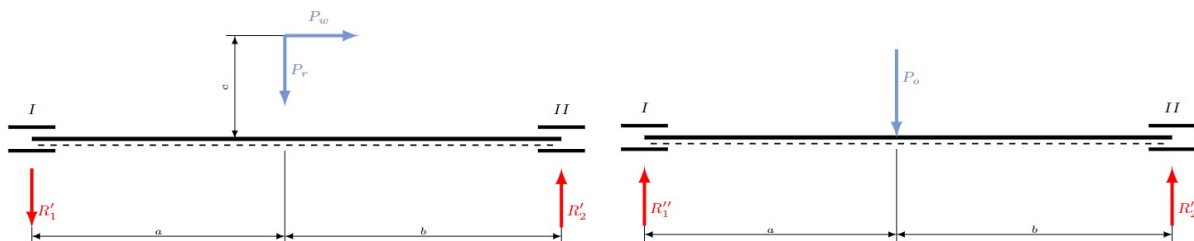


Sprawdzić czy można dobrać łożyska kulkowe na wał obciążony siłami: obwodową $P_o := 13080 \text{ N}$, promieniową $P_r := 10600 \text{ N}$ i wzdłużną $P_w := 4180 \text{ N}$, obracający się z prędkością $n := 800 \text{ rpm}$. Średnica czopa wynosi $d := 65 \text{ mm}$, a wymagana trwałość godzinowa $L_h := 40000 \text{ hr}$. Wymiary geometryczne: $a := 112 \text{ mm}$, $b := 116 \text{ mm}$, $c := 157.3 \text{ mm}$.



Rys. 1 Schematy obliczeniowe belki (lewo - płaszczyzna XY; prawo - płaszczyzna XZ)

Korzystając ze Rys. 1 zapisano równania równowagi w płaszczyźnie XY:

$$P_r + R_{y1} - R_{y2} = 0$$

$$c \cdot P_w - (a + b) \cdot R_{y1} - b \cdot P_r = 0$$

Równania można przekształcić do postaci macierzowej:

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -(a+b) & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R_{y1} \\ R_{y2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -P_r \\ -c \cdot P_w + b \cdot P_r \end{bmatrix}$$

stąd (po doprowadzeniu macierzy do tych samych jednostek):

$$\begin{bmatrix} R_{y1} \\ R_{y2} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ \frac{-(a+b)}{\text{mm}} & 0 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} -P_r \\ \frac{-c \cdot P_w + b \cdot P_r}{\text{mm}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2509.149 \\ 8090.851 \end{bmatrix} \text{ N}$$

Wyznaczone reakcje w podporach wynoszą $R_{y1} = -2509.149 \text{ N}$ i $R_{y2} = 8090.851 \text{ N}$.

Analogiczne obliczenia zostały wykonane w płaszczyźnie XZ. Korzystając ze schematu (Rys. 1) zapisano równania równowagi.

$$\begin{aligned} P_o - R_{z1} - R_{z2} &= 0 \\ (a+b) \cdot R_{z1} - b \cdot P_o &= 0 \end{aligned}$$

Równania można przekształcić do postaci macierzowej:

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 \\ (a+b) & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R_{z1} \\ R_{z2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -P_o \\ b \cdot P_o \end{bmatrix}$$

stąd (po doprowadzeniu macierzy do tych samych jednostek):

$$\begin{bmatrix} R_{z1} \\ R_{z2} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ \frac{(a+b)}{\text{mm}} & 0 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} -P_o \\ \frac{b \cdot P_o}{\text{mm}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6654.737 \\ 6425.263 \end{bmatrix} \text{ N}$$

Wyznaczone reakcje w podporach wynoszą $R_{z1} = 6654.737 \text{ N}$ i $R_{z2} = 6425.263 \text{ N}$.

Reakcje wypadkowe wynoszą:

$$R_1 := \sqrt{R_{y1}^2 + R_{z1}^2} = 7112.057 \text{ N} \quad R_2 := \sqrt{R_{y2}^2 + R_{z2}^2} = 10331.79 \text{ N}$$

Założono użycie dwóch jednakowych łożysk, siłę wzdłużną przeniesie łożysko mniej obciążone. Założono wykorzystanie łożysk kulkowych zwykłych ($V := 1$, $q := 3$).

Łożysko 2 jest swobodne zatem $F_{r2} := R_2$ i $F_{a2} := 0 \text{ N}$, a łożysko 1 jest ustalające - $F_{r1} := R_1$ i $F_{a1} := P_w$.

Obciążenie zastępcze łożyska 2 wynosi:

$$P_2 := V \cdot F_{r2} = 10331.79 \text{ N}$$

Wymagana nośność dynamiczna:

$$C_2 := \sqrt[q]{\frac{n \cdot L_h}{2 \cdot \pi \cdot 10^6}} \cdot P_2 = 128413.089 \text{ N}$$

Dla średnicy d największa nośność łożyska wynosi $C_{max} := 119000 \text{ N}$, co powoduje że nie jest możliwe spełnienie warunku $C_{max} > C_2$. Należy zastosować inny typ

łożysk np. stożkowe ($q_2 := \frac{10}{3}$).

Zadane warunki powinny spełniać łożyska zabudowane w układzie

rozbieżnym „yO”. Ponieważ $\frac{F_{r1}}{Y_A} < \frac{F_{r1}}{Y_B}$ oraz $F_a > 0$, to siły wzdłużne obciążające

łożyska wynoszą odpowiednio:

$$F_{a1} = \frac{F_{r2}}{2 \cdot Y} + F_a \quad F_{a2} = \frac{F_{r2}}{2 \cdot Y}$$

Przyjęto, że łożyska będą z grupy wymiarowej 3DB lub 3DC (ISO 355), co pozwoliło na określenie wstępne współczynników ($X := 0.4$, $Y := 1.5$, $e := 0.4$).

$$F_{a1} := \frac{F_{r2}}{2 \cdot Y} + F_{a1} = 7623.93 \text{ N} \quad F_{a2} := \frac{F_{r2}}{2 \cdot Y} = 3443.93 \text{ N}$$

Obciążenie zastępcze dla łożyska 1 wynika z faktu, że $\frac{F_{a1}}{V \cdot F_{r1}} = 1.072$ jest większe od e .

$$P_1 := X \cdot V \cdot F_{r1} + Y \cdot F_{a1} = 14280.717 \text{ N}$$

Obciążenie zastępcze dla łożyska 2 wynika z faktu, że $\frac{F_{a2}}{V \cdot F_{r2}} = 0.333$ jest mniejsze od e .

$$P_2 := V \cdot F_{r2} = 10331.79 \text{ N}$$

Wymagane nośności łożysk wynoszą:

$$C_1 := \left(\frac{L_h \cdot n}{2 \cdot \pi \cdot 10^6} \right)^{\frac{1}{q_2}} \cdot P_1 = 137955.937 \text{ N} \quad C_2 := \left(\frac{L_h \cdot n}{2 \cdot \pi \cdot 10^6} \right)^{\frac{1}{q_2}} \cdot P_2 = 99808.13 \text{ N}$$

Powyższe warunki spełnia łożysko 33113 dla którego $C := 142 \text{ kN}$ oraz współczynniki wynoszą $X := 0.4$, $Y := 1.5$, $e := 0.4$.