

По таблицам нормального распределения (см. табл. 1.1) в зависимости от полученного значения квантили U_p находим, что вероятность безотказной работы рассчитываемого подшипника равна $P_L=0,989$.

2. Надежность подшипников скольжения

Подшипники скольжения выходят из строя из-за недостаточной несущей способности масляного слоя (толщина слоя меньше предельной в данных условиях), из-за повышенных перекосов, недостатка смазки и др. Ниже рассматриваем надежность по критерию толщины масляного слоя.

Под несущей способностью подшипника понимают нагрузку, при которой минимальная толщина масляного слоя достигает своего предельного значения h_{lim} еще обеспечивающего работоспособность. Предельная толщина масляного слоя равна сумме высот микронеровностей плюс для несоосности устанавливаемых подшипников смещение сечений вала на торцах подшипника вследствие перекоса.

При малых скоростях скольжения предельная толщина масляного слоя меньше, чем при больших [II]. Так, по опыту станкостроения для шпиндельных подшипников без учета перекоса или с малым перекосом при $v=0,5$ м/с $h_{lim}=8$ мкм, при $v=0,2$ м/с $h_{lim}=6$ мкм, при совсем малой скорости $h_{lim}=3$ мкм.

Несущая способность F , Н, определяется диаметром d , мм, и длиной l , мм, подшипника, частотой вращения вала n , мин⁻¹, динамической вязкостью масла η , Па·с, диаметральной зазором Δ , мкм;

$$F = 0,107 \cdot C_R n l d^3 \eta \frac{1}{\Delta^2}$$

где C_R — коэффициент нагруженности, характеризующий нагрузку и гидродинамический режим работы подшипника. Приближенно считают

$$C_R = \frac{m}{1 - \chi} - m$$

где χ — относительный эксцентриситет; m — коэффициент, зависящий от отношения l/d (определяем по таблице). ____

Температурное изменение зазора, мкм, учитываем как следствие разности коэффициентов линейного расширения материалов вкладыша (или заливки) и корпуса.

Обозначим среднее значение несущей способности через F , ее среднее квадратическое отклонение через S_F , действующую на подшипник радиальную нагрузку через F_r . Тогда квантиль нормального распределения U_p , определяющая вероятность безотказной работы подшипника, будет связана с названными параметрами выражением

$$\bar{F} - F \tau + U_p \cdot S_F = 0$$

Значение F вычисляем по формуле (5.27),

$$F = 0,107 \cdot n \cdot \ell \cdot d^3 m \frac{\eta}{\Delta^2}$$

подставляя в нее средние значения диаметрального зазора Δ и вязкости масла η . Значение S_F может быть оценено квадратическим суммированием средних квадратических отклонений значения F , вызванных рассеянием Δ и η :

$$S_F \approx \frac{1}{6} \sqrt{[(F)_{\Delta}^1 \delta_{\Delta}]^2 + [(F^1)_{\eta}]^2}$$

где δ_{Δ} и δ_{η} – допуски на параметры Δ и η , $(F^1)_{\Delta}$ и $(F^1)_{\eta}$ – частные

производные функции F по Δ и η , вычисленные при средних значениях параметров. В формуле принято, что средние квадратические отклонения зазора и вязкости составляют шестую часть от полей Допусков на эти параметры.

Допуск на диаметральный зазор δ_{Δ} определяется допусками на диаметр вкладыша δ_b цапфы $\delta_{\text{ц}}$ и допусками на их цилиндричность. Обычно допускаемое отклонение от цилиндричности для подшипников скольжения (в диаметральной выражении) ограничивают значением (0,16...0,25) поля допуска на диаметр. Допуск на динамическую вязкость масла оценивают по справочным данным с учетом поправки на температуру.

Пример 1. Требуется оценить вероятность безотказной работы P подшипника, если $F\tau=20000\text{Н}$, $n=1000\text{ мин}^{-1}$, $d=80\text{ мм}$, $l=56\text{ мм}$, $2a=5\text{ мм}$, $\chi=20 \cdot 10^{-6}\text{ 1/град}$, $\chi_0=12 \cdot 10^{-6}\text{ 1/град}$, посадка цапфы во вкладыш Н7/е8, шероховатость поверхности цапфы $R_{Z1}=0,8\text{ мкм}$, вкладыша $R_{Z2}=3,2\text{ мкм}$, динамическая вязкость масла при 50°С характеризуется средним $\eta=0,04\text{ Па.с}$

и допуском $\delta_{\eta}=0,013\text{ Ма.с}$. Температура подшипника поддерживается равной 50°С .

Решение. Данной посадке соответствует среднее значение измеренного зазора 98 мкм . Расчетный зазор больше измеренного на величину $1,2 (R_Z + R_{Z2})$. Поэтому среднее значение расчетного зазора составляет $\Delta_0=103\text{ мкм}$ при 20°С и $\Delta=101\text{ мкм}$ при 50°С .

Скорость цапфы составляет $4,2\text{ м/с}$, поэтому принимаем $h_{\text{lim}}=8\text{ мкм}$. По формуле (5.26)

$$\chi = \frac{\bar{\Delta} - 2h_{\text{lim}}}{\bar{\Delta}} = \frac{101 - 2 \cdot 8}{101} = 0,845$$

для значения Δ получаем $\chi=0,845$. По этому значению и $e/d=56/80=0,7$ находим из [32] $C_R=3,12$, отсюда по формуле (5.24)

$$F=36080\text{ Н.}$$

Допуск для размера $\varnothing 80\text{H7}$ составляет $\delta_b=30\text{ мкм}$, а для размера $\varnothing 80$

$\delta_{\text{ц}} = 46$ мкм. Отсюда $\delta_{\Delta} = 57$ мкм. Допуск для вязкости $\delta_{\eta} = 0,013$ Па.с.
 Принимая от $m = 0,6$, по формулам (5.34) и (5.35)
 находим $(F^1)_{\Delta} = -309$; $(F^1)_{\eta} = 951000$
 Подставляя значения в (5.31),
 имеем $S_F = 3,617$ Н. Отсюда по формуле (5.30)
 $U_p = -4,64$, что соответствует $P > 0,999$.