

Дано: $d = 52 \text{ мм}$; $L = 52 \text{ мм}$; Марка масла - 30. $R = 3300 \text{ Н}$; $n = 1100 \text{ об/мин}$;
 $R_{ав} = 1.25 \text{ мкм}$; $R_{ас} = 3.2 \text{ мм}$; $t = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

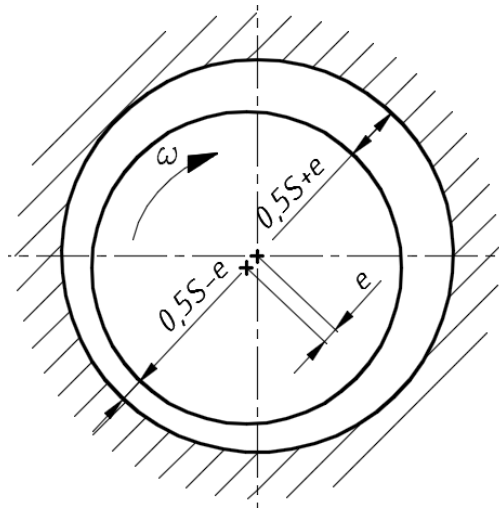


Рисунок 4 Расчетная схема

Оптимальный зазор, обеспечивающий максимальную толщину масляного слоя $S_{опт} \text{ мм}$ [18, с. 10]

$$S_{опт} = \psi_{опт} d,$$

где d - номинальный диаметр соединения, мм;

$\psi_{опт}$ - оптимальный относительный зазор [18, с. 10]

$$\psi_{опт} = 0,293 K_{fe} \sqrt{\frac{\mu \cdot n}{P}},$$

где $\mu = \mu_{табл} \cdot \left(\frac{50}{t}\right)^m$ - динамическая вязкость масла [18, с. 12], K_{fe} - коэффициент, учитывающий угол охвата. При $\frac{L}{d} = \frac{52}{52} = 1$ $K_{fe} = 1.0$ [18, табл. 3.4]

$\mu_{табл} = 30 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ - табличная динамическая вязкость масла при $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [18, табл. 3.3],

$m = 2.5$ [18, табл. 3.5],

$$\mu = \mu_{табл} \cdot \left(\frac{50}{t}\right)^m = 30 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{50}{70}\right)^{2.5} = 0.0129 \text{ Па}\cdot\text{с};$$

$P = \frac{R}{d \cdot l}$ - среднее давление на опору, Па

$$P = \frac{R}{d \cdot 10^{-3} \cdot L \cdot 10^{-3}} = \frac{3300}{52 \cdot 10^{-3} \cdot 52 \cdot 10^{-3}} = 1220414 \text{ Па};$$

$$\psi_{опт} = 0.293 \cdot K_{fe} \cdot \sqrt{\frac{\mu \cdot n}{P}} = 0.293 \cdot 1 \cdot \sqrt{\frac{0.0129 \cdot 1100}{1220414}} = 0.001$$

$$S_{опт} = \psi_{опт} \cdot d = 0.001 \cdot 52 = 0.052 \text{ мм}.$$

Максимально возможная для данного режима относительная толщина масляного слоя (безразмерная величина) [18, с. 12]

$$H_{max} = 0.252 \cdot \psi_{опт} = 0.252 \cdot 0.001 = 0.0003$$

Максимально возможная толщина масляного слоя между трущимися поверхностями [18, с. 12]

$$h_{\max} = H_{\max} \cdot d = 0.0003 \cdot 52 = 0.0156 \text{ мм};$$

$$\underline{h_{\max}} = h_{\max} \cdot 10^3 = 0.0156 \cdot 10^3 = 15.6 \text{ мкм.}$$

Средний зазор при нормальной температуре (20 °С) для выбора посадки из стандартных полей допусков [18, с. 12]

$$S_{cp} = S_{onm} - S_t$$

где $S_t = (\alpha_{ст} - \alpha_{вал})(t_n - 20^\circ)d$;

$\alpha_{ст} = 18 \cdot 10^{-6}$ $\alpha_{вал} = 12 \cdot 10^{-6}$ - коэффициенты линейного расширения материалов соответственно ступицы и вала, если принять ступицу бронзовой, а вал стальным [1, табл. 1.62];
 $t_n = t$ - температура масла.

$$S_t = [(\alpha_{ст} - \alpha_{вал})(70 - 20) \cdot d] = (18 \cdot 10^{-6} - 12 \cdot 10^{-6}) \cdot (70 - 20) \cdot 52 = 0.0156 \text{ мм};$$

$$S_{cp} = S_{onm} - S_t = 0.052 - 0.0156 = 0.0364 \text{ мм};$$

$$\underline{S_{cp}} = S_{cp} \cdot 10^3 = 0.0364 \cdot 10^3 = 36.4 \text{ мкм.}$$

Выбираем посадку, 1) у которой средний зазор (при средних значениях допусков вала и отверстия) наиболее близок к расчетному S_{cp} и 2) коэффициент относительной точности максимален.

$$\eta = \frac{S_{cp}}{T_S} > 1,$$

где T_S - допуск посадки.

$$\text{Для посадки } \varnothing 52 \frac{H7}{e8}; \text{ где } \varnothing 52e8 \left(\begin{matrix} -0,06 \\ -0,106 \end{matrix} \right); \varnothing 52H7 \left(\begin{matrix} +0,03 \end{matrix} \right)$$

Номинальный размер вала и отверстия $\underline{d} = 52 \text{ мм}; D = 52 \text{ мм};$

Предельные отклонения вала и отверстия

$$es = -0.06 \text{ мм}; ei = -0.106 \text{ мм}; ES = 0.03 \text{ мм}; EI = 0 \text{ мм};$$

Предельные размеры отверстия

$$D_{\max} = D + ES = 52 + 0.03 = 52.03 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = 52 + 0 = 52 \text{ мм};$$

Предельные размеры вала

$$d_{\max} = d + es = 52 + -0.06 = 51.94 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d + ei = 52 + -0.106 = 51.894 \text{ мм};$$

Допуск размера отверстия и вала

$$T_D = ES - EI = 0.03 - 0 = 0.03 \text{ мм};$$

$$T_d = es - ei = -0.06 - -0.106 = 0.046 \text{ мм};$$

Предельные зазоры посадки

$$S_{\max} = ES - ei = 0.03 - -0.106 = 0.136 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = EI - es = 0 - -0.06 = 0.06 \text{ мм};$$

Средний зазор посадки

$$S_{cp} = 0.5 \cdot (S_{max} + S_{min}) = 0.5 \cdot (0.136 + 0.06) = 0.098 \text{ мм};$$

Допуск посадки

$$T_S = T_D + T_d = 0.03 + 0.046 = 0.076 \text{ мм}.$$

$$\eta = \frac{S_{cp}}{T_S} = \frac{0.098}{0.076} = 1.289$$

Для посадки $\varnothing 52 \frac{H8}{f7}$; где $\varnothing 52 f7 \left(\begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{smallmatrix} \right)$; $\varnothing 52 H8 \left(\begin{smallmatrix} +0,046 \end{smallmatrix} \right)$

Номинальный размер вала и отверстия $d = 52 \text{ мм}$; $D = 52 \text{ мм}$;

Предельные отклонения вала и отверстия

$$es = -0.03 \text{ мм}; ei = -0.06 \text{ мм}; ES = 0.046 \text{ мм}; EI = 0 \text{ мм};$$

Допуск размера отверстия и вала

$$T_D = ES - EI = 0.046 - 0 = 0.046 \text{ мм}; T_d = es - ei = -0.03 - -0.06 = 0.03 \text{ мм};$$

Предельные зазоры посадки

$$S_{max} = ES - ei = 0.046 - -0.06 = 0.106 \text{ мм};$$

$$S_{min} = EI - es = 0 - -0.03 = 0.03 \text{ мм};$$

Средний зазор посадки

$$S_{cp} = 0.5 \cdot (S_{max} + S_{min}) = 0.5 \cdot (0.106 + 0.03) = 0.068 \text{ мм};$$

Допуск посадки

$$T_S = T_D + T_d = 0.046 + 0.03 = 0.076 \text{ мм}.$$

$$\eta = \frac{S_{cp}}{T_S} = \frac{0.068}{0.076} = 0.895$$

Для посадки $\varnothing 52 \frac{F7}{h5}$; где $\varnothing 52 h5 \left(\begin{smallmatrix} -0,013 \end{smallmatrix} \right)$; $\varnothing 52 F7 \left(\begin{smallmatrix} +0,06 \\ +0,03 \end{smallmatrix} \right)$

Номинальный размер вала и отверстия $d = 52 \text{ мм}$; $D = 52 \text{ мм}$;

Предельные отклонения вала и отверстия

$$es = 0 \text{ мм}; ei = -0.013 \text{ мм}; ES = 0.06 \text{ мм}; EI = 0.03 \text{ мм};$$

Допуск размера отверстия и вала

$$T_D = ES - EI = 0.06 - 0.03 = 0.03 \text{ мм}; T_d = es - ei = 0 - -0.013 = 0.013 \text{ мм};$$

Предельные зазоры посадки

$$S_{max} = ES - ei = 0.06 - -0.013 = 0.073 \text{ мм};$$

$$S_{min} = EI - es = 0.03 - 0 = 0.03 \text{ мм};$$

Средний зазор посадки

$$S_{cp} = 0.5 \cdot (S_{max} + S_{min}) = 0.5 \cdot (0.073 + 0.03) = 0.0515 \text{ мм};$$

Допуск посадки

$$T_S = T_D + T_d = 0.03 + 0.013 = 0.043 \text{ мм}.$$

$$\eta = \frac{S_{cp}}{T_S} = \frac{0.0515}{0.043} = 1.198$$

Для посадки $\varnothing 52 \frac{H7}{f7}$; где $\varnothing 52 f7 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{pmatrix}$; $\varnothing 52 H7 \begin{pmatrix} +0,03 \\ 0 \end{pmatrix}$

Номинальный размер вала и отверстия $\underset{\sim}{d} = 52 \text{ мм}$; $\underset{\sim}{D} = 52 \text{ мм}$;

Предельные отклонения вала и отверстия

$$\underset{\sim}{es} = -0.03 \text{ мм}; \underset{\sim}{ei} = -0.06 \text{ мм}; \underset{\sim}{ES} = 0.03 \text{ мм}; \underset{\sim}{EI} = 0 \text{ мм};$$

Допуск размера отверстия и вала

$$\underset{\sim}{T_D} = ES - EI = 0.03 - 0 = 0.03 \text{ мм}; \underset{\sim}{T_d} = es - ei = -0.03 - -0.06 = 0.03 \text{ мм};$$

Предельные зазоры посадки

$$\underset{\sim}{S_{\max}} = ES - ei = 0.03 - -0.06 = 0.09 \text{ мм}; \underset{\sim}{S_{\min}} = EI - es = 0 - -0.03 = 0.03 \text{ мм};$$

Средний зазор посадки

$$\underset{\sim}{S_{cp}} = 0.5 \cdot (S_{\max} + S_{\min}) = 0.5 \cdot (0.09 + 0.03) = 0.06 \text{ мм};$$

Допуск посадки

$$\underset{\sim}{T_S} = T_D + T_d = 0.03 + 0.03 = 0.06 \text{ мм}.$$

$$\underset{\sim}{\eta} = \frac{S_{cp}}{T_S} = \frac{0.06}{0.06} = 1$$

Обозначение	Smin	Smax	Scp	TS	η
F7/h5	30	73	51,5	43	1,2
H7/f7	30	90	60	60	1
H7/e8	60	136	98	76	1,3
H8/f7	30	106	68	76	0,9

Из рекомендуемых посадок с зазором [1, табл. 1.47] подходит посадка $\varnothing 52 \frac{H7}{f7}$,

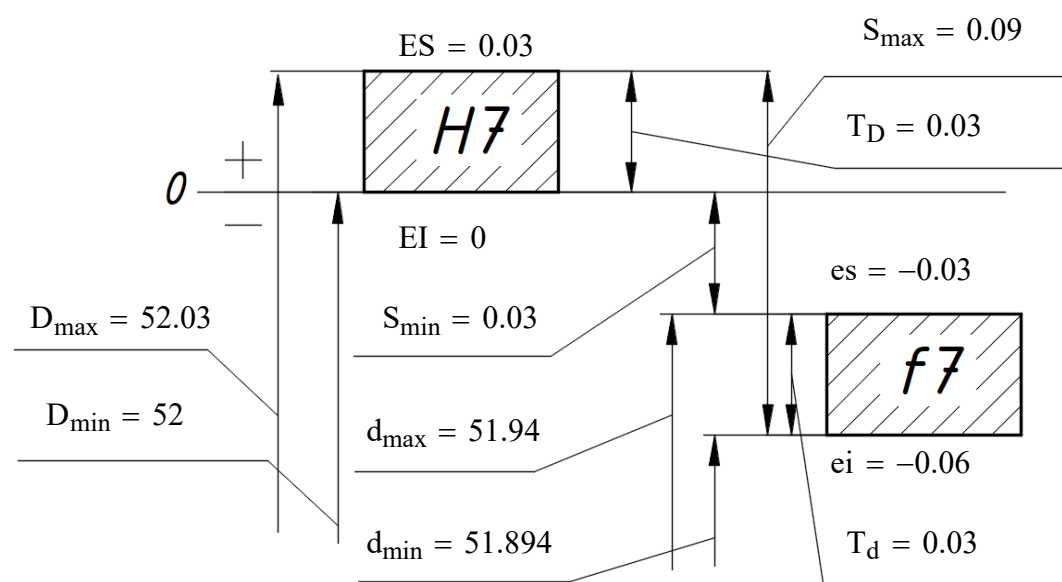


Рисунок 5 Схема расположения полей допусков

Предельные значения зазора с учетом шероховатости сопрягаемых поверхностей и их температурных деформаций [18, с. 13]

$$S_{\text{дmin}} = S_{\text{min}} \cdot 10^3 + S_t \cdot 10^3 + 8(R_{\text{ав}} + R_{\text{ас}}) = 0.03 \cdot 10^3 + 0.0156 \cdot 10^3 + 8 \cdot (1.25 + 3.2) = 81.2 \text{ мм};$$

$$S_{\text{дmax}} = S_{\text{max}} \cdot 10^3 + S_t \cdot 10^3 + 8(R_{\text{ав}} + R_{\text{ас}}) = 0.09 \cdot 10^3 + 0.0156 \cdot 10^3 + 8 \cdot (1.25 + 3.2) = 141.2 \text{ мм}.$$

Толщина масляного слоя (мкм) при $S_{\text{дmin}}$ и $S_{\text{дmax}}$ [18, с. 13]

$$h_{\text{дmin}} = \frac{S_{\text{дmin}}}{2} (1 - \varepsilon_1); \quad h_{\text{дmax}} = \frac{S_{\text{дmax}}}{2} (1 - \varepsilon_2),$$

где $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ - значения относительного эксцентриситета, которые выбираются в зависимости от

коэффициента нагруженности C_R подшипника [18, с. 13]

$$C_{R1} = 9,4 \frac{P \psi^2 \text{дmin}}{\mu \cdot n}; \quad C_{R2} = 9,4 \frac{P \psi^2 \text{дmax}}{\mu \cdot n},$$

$$\psi_{\text{дmin}} = \frac{S_{\text{дmin}} \cdot 10^{-3}}{d} = \frac{81.2 \cdot 10^{-3}}{52} = 0.0016 \text{ мм};$$

$$\psi_{\text{дmax}} = \frac{S_{\text{дmax}} \cdot 10^{-3}}{d} = \frac{141.2 \cdot 10^{-3}}{52} = 0.0027 \text{ мм};$$

$$C_{R1} = 9.4 \cdot \frac{P \cdot \psi_{\text{дmin}}^2}{\mu \cdot n} = 9.4 \cdot \frac{1220414 \cdot 0.0016^2}{0.0129 \cdot 1100} = 1.9658$$

$$C_{R2} = 9.4 \cdot \frac{P \cdot \psi_{\text{дmax}}^2}{\mu \cdot n} = 9.4 \cdot \frac{1220414 \cdot 0.0027^2}{0.0129 \cdot 1100} = 5.9443$$

При $\frac{L}{d} = \frac{52}{52} = 1$ получим $\varepsilon_1 = 0.7$ $\varepsilon_2 = 0.87$ [1, табл. 1.97].

$$h_{\text{дmin}} = \frac{S_{\text{дmin}}}{2} \cdot (1 - \varepsilon_1) = \frac{81.2}{2} \cdot (1 - 0.7) = 12.18 \text{ мкм};$$

$$h_{\text{дmax}} = \frac{S_{\text{дmax}}}{2} \cdot (1 - \varepsilon_2) = \frac{141.2}{2} \cdot (1 - 0.87) = 9.178 \text{ мкм}.$$

Проверка наличия жидкостного трения.

Коэффициент запаса надежности по толщине масляного слоя [18, с. 14]

$$K_{\text{жт}} = \frac{h_{\text{дmin}}}{4(R_{\text{ав}} + R_{\text{ас}}) + \Delta_{\text{д}}} = \frac{12.18}{4 \cdot (1.25 + 3.2) + 2} = 0.62$$

где $\Delta_{\text{д}}$ - значения относительного эксцентриситета, которые выбираются в зависимости от

$\Delta_{\text{д}} = (2 - 3) \text{ мкм}.$

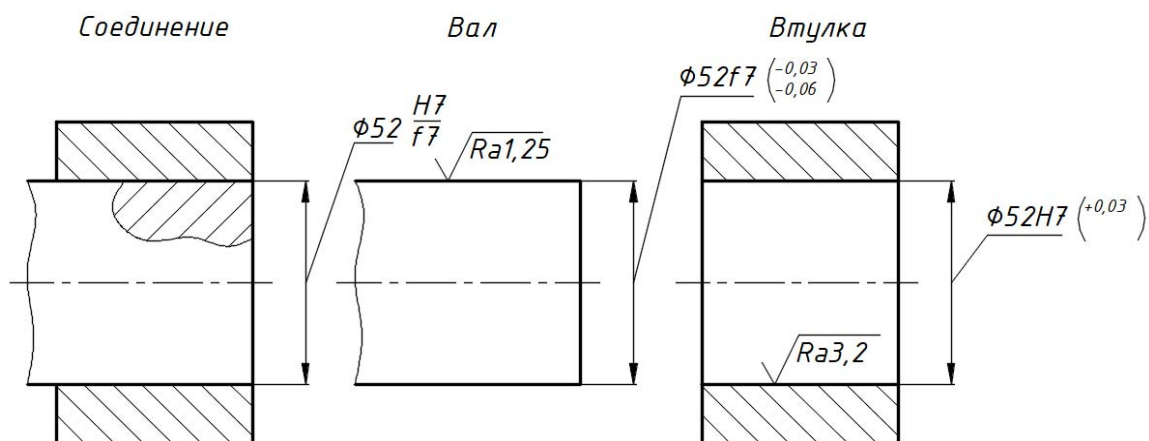


Рисунок 6 Эскизы соединения, вала и корпуса (втулки)