

В С Е С О Ю З Н Ы Й
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
И Н С Т И Т У Т
П О Д Ш И П Н И К О В О Й
П Р О М Ы Ш Л Е Н Н О С Т И

СПЕЦИНФОРМЦЕНТР

ПОДШИПНИКОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ



НИИНАВТОПРОМ

В ответ на постановление ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ "О Всесоюзном социалистическом соревновании за повышение эффективности производства и качества работы, успешное выполнение заданий десятой пятилетки" труженики подшипниковой промышленности направляют свои усилия на достижение наивысших экономических результатов, успешное выполнение заданий десятой пятилетки, достойную встречу 60-летия Великого Октября.

Инж. М.Е. Казакевич
Минский филиал ВНИИПа

УДК 621.822.5.001.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕКРУГЛОСТИ ВАЛА
ГАЗОСТАТИЧЕСКИХ ПОДШИПНИКОВ НА ТОЧНОСТЬ
ВРАЩЕНИЯ ЕГО ОСИ

Влияние некруглости вала на биение его оси рассмотрено в [1] на основе допущения о чисто осевом течении для подшипника с двумя рядами питающих отверстий (дискретный наддув). Однако погрешность методов, основанных на допущении о чисто осевом течении газа, быстро растет с ростом относительной длины опоры [2]. Кроме того, дискретный наддув приводит к резким падениям давления в сравнительно небольших зонах смазочного слоя, локализованных вокруг отверстий наддува, вследствие чего ухудшаются подъемная сила газовых опор и их жесткость [1, 3].

В статье изложены результаты исследований радиального подшипника с двумя дросселирующими щелями над-

дува (рис. 1), основанные на методе, рассмотренном в [2, 4]. Воздух поступает в зазор подшипника радиусом R и длиной $2l_0$ через входные щели шириной δ , расположенные друг от друга на расстоянии $2l_1$. Размеры щели и зазора подшипника близки между собой, поэтому течение газа в щели и в зазоре носит ламинарный характер, что позволяет использовать при расчете простые параметры, не включающие свойства смазки. Все характеристики опоры, оптимальные параметры и выводы получены без каких-либо допущений относительно характера течения газа в проточных каналах подшипника.

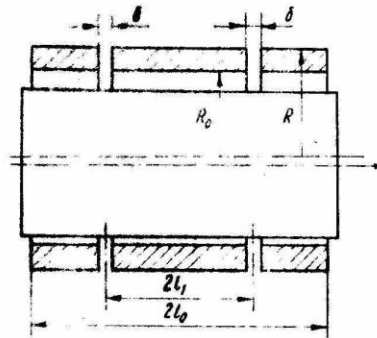


Рис. 1. Радиальный подшипник с двумя дросселирующими щелями наддува

При изготовлении вала и втулки газостатических опор мы всегда имеем некоторые отклонения. Если втулка изготовлена идеальной геометрической формы, а вал имеет некоторую технологическую погрешность (эллипсность, огранка), то при вращении последнего его центр будет копировать технологическую погрешность, то есть имеет траекторию, похожую на форму вала.

На рис.2 изображен вал в форме эллипса с минимальным (а) и максимальным (б) эксцентриситетами. Следуя методам, изложенным в [2, 4], можно найти разность

эксцентриситетов в этих положениях ($e_1 - e_2$), то есть максимальную погрешность оси вала:

$$e_1 - e_2 = c\theta^*\psi\xi_0, \quad (I)$$

где

- e_1 - минимальный эксцентриситет;
- e_2 - максимальный эксцентриситет;
- c - средний радиальный зазор опоры;
- $\theta^* = 2e_0/K_0^*$ - коэффициент погрешности вращения опоры;
- $\psi = c/c_0$ - относительная амплитуда погрешности вала (c_0 - амплитуда погрешностей);
- $\xi_0 = F^*/K_0^*$ - относительный эксцентриситет идеального подшипника (F^* - безразмерная нагрузка на опору, K_0^* - безразмерная жесткость идеальной опоры).

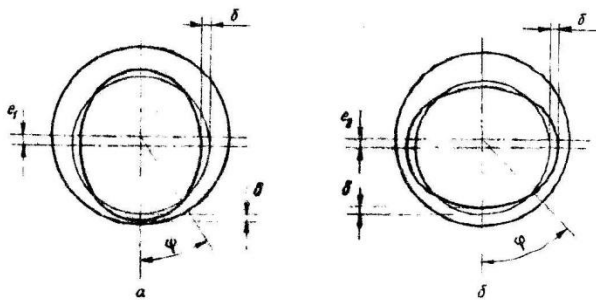


Рис. 2. Эллиптический вал

Когда погрешность формы вала близка к треугольной огранке (рис. 3) безразмерная жесткость опоры в двух его положениях при 0° (а) и повернутом на 180° (б) оказывается одинаковой и равной

$$K^* = K_0^* + \frac{1}{2}\psi^2 B_2. \quad (2)$$

Из уравнения (2) видно, что огранка практически не влияет на точность вращения оси подшипника и несколько увеличивает жесткость опоры. Несмотря на кажущуюся парадоксальность такого вывода, увеличение жесткости вследствие огранки объясняется довольно просто -

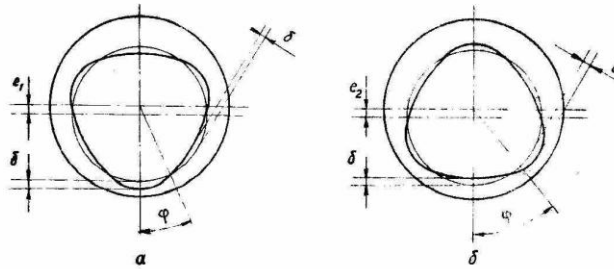


Рис. 3. Форма вала в виде треугольной огранки

тонкая огранка снижает окружные потоки газа, отрицательно влияющие на подъемную силу и жесткость опоры. Безразмерный расход газа через опору определяется выражением $\alpha^* = 2G_0^* / \lambda$. Пересчет безразмерных характеристик в размерные осуществляется по известным соотношениям [2, 4].

В таблице приведены безразмерные характеристики опоры P_n , λ , ψ , позволяющие находить ее жесткость, подъемную силу, погрешность вращения оси вала.

Параметр внешнего дросселя ψ представлен в таблице по максимуму жесткости для подшипника с двумя дросселирующими щелями, у которого расстояние между щелями вдвое меньше длины подшипника ($\alpha = 0,5$).

Видно, что большему значению α соответствует опора, у которой щели расположены ближе к ее краям. При этом растет жесткость опоры и ее подъемная сила, хотя это достигается ценой больших затрат сжатого газа.

P_H	λ	ψ	K_0^*	$\theta_1 \cdot 10^2$	$\theta^* \cdot 10$	$\theta_2 \cdot 10^2$	Q^*
2	0,5	1,292	0,421	7,411	3,524	5,217	10,47
	1,0	1,167	0,718	8,011	2,230	2,380	5,538
	1,5	1,032	0,875	6,289	1,437	1,096	3,937
	2,0	0,917	0,934	4,667	0,999	0,583	3,130
	3,0	0,754	0,916	2,683	0,586	0,221	2,281
	4,0	0,651	0,839	1,706	0,406	0,108	1,818
4	0,5	1,604	1,218	36,18	5,941	41,55	46,09
	1,0	1,433	2,062	37,70	3,657	17,71	24,66
	1,5	1,253	2,487	28,61	2,300	7,589	17,76
	2,0	1,102	2,632	20,59	1,564	3,758	14,27
	3,0	0,892	2,546	11,21	0,881	1,286	10,57
	4,0	0,763	2,312	6,824	0,590	0,588	8,509
6	0,5	1,730	1,974	66,60	6,749	85,98	102,6
	1,0	1,538	3,331	68,52	4,114	35,77	55,17
	1,5	1,336	4,006	51,38	2,565	14,90	39,95
	2,0	1,169	4,228	36,58	1,730	7,186	32,27
	3,0	0,941	4,074	19,55	0,960	2,375	24,05
	4,0	0,800	3,688	11,72	0,636	1,066	19,44
8	0,5	1,791	2,710	96,34	7,110	130,5	180,6
	1,0	1,587	4,568	98,54	4,314	53,64	97,42
	1,5	1,375	5,486	73,48	2,679	22,05	70,74
	2,0	1,200	5,783	52,06	1,800	10,50	57,27
	3,0	0,962	5,562	27,58	0,992	3,415	42,81
	4,0	0,817	5,029	16,42	0,653	1,522	34,68
10	0,5	1,824	3,436	125,4	7,301	174,0	280,5
	1,0	1,614	5,788	127,9	4,419	71,11	151,5
	1,5	1,396	6,946	95,09	2,738	29,00	110,2
	2,0	1,217	7,318	67,18	1,836	13,72	89,32
	3,0	0,973	7,032	35,42	1,007	4,424	66,89
	4,0	0,825	6,354	21,02	0,661	1,964	54,24

Следует отметить, что параметры получены в результате большого объема вычислительных работ, поскольку задачи оптимизации требуют немалых затрат машинного времени на отладку программы и ее реализацию.

Таким образом, погрешность вращения эллиптического вала пропорциональна среднему относительному эксцентриситету опоры ξ_0 и относительной погрешности вала ζ .

В случае треугольной формы вала параметр ζ^2 очень мал ввиду малости ζ . Это значит, что огранка практически не влияет на точность вращения вала, если отклонения от идеальной цилиндрической формы невелики по сравнению с номинальными зазорами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хедь В.И., Шейнберг С.А., Минаев А.И. Расчет и конструкция аэростатических подшипников измерительных приборов. В сб.: "Проблемы развития газовой смазки", М., "Наука", 1972.

2. Емельянов А.В., Киселев Г.В., Писарев Г.Н. Расчет и оптимальные параметры радиальных газостатических подшипников. "Машиноведение", 1975, № 4.

3. Ди, Шайрс. Современное состояние разработок подшипников с питающими щелями. "Проблемы трения и смазки", 1971, № 4.

4. Емельянов А.В., Емельянова Л.С., Федотов В.А. Оптимальные параметры цилиндрического газового подшипника с двумя щелями наддува. В сб.: "Газовые опоры турбомашин", Казань, 1975. (Казанский химико-технологический институт).

Инженеры Г.В. Киселев,
В.А. Федотов, Г.Н. Багдасарьян
Загорский филиал ВНИИПа,
Винницкий Политехнический институт