

чении параметров $n\sigma_0=5$; $\frac{b_0}{a_0} = 0$ и $0,1$. В данном случае имеется два максимума напряжений — в центре $\frac{y}{a_0} = 0$ и на расстоянии $\frac{y}{a_0} = 0,73$. Аналогично построены графики для распределения компонентов напряжений вдоль большой и малой осей, а также по контуру эллипса площадки контакта при скольжении, верчении и качении.

Эти результаты позволяют определять приведенные напряжения в различных точках площадки контакта и таким образом оценивать влияние смазки на долговечность шарикоподшипника.

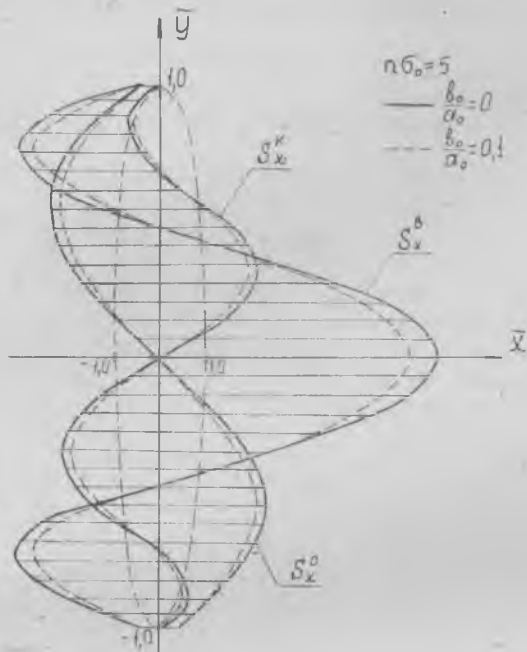


Рис. 1.

М. И. Курушин, А. И. Купцов

ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗБУЖДЕНИЯ СЕПАРАТОРА ШАРИКОПОДШИПНИКА

Наряду с расчетом сепаратора шарикоподшипника на усталостную прочность необходимо проводить проверку его на возможность резонансных режимов работы.

Как показали расчетно-экспериментальные исследования, основные собственные формы сепаратора соответствуют собственным изгибным формам тонкого кольца в своей плоскости с числом узловых диаметров два и более. Собственные частоты таких колебаний можно определить по формуле

$$f_{ce} = \frac{1}{2\pi} \frac{k(k^2-1)}{\sqrt{k^2+1}} \frac{1}{r^2} \sqrt{\frac{EI}{m}} 2\varphi. \quad (1)$$

Здесь $k=2, 3, 4, \dots$ — число узловых диаметров собственных изгибных форм; I — момент инерции поперечного сечения кольца; m — масса единицы длины дуги кольца, r — средний радиус, соответствующий центру тяжести поперечного сечения кольца.

В связи с тем, что сепаратор представляет собой кольцо перемен-

ного поперечного сечения, момент инерции и массу единицы длины нужно определять как средние по длине дуги (s) сепаратора:

$$\bar{I} = \bar{I}_{cp} = \frac{\int_0^s I(s) ds}{s}, \quad m = m_{cp} = \frac{G_c}{g \cdot 2\pi \cdot r}, \quad (2)$$

G_c — вес сепаратора.

Результаты расчета собственных частот для четырех форм изгибных колебаний сепаратора подшипника В176140 ($E=0,8 \cdot 10^4$ кг/мм²; $I_{cp}=2440$ мм⁴; $r=130$ мм; $G_c=0,612$ кг) представлены в таблице 1. Видно удовлетворительное совпадение результатов расчета и эксперимента (рис. 1).

Необходимо отметить, что кроме изгибных радиальных форм без узловых окружностей имеются собственные формы с таким же числом узловых диаметров, но с одной узловой окружностью, проходящей через середину длины перемычек. Причем таких форм несколько, в зависимости от расположения узловых диаметров по дуге окружности сепаратора. Их наличие является особенностью колец переменного поперечного сечения. Кроме перечисленных форм, имеются еще следующие собственные формы: чисто радиальная $f=4650$ гц, без узловых диаметров и окружностей; крутильная $f=5400$ гц без узловых диаметров с одной узловой окружностью; сдвиговая $f=4250$ гц без узловых диаметров с одной узловой окружностью (на рис. 1 эта форма условно отнесена к форме с одним узловым диаметром и одной узловой окружностью).

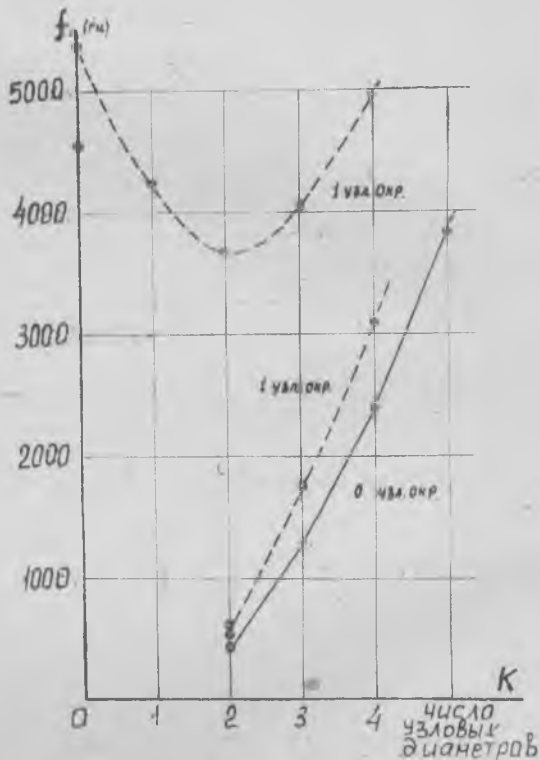


Рис. 1.

Таблица 1

	Число узловых окружн.	Число узловых диаметров—K			
		2	3	4	5
f_{cc} эксперимент.	1 0	3670 392+440	4050 1300	4960 2400	— 3830
f_{cc} по (1)	0	405	1140	2190	3540

Рассмотрены два случая детерминированного возбуждения сепаратора. Один — за счет вибраций системы при наличии собственного дисбаланса сепаратора. Второй — за счет усилий при перекосе колец

подшипника. Обороты вала, соответствующие резонансу, в первом случае будут

$$n_{B_1}^r = 120 f_{cc} \frac{D_0}{D_0 + d \cos \beta}; \quad D_0 = D_B + d,$$

d — диаметр шара;
 D_B — диаметр беговой дорожки внутреннего кольца;
 β — угол контакта.

Во втором

$$n_{B_2}^p = \frac{120 \cdot f_{cc}}{i \pm k} \frac{D_0}{D_0 - d \cos \beta},$$

i — число импульсов возбуждения сепаратора за один его оборот. При одновременности возбуждения сепаратора набегающими и отстающими шариками i совпадает с числом (z) шариков в подшипнике $i = z$.

Возбуждение сепаратора, аналогичное возбуждению при перекосе колец, возможно и в подшипниках планетарных редукторов при наличии переносного вращения их.

Показано, что во всех случаях с учетом и без учета резонансов, с полками колец сепаратора можно бороться правильным назначением зазора плавания его в подшипнике. При запасе усталостной прочности $n_s = 2$ допустимый радиальный зазор плавания

$$\Delta r \approx 3 \frac{(\sigma_{-1})_D r^2}{Eh},$$

$(\sigma_{-1})_D$ — предел усталости материала сепаратора; h — толщина колец сепаратора. Чем тоньше кольцо сепаратора, тем больше можно допустить зазор плавания.

Е. П. Жильников, Ю. В. Ильин

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ РАДИАЛЬНО-УПОРНЫХ ШАРИКОПОДШИПНИКОВ С ЧЕТЫРЕХТОЧЕЧНЫМ КОНТАКТОМ ПРИ ТРЕХТОЧЕЧНОМ КОНТАКТЕ ШАРА С ЖЕЛОБАМИ КОЛЕЦ

Вопрос о влиянии трехточечного контакта шара с желобами колец радиально-упорного подшипника является в настоящее время весьма мало изученным.

В случае, когда все шары при любом положении по окружности вращения имеют трехточечный контакт с желобами колец, траектория движения центров шаров лежит в плоскости, почти перпендикулярной (при отсутствии перекоса колец) оси вращения внутреннего кольца. При этом усилия, действующие со стороны шара на боковые перемычки сепаратора, невелики. Кроме того, мгновенная ось вращения шара, проходящая через точки контакта шара с желобом наружного кольца, почти параллельна оси вращения внутреннего кольца. Благодаря этому отсутствует гироскопический момент шара и не возникает гироскопическое скольжение шаров в разгруженной зоне.

Опасным же является случай наличия и двух- и трехточечного контакта шара в подшипнике при различных положениях его по окружности вращения. Это может наблюдаться при некоторых соотношениях осевой и радиальной нагрузок и скоростей движения, а также особенно часто при перекосах колец подшипника.