стабилизатора напряжений, блока питания, двух восьмиканальных усилителей 8АНЧ и четырехканального — ТАБ, осциллографов Н-700 и Н-107.

Измерение расхода смазки через подпятник было осуществлено косвенным методом, основанном на том, что количество смазки, протекающее через зазор подпятника, равно расходу его через дросселирующие устройства. На специальном приспособлении экспериментально были определены статические характеристики исследуемых дросселей, представляющие собой зависимость расхода через дроссель от перепада давлений на его входе и выходе и от температуры смазки. По этим характеристикам, зная давление питания, давление в камерах и соответствующую температуру масла, можно установить величину расхода через подпятник в любой момент времени эксперимента. Проведенные исследования показали, что утверждение некоторых авторов [1,2], считающих, что дросселирование с помощью капилляров обеспечивает независимость толщины масляного слоя и его жесткости от вязкости масла, не совсем верно.

Формула для определения толщины масляной пленки может быть получена путем приравнивания расхода через подпятник к расходу через его дроссели:

$$h = \sqrt[3]{\frac{K_k \cdot n}{K_p \cdot K_Q} \cdot \frac{(P_{вх} - P_k)}{P_k}}, \quad (1)$$

где  $h$  — толщина масляной пленки, см;  
 $K_p, K_Q$  — характеристические безразмерные коэффициенты, несущей способности и расхода смазки;  
 $n$  — количество дросселей;  
 $p_{вх}, p_k$  — соответственно давления на входе и выходе из капилляра, кг/см<sup>2</sup>;

$$K_k = \frac{\pi d_k^4}{128 l_k} \quad (\text{см}^3) \quad (2)$$

постоянная капилляра, зависящая лишь от соотношения его геометрических размеров.

Из формулы (1) видно, что толщина масляной пленки действительно не зависит от вязкости и температуры смазки. Однако это верно лишь для ограниченного диапазона перепадов давлений и температур, когда потери на входе и выходе из канала дросселя соизмеримы с потерями в канале, и поток в самом дросселе — ламинарный.

В реальных условиях работы тяжело нагруженных опор при температурах смазки 35÷50°C турбулентный режим в канале дросселя начинается уже при сравнительно малых величинах перепадов давлений, и, следовательно, использование формулы Хаген-Пуазейля (2), а, значит, и формулы (1) в этом случае неправомерно и приводит к значительным погрешностям. Поэтому при расчетах необходимо вводить соответствующие поправки. Для подпятника с капиллярами  $a_k \times l_k = 1 \times 28$ , работающего на масле индустриальном 30 ГОСТ 1707—51, была получена следующая эмпирическая формула для определения расхода через дроссель:

$$Q_k = [1,4 + 0,008 (t^\circ \text{C} - 25)] \cdot (p_{вх} - p_k). \quad (3)$$

Тогда значение толщины масляной пленки с учетом влияния температуры смазки запишется как

$$h = \sqrt[3]{\frac{n}{K_p \cdot K_Q} \cdot \frac{\mu_t (p_{вх} - p_k)}{p_k} \cdot [1,4 + 0,008 (t^\circ \text{C} - 25)]}, \quad (4)$$

где  $\mu_t$  — кинематическая вязкость масла при данной температуре,  $\frac{\text{кг} \cdot \text{сек}}{\text{см}^2}$ ;

$t^\circ \text{C}$  — температура смазки.

Сравнение величин толщины масляной пленки, определенных экспериментально, и величин, полученных расчетом по формуле (4), свидетельствует о хорошем их совпадении в то время

Толщина масляной пленки, см	Вертикальная нагрузка, кг				
	3660	6720	9780	12840	15900
Экспериментальная	0,0296	0,0242	0,0210	0,0190	0,0178
Определенная по формуле (1)	0,0267	0,0216	0,0188	0,0169	0,0156
Определенная по формуле (4)	0,0303	0,0245	0,0213	0,0192	0,0177

Толщина масляной пленки, см	Вертикальная нагрузка, кг				
	18960	22020	25080	28140	31200
Экспериментальная	0,0170	0,0157	0,0148	0,0140	0,0136
Определенная по формуле (1)	0,0144	0,0135	0,0128	0,0121	0,0114
Определенная по формуле (4)	0,0164	0,0153	0,0145	0,0137	0,0130

мя, как расхождения с величинами, определенными по формуле (1), значительны. Об этом можно судить по данным таблицы, составленной для случая установившегося режима работы опоры при температуре масла 45°C и постоянном давлении питания 100 кг/см<sup>2</sup>.

Экспериментальные значения толщины масляной пленки, приведенные в таблице, соответствуют точкам, лежащим на экспериментальной кривой. При построении последней были использованы данные замеров, повторенных четыре раза для каждого из десяти значений нагрузки. Обработка экспериментальных результатов велась с использованием метода Grubbs'a [3].

На рисунке приведены характерные графики, полученные в результате эксперимента, позволяющие судить о том, как величина внешней нагрузки и изменение давления питания сказываются на рабочих характеристиках опоры — ее жесткости (S), расходе смазки (Q), степени влияния на эти параметры замены одних дросселирующих устройств другими.

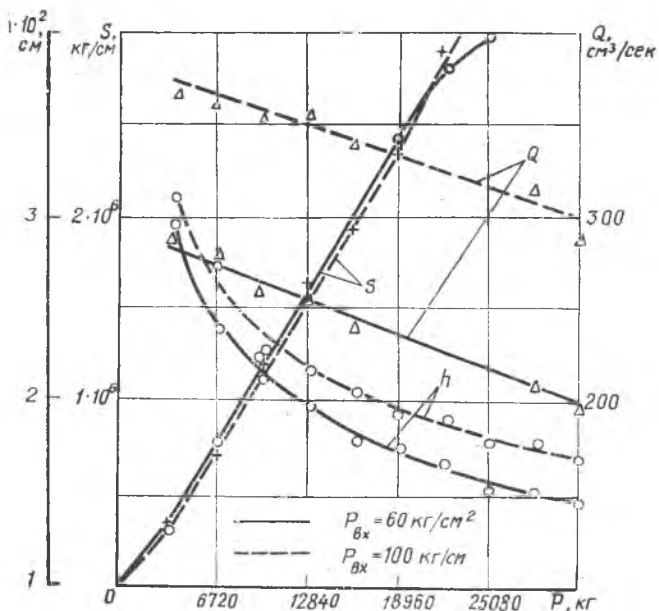


Рис. 1. Экспериментальные характеристики четырехкамерного гидростатического подпятника с капиллярным дросселированием

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шифер Х. Ю. Жесткость гидростатических подшипников и направляющих при динамической нагрузке, М., 1967. (Экспресс-информация). Детали машин, рефераты 72—75, № 24.
2. Левит Г. А., Луры Б. Г. Расчет гидростатических незамкнутых направляющих. М., «Станки и инструменты», 1963, № 10.
3. Конончук Н. И. Методы оценки выносливости жаропрочных сплавов. М., изд-во «Металлургия», 1966.