

Для обеспечения наибольшей долговечности подшипника скольжения необходимо, чтобы в установившемся режиме подшипник работал в условиях жидкостной смазки, когда поверхности вала и втулки подшипника полностью разделены слоем смазочного материала. Наибольшее распространение получили гидродинамические подшипники, в которых смазочный материал увлекается вращающимся валом в постепенно сужающийся (клиновой) зазор между валом и втулкой подшипника. В результате возникает гидродинамическое давление, превышающее нагрузку на опору и стремящееся расклинить поверхности вала и втулки. При этом вал отделяется от поверхности втулки и смещается по направлению вращения.

Валы в подшипниках скольжения чаще всего устанавливают по посадкам:  $H7/f7$ ,  $H7/e7$ ,  $H7/e8$ ,  $H7/d8$  или  $H7/c8$ . При использовании расчетного метода выбора посадки для подшипника скольжения необходимо определить относительный зазор  $\psi$ , обеспечивающий наиболее надежную работу подшипника:

$$\psi = \frac{S}{d}.$$

### Общая характеристика сопряжения деталей

Опорами вала в заданном механизме являются гидродинамические подшипники скольжения, расположенные в корпусе 1 и выполненные в виде втулок 5 и 6.

Исходные данные:

- номинальный диаметр соединения  $d=100$  мм;
- длина подшипника  $l=1,2 d=1,2 \cdot 100=120$  мм;
- величина радиальной нагрузки  $R=75$  кН.

Подшипник неразъемный, выполнен в виде бронзовой втулки с шероховатостью рабочей поверхности  $R_{z2}=3,2$  мкм. Шероховатость поверхности вала  $R_{z1}=1,6$  мкм.

Для смазки используется индустриальное масло И-20. Динамическая вязкость масла  $\eta$  при температуре  $50^{\circ}\text{C}$  составляет  $0,017$  Па·с.

### Расчет посадки с зазором подшипника скольжения

1. Минимальный относительный зазор  $\psi_{\min}$  (в диапазоне  $l/d = 0,5 \dots 1,5$ )

$$\psi_{\min} = 3,5 \sqrt{\lambda} \sqrt{\frac{l}{d}} = 3,5 \sqrt{4,08 \cdot 10^{-8}} \sqrt{\frac{0,12}{0,1}} = 0,00077 \quad (1)$$

имеет место при относительной толщине масляного слоя  $\xi = 0,3$ ,

$$\xi = \frac{2h_{\min}}{S}, \text{ где } h_{\min} - \text{минимальная толщина масляного слоя;}$$

а максимальный относительный зазор  $\psi_{\max}$  имеет место при  $\xi = 0,1$

$$\psi_{\max} = 7 \sqrt{\lambda} \sqrt[3]{\frac{l}{d}} = 7 \sqrt{4,08 \cdot 10^{-8}} \sqrt[3]{\frac{0,12}{0,1}} = 0,00150 \quad (2)$$

где  $d, l$  – диаметр и длина подшипника, м;

$\lambda$  - характеристика режима работы

$$\lambda = \eta \frac{\omega_c}{k} = 0,017 \frac{15}{6250000} = 4,08 \cdot 10^{-8};$$

$k$  - среднее давление в подшипнике

$$k = \frac{R}{dl} = \frac{75000}{0,1 \cdot 0,12} = 6250000 \text{ Па} = 6,25 \text{ МПа};$$

$\eta$  - динамическая вязкость масла, Па·с;

$n_c$  - частота вращения вала, с<sup>-1</sup>;

$$n_c = \frac{n}{60} = \frac{900}{60} = 15 \text{ с}^{-1}$$

В условиях жидкостной смазки параметр  $\lambda$  определяет положение центра вала в подшипнике. С увеличением  $\lambda$  центр вала перемещается к центру подшипника.

## 2. По расчетным зазорам

$$S_{\delta \min} = \Psi_{\min} d = 0,00077 \cdot 100 = 0,077 \text{ мм} = 77 \text{ мкм} \quad (3)$$

и

$$S_{\delta \max} = \Psi_{\max} d = 0,00150 \cdot 100 = 0,150 \text{ мм} = 150 \text{ мкм} \quad (4)$$

подбираем посадку по таблицам стандарта из числа рекомендуемых и предпочтительных с параметрами  $S_{m \min}$  и  $S_{m \max}$ . Выбранная посадка должна удовлетворять следующим требованиям:

$$S_{\delta \min} \leq S_{\delta \min}; \quad (5)$$

$$S_{\delta \max} \geq S_{\delta \max}. \quad (6)$$

Принимаем посадку  $\phi 100 H7/e7$

3. Из таблиц предельных отклонений (ГОСТ 25347-82) выписываем отклонения отверстия  $ES = +35 \text{ мкм}$ ,  $EI = 0$  и вала  $es = -72 \text{ мкм}$ ,  $ei = -107 \text{ мкм}$ .

Максимальный табличный зазор:

$$S_{\delta \max} = ES - ei = 35 - (-107) = 142 \text{ мкм} < S_{\delta \max} = 150 \text{ мкм}$$

Минимальный табличный зазор:

$$S_{\delta \min} = EI - es = 0 - (-72) = 72 \text{ мкм} < S_{\delta \min} = 77 \text{ мкм},$$

но более подходящего варианта нет.

Средний табличный зазор:

$$S_{\delta} = \frac{ES + EI}{2} - \frac{es + ei}{2} = \frac{0 + 35}{2} - \frac{-72 + (-107)}{2} = 107 \text{ мкм}$$

4. Предполагая, что отклонения диаметров отверстий и валов подчиняются нормальному закону распределения (закону Гаусса), вероятностные зазоры определяем по формуле:

$$S b_{\max}^{\min} = S_{\delta} \mp \tilde{N} \sqrt{(T_D^2 + T_d^2)}$$

$$S b^{\min} = S_{\delta} - \tilde{N} \sqrt{(T_D^2 + T_d^2)} = 107 - ? \sqrt{35^2 + 35^2} = xxx \text{ мкм}$$

$$S b^{\max} = S_{\delta} + \tilde{N} \sqrt{(T_D^2 + T_d^2)} = 107 + ? \sqrt{35^2 + 35^2} = xxx \text{ мкм}$$

5. Минимальная толщина масляного слоя в точке наибольшего сближения вала и подшипника

$$h_{\min} = 0,05 \Psi_{\max} d = 0,05 \cdot 0,00150 \cdot 100 = 0,0075 \text{ мм} = 7,5 \text{ мкм}$$

6. Коэффициент запаса надежности по толщине масляного слоя

$$\chi = \frac{h_{\min}}{h_{\text{ед.}}} = \frac{7,5}{4,8} = 1,56 \approx [\chi] \approx 2,$$

где  $h_{\text{кр.}}$  - критическая толщина масляного слоя, при которой нарушается режим жидкостного трения:

$$h_{\text{ед.}} = R_{z1} + R_{z2} = 1,6 + 3,2 = 4,8 \text{ мкм},$$

где  $R_{z1}$ ,  $R_{z2}$  - шероховатость поверхности вала и подшипника.

Коэффициент запаса надежности  $\chi$  вводится для учета возможных отклонений расчетных условий от эксплуатационных (по точности изготовления, нагрузке, температурному режиму и т.д.).

**Вывод:** Для заданного соединения с указанными эксплуатационными условиями приняли посадку  $\phi 100 \text{ H7/e7}$ . Т.к. получен коэффициент запаса нежности  $\chi = 1,56$  рекомендуется уменьшить шероховатость подшипника до значения  $R_{z2} = 1,6 \text{ мкм}$ , тогда

$$h_{\text{ед.}} = R_{z1} + R_{z2} = 1,6 + 1,6 = 3,2 \text{ мкм}$$

$$\chi = \frac{h_{\min}}{h_{\text{ед.}}} = \frac{7,5}{3,2} = 2,34 > [\chi] \approx 2,$$

Тем самым компенсируем нарушение эксплуатационных условий соединения вследствие влияния, кроме прочих факторов указанных выше, так же небольшое несоответствие принятой посадки расчетным условиям:

$$S_{\phi \min} = 72 \text{ мкм} < S_{\phi \min} = 77 \text{ мкм}, \text{ что не соответствует условию (5).}$$

Схема расположения полей допусков назначенной посадки  $\phi 100 \text{ H7/e7}$  представлена на рисунке 1

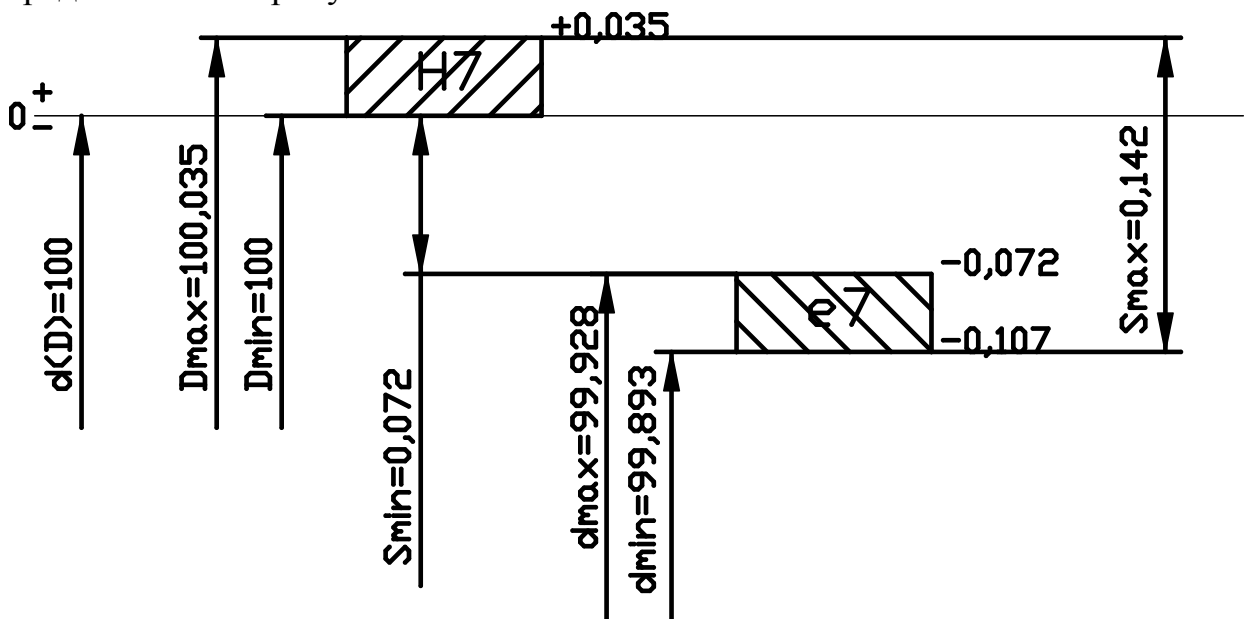


Рисунок 1 - Схема расположения полей допусков посадки  $\phi 100 \text{ H7/e7}$