

РАСЧЁТ И ВЫБОР ШАРИКОПОДШИПНИКОВ ДЛЯ СВЕРХВЫСОКОВАКУУМНЫХ УСТРОЙСТВ С БЕСКОНТАКТНЫМ МАГНИТНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ

© 2011 г. Е.Н. ИВАШОВ, П.С. КУЗНЕЦОВ, С.В. СТЕПАНЧИКОВ

Московский государственный институт электроники и математики
(технический университет)

e-mail: ienmiem@mail.ru, kuziapavel@mail.ru

Анализ устройств с бесконтактным магнитным взаимодействием (УБМВ) вакуумного оборудования электронной техники показывает, что их надёжность в значительной степени определяется надёжностью шарикоподшипников, работающих в условиях прогреваемого вакуума в диапазоне остаточных давлений $10^1 \dots 10^{-8}$ Па и температуры до 500°C .

В связи с этим стандартная методика ISO ТК-4 [1] не может быть перенесена для проектного и поверочного расчётов шарикоподшипников вакуумного оборудования, в том числе для вакуумных устройств с бесконтактным магнитным взаимодействием, где необходимо учитывать влияние вакуума, смазки и температуры.

Динамическая грузоподъёмность (в Н) однорядных радиальных шарикоподшипников определяется

$$C_p = L^{1/3} \cdot P_r, \quad (1)$$

где L – номинальная долговечность шарикоподшипника, млн.об;
 P_r – эквивалентная нагрузка, Н.

Номинальная долговечность шарикоподшипника (в млн.об) рассчитывается

$$L = \frac{60n \cdot L_h}{10^6}, \quad (2)$$

где n – частота вращения шарикоподшипника, об/мин;
 L_h – номинальная долговечность шарикоподшипника, ч.

Эквивалентная нагрузка (в Н) для шарикоподшипника вычисляется

$$P_r = (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a) K_B \cdot K_T \cdot K_V \cdot K_C, \quad (3)$$

где X – коэффициент радиальной нагрузки;
 V – коэффициент вращения;
 F_r – радиальная нагрузка на шарикоподшипник, Н;
 Y – коэффициент осевой нагрузки;
 F_a – осевая нагрузка на шарикоподшипник, Н;
 K_B – коэффициент безопасности;
 K_T – температурный коэффициент;
 K_V – коэффициент вакуума;
 K_C – коэффициент смазки или покрытия.

Критерием выбора коэффициентов X и Y является безразмерный параметр e – коэффициент осевого нагружения, который определяется

$$e = \frac{F_a}{V \cdot F_r}. \quad (4)$$

При $e < 0,19$ имеем $X = 1,0$ и $Y = 0$.

Если $0,19 \leq e \leq 0,44$, то $X = 0,56$, а Y находится по справочным материалам [2].

При $e > 0,44$ имеем $X = 0,56$ и $Y = 1,0$.

Коэффициент вращения V определяется в зависимости от того, какое из колец шарикоподшипника вращается: внутреннее или наружное.

При вращении внутреннего кольца $V = 1,0$. Для наружного $V = 1,2$.

Значения радиальной F_r и осевой F_a нагрузок являются исходными данными к расчёту.

Коэффициент безопасности K_B определяется в зависимости от динамического режима работы шарикоподшипника и степени точности изготовления вакуумного УБМВ [2].

Температурный коэффициент K_T определяется в зависимости от температурного режима работы шарикоподшипника [3].

Коэффициент вакуума K_B учитывает влияние вакуума на работоспособность шарикоподшипника и определяется в зависимости от остаточного давления p в вакуумной камере по табл. 1.

Коэффициент смазки или покрытия K_C учитывает влияние смазки на работоспособность шарикоподшипника и определяется в зависимости от коэффициента трения f в контакте шарик-сепаратор по табл. 2.

Значения коэффициентов вакуума K_B и смазки или покрытия K_C получены по результатам компьютерной обработки данных экспериментальных исследований, выполненных на кафедре «Технологические системы электроники» МИЭМ.

Подставив численные значения выражений (2) и (3) в выражение (1), находим расчётную величину динамической грузоподъёмности C_p (в Н), по которой выбирается необходимый типоразмер шарикоподшипника из каталога, например, [4].

Причём $C \geq C_p$,

где C – табличное значение динамической грузоподъёмности шарикоподшипника, выбранного по каталогу, Н.

Поверочный расчёт заключается в определении номинальной долговечности шарикоподшипника по табличному значению его динамической грузоподъёмности.

Параметр e определяется по формуле (4):

$$e = \frac{F_a}{V \cdot F_r}.$$

Эквивалентная нагрузка P_r (в Н) рассчитывается по формуле (3):

$$P_r = (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a) K_B \cdot K_T \cdot K_B \cdot K_C.$$

Номинальная долговечность шарикоподшипника L_h , (в ч), определяется

$$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P_r} \right)^3.$$

Предложенная методика позволяет производить расчёт и выбор шарикоподшипников для вакуумных УБМВ с учётом влияния вакуума, смазки или покрытия и температуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международный стандарт ISO ТК-4 «Подшипники качения. Расчёт и выбор».
2. Расчёт выбор подшипников качения: Справочник / Н.А. Спицын, Б.А. Яхин, В.Н. Перегудов, И.М. Забулонов. – М.: Машиностроение, 1974. – 57 с.
3. Ивашов Е.Н., Некрасов М.И., Степанчиков С.В. Особенности расчётов шарикоподшипников вакуумного машиностроения / Вестник машиностроения. – М.: Машиностроение, 1991. – С.32-34.
4. Подшипники качения: Справочник-каталог / Под. ред. В.Н. Нарышкина и Р.В. Коросташевского. – М.: Машиностроение, 1984. – 280 с.