

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA

im. St. Staszica w Krakowie

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Katedra Projektowania i Eksploatacji Maszyn

PODZESPÓŁ UKŁADU NAPĘDOWEGO

Założenia projektowe:

- układ odpowiedzialny,
- eksploatacja na terenie hali przemysłowej,

Dane wejściowe:

| | |
|-------------------|---------------------|
| moc napędu | $N = \dots kW$ |
| prędkość obrotowa | $n = \dots obr/min$ |
| siła | $P_1 = \dots kN$ |
| siła | $P_2 = \dots kN$ |
| przełożenie | $i = \dots$ |
| odległość | $a = \dots m$ |

Nazwisko i imię wykonawcy/wykonawców projektu:

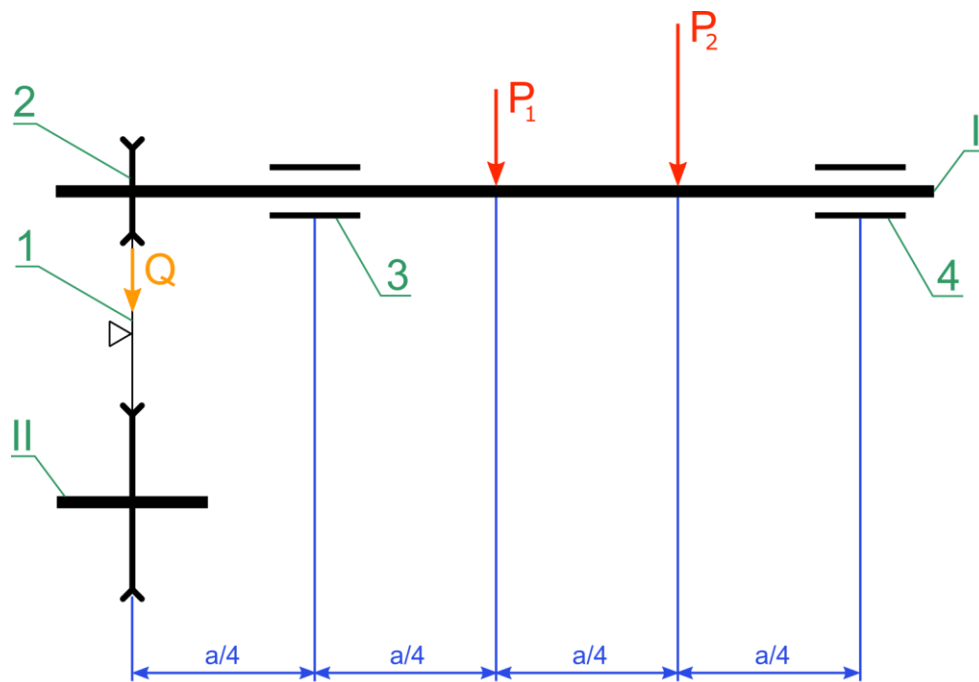
Wydział

Rok studiów

Semestr

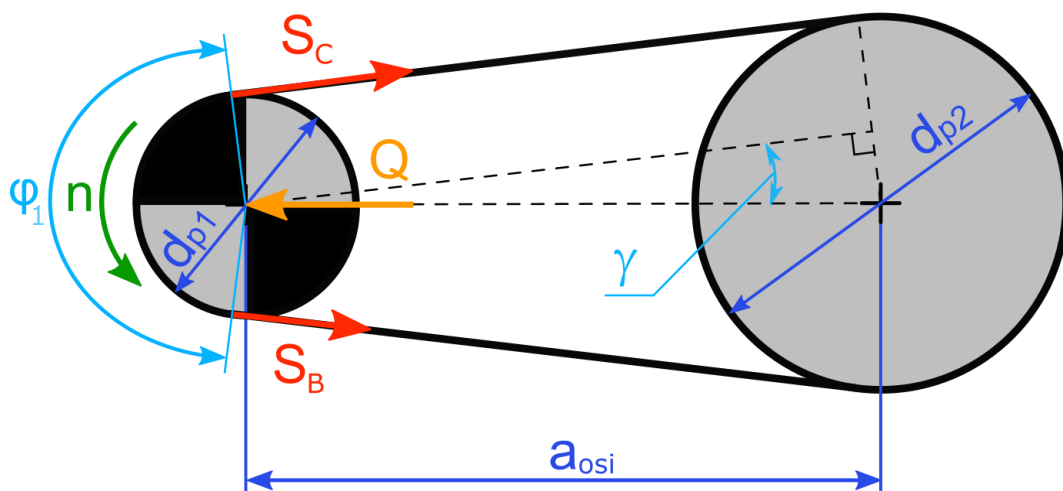
UWAGA – komentarze zapisane kolorem **pomarańczowym** należy usunąć, zaś fragmenty zapisane kolorem **niebieskim** – należy wybrać właściwą opcję.

Schemat podzespołu układu napędowego



- I, II - wały
- 1 - przekładnia pasowa z pasami klinowymi
- 2 - koło pasowe osadzone na wale za pomocą połączenia wpustowego
- 3 - łożysko poprzeczne swobodne (podpora A)
- 4 - łożysko poprzeczne ustalające (podpora B)

Schemat przekładni pasowej



OBLICZENIA

| Dane | Obliczenia | Wyniki |
|--|--|---|
| | 1. Obliczenia przekładni pasowej | |
| $n_s = \dots \text{ obr/min}$ $i = \dots$ | <p>1.1. <u>Oznaczenie dobranego pasa:</u> Typ Z lub A lub B etc... o profilu normalnym/wąskim Należy przyjąć typ z normy. W zależności od obciążenia może pojawić się w toku dalszych obliczeń konieczność zmiany typu paska i powtórzenie obliczeń.</p> <p>1.2. <u>Przyjęta średnica podziałowa (skuteczna) koła 1:</u> $d_{p1} = \dots \text{ mm}$ Należy przyjąć wartość z typoszeregu.</p> <p>1.3. <u>Prędkość obwodowa koła pasowego:</u> $v = \frac{\pi \cdot d_{p1} \cdot n_s}{60 \cdot 1000}$ $v = \dots \text{ m/s}$</p> <p>1.4. <u>Średnica podziałowa koła 2:</u> $d_{p2} = i \cdot d_{p1}$ $d_{p2} = \dots \text{ mm}$</p> <p>1.5. <u>Obliczenie średnicy równoważnej koła 1:</u> współczynnik $K_1 = \dots$ Przyjąć z tabeli na podstawie wartości przełożenia. $d_e = K_1 \cdot d_{p1}$ $d_e = \dots \text{ mm}$</p> <p>1.5. <u>Odległość osi:</u> $a_{min} = \frac{d_{p1} + d_{p2}}{2} + 50 = \dots \text{ mm}$ $a_{max} = d_{p1} + d_{p2} = \dots \text{ mm}$ $\dots \leq a_{osi} \leq \dots$ $a_{osi} = \dots \text{ mm}$</p> | <p>pas typ ???</p> $d_{p1} = \dots \text{ mm}$ $d_{p2} = \dots \text{ mm}$ $a_{osi} = \dots \text{ mm}$ $L_p = \dots \text{ mm}$ $z = \dots$ $Q = \dots \text{ N}$ |

1.6. Obliczenie długości pasa:

1.6.1. Kąt gamma:

$$\gamma = a_{osi} \cdot \sin\left(\frac{d_{p2} - d_{p1}}{2a}\right) = \dots^\circ$$

1.6.2. Kąt opasania koła 1:

$$\varphi_1 = 180^\circ - 2 \cdot \gamma = \dots^\circ$$

1.6.3. Długość pasa:

$$L_p = 2a \cos \gamma + \pi \frac{d_{p1} + d_{p2}}{2} + \pi \frac{\gamma}{180^\circ} (d_{p2} - d_{p1})$$

$$L_p = \dots \text{ mm} \xrightarrow{\text{znorm.}} \dots \text{ mm}$$

Dobrać najbliższą długość znormalizowaną.

1.7. Obliczenie wymaganej liczby pasów z:

współczynnik trwałości $k_T = \dots$

współczynnik długości $k_L = \dots$

współczynnik opasania $k_\alpha = \dots$

moc przenoszona przez jeden pas $N_1 = \dots \text{ kW}$

Powyższe wielkości należy odczytać z tabel w materiałach pomocniczych.

$$z = \frac{N}{N_1} \cdot \frac{k_T}{k_L k_\alpha} = \dots \approx \dots$$

Liczbę pasów należy zaokrąglić w górę do najbliższej liczby całkowitej.

1.8. Obliczenie siły w cięgnach:

1.8.1. Siła użyteczna:

$$S_u = \frac{N}{v} = \dots N$$

1.8.2. Siła czynna:

$$\frac{S_c}{S_b} = \frac{S_c}{S_c - S_u} = e^{\mu\varphi} \rightarrow S_c = -S_u \frac{e^{\mu\varphi}}{1 - e^{\mu\varphi}} = \dots N$$

1.8.3. Siła bierna:

$$S_b = S_c - S_u = \dots N$$

1.8.4. Siła wypadkowa Q obciążająca wał:

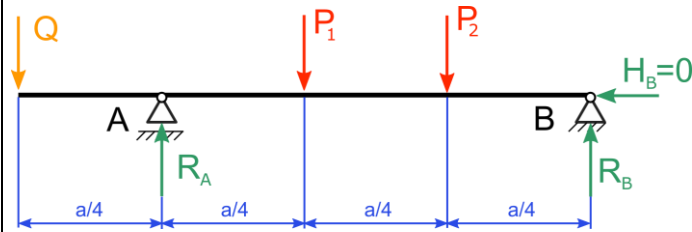
$$Q = \sqrt{S_c^2 + S_b^2 + 2S_c S_b \cos 2\gamma}$$

$$Q = \dots N$$

2. Kształtowanie wału

2.1. Wyznaczenie reakcji w łożyskach (podporach):

$Q = \dots N$
 $P_1 = \dots N$
 $P_2 = \dots N$
 $a = \dots mm$



$R_A = \dots N$

$R_B = \dots N$

$d_1 = \dots mm$

$d_2 = \dots mm$

$d_3 = \dots mm$

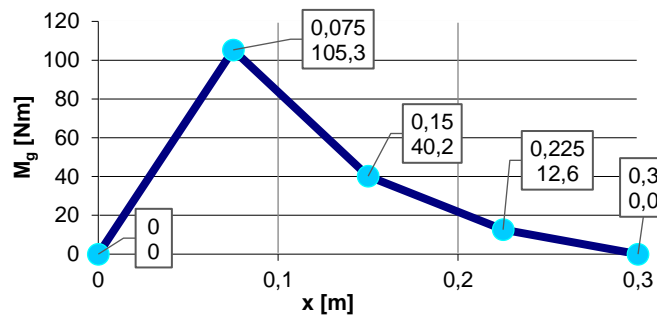
$d_4 = \dots mm$

$$\sum M_i = 0 \rightarrow R_A = \dots N$$

$$\sum F_{iy} = 0 \rightarrow R_B = \dots N$$

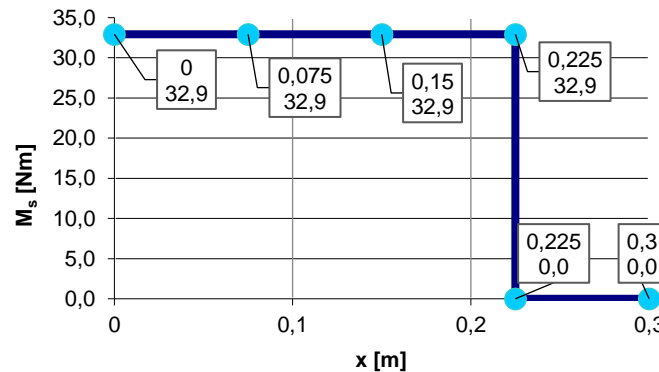
Powyżej przedstawiony został model obliczeniowy wału – traktujemy go jak belkę podpartą w punktach A i B. W rzeczywistości funkcję podpór pełnią łożyska. Należy tu podać wyliczone wartości reakcji.

2.2. Przebieg momentu gnącego wzdłuż wału:



Na wykresie należy zaznaczyć etykiety danych w punktach charakterystycznych zawierające wartość współrzędnej x oraz momentu.

2.3. Przebieg momentu skręcającego wzdłuż wału:



Na wykresie należy zaznaczyć etykiety danych w punktach charakterystycznych zawierające wartość współrzędnej x oraz momentu.

2.4. Przebieg momentu zastępczego wzdłuż wału:

$$M_s = \dots Nm \quad \langle ? \rangle \quad 2M_{g,max} = \dots Nm$$

Dominuje

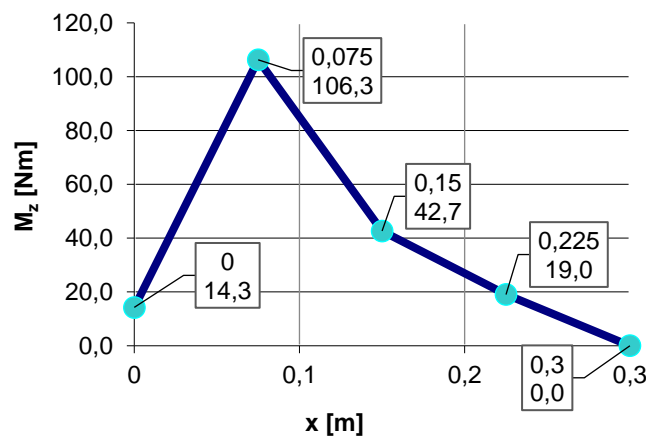
Należy podstawić wartości, wybrać właściwy znak nierówności i skomentować, że dominuje zginanie (albo skręcanie).

$$M_z = M_{zg} = \sqrt{M_g^2 + \frac{3}{16} M_s^2}$$

lub

$$M_z = M_{zs} = \sqrt{\frac{16}{3} M_g^2 + M_s^2}$$

UWAGA – należy wybrać i zapisać właściwy wzór



Na wykresie należy zaznaczyć etykiety danych w punktach charakterystycznych zawierające wartość współrzędnej x oraz momentu.

2.5. Obliczenie minimalnej średnicy wału w punktach charakterystycznych:

materiał wału: stal 10 oznaczenia wg tabeli

$$k_{go} = \dots MPa \quad \text{lub} \quad k_{sj} = \dots MPa$$

Jeżeli dominuje zginanie, to stosujemy naprężenia dopuszczalne k_{go} , jeżeli skręcanie to k_{sj} . Następnie średnice wylicza się, odpowiednio, ze wzoru $\sigma_g(M_{zg}) \leq k_{go}$ lub $\tau_s(M_{zs}) \leq k_{sj}$

Punkt 1 – czop pod kołem pasowym: $d_1 = \dots mm$

Punkt 2 – czop pod łożyskiem A: $d_2 = \dots mm$

Punkt 3 – czop w miejscu siły P_1 : $d_3 = \dots mm$

Punkt 4 – czop w miejscu siły P_2 : $d_4 = \dots mm$

| | | |
|--|--|--|
| | <p>Uwaga – zaleca się, aby iloraz sąsiednich średnic (większej do mniejszej) spełniał warunek $D/d < 1,2$. Jeżeli warunek nie jest spełniony należy zwiększyć mniejszą ze średnic.</p> <p>Wynika to z faktu występowania koncentracji naprężeń w miejscu zmiany średnicy wału, która jest tym większa im większa jest różnica między sąsiednimi stopniami wału.</p> | |
| | <p>3. Połączenie koła pasowego i wału</p> | |
| <p>$d_1 = \dots mm$ $M_S = \dots Nm$</p> | <p>3.1. <u>Wyznaczenie średnicy czopa:</u> korekta ze wzgl. na wpust: $d_1 \xrightarrow{+15\%} \dots mm$ Wykonanie rowka pod wpust osłabia przekrój wału, dlatego zwiększa się w tym miejscu średnicę o 10% do 15%. UWAGA – może okazać się w tym miejscu, że warunek $D/d < 1,2$ nie będzie spełniony i trzeba dokonać korekty średnic.</p> <p>3.2. <u>Naciski dopuszczalne na powierzchni rowka:</u> wymiary wpustu: $b = \dots mm, h = \dots mm$ Wymiary wpustu są znormalizowane i odczytuje się je dla danej średnicy wału.</p> $k_{cj} = \dots MPa \text{ dla materiału wału}$ $k_{obc} = \dots$ $k_d = k_{cj} \cdot k_{obc} = \dots MPa$ <p>UWAGA w projekcie zakładamy, że zawsze słabszym materiałem będzie materiał wału i połączenie wpustowe liczymy z warunku na uplastycznienie rowka w wale.</p> <p>3.3. <u>Obliczenie długości wpustu:</u></p> $l_o \geq \frac{4M_S}{h \cdot d_1 \cdot k_d} = \dots mm$ $l = l_o + b = \dots mm \xrightarrow{znorm.} \dots mm$ | <p>$b \cdot h = \dots$ $l = \dots mm$</p> <p>$d_1 = \dots mm$ $d_2 = \dots mm$ $d_3 = \dots mm$ $d_4 = \dots mm$</p> |
| | <p>4. Dobór łożysk</p> | |
| | <p>4.1. <u>Współczynnik nadwyżek dynamicznych:</u> $f_d = \dots$ Jak sama nazwa wskazuje, inna wartość powinna zostać dobrana dla np. łożyska w kruszarce i przenośniku taśmowym.</p> <p>4.2. <u>Współczynnik trwałości:</u> $L_H = \dots \text{ godz.}$</p> | <p><i>numer katalog.</i> $C_r = \dots kN$ $d = \dots mm$ $D = \dots mm$ $B = \dots mm$</p> |

$q = 3$ dla łożysk kulkowych

$$f_h = \sqrt[q]{\frac{L_H}{500}} = \dots$$

Zależy od rodzaju elementu tocznego (kulka, wałek, baryłka, stożek) oraz oczekiwanego czasu pracy.

4.3. Współczynnik prędkości obrotowej:

$$f_n = \sqrt[q]{\frac{33 \frac{1}{3}}{n_s}} = \dots$$

4.4. Współczynnik temperatury:

$$f_T = \dots$$

4.5. Obliczenie minimalnej nośności ruchowej:

$$C = F_Z \cdot \frac{f_d f_h}{f_T f_n}$$
$$F_Z = X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a$$
$$V = 1, F_a = 0$$

$$C_A = \dots kN$$

$$C_B = \dots kN$$

4.6. Dobrano łożysko:

Numer katalogowy:

$$C_r = \dots kN$$

$$d = \dots mm$$

$$D = \dots mm$$

$$B = \dots mm$$

Pomimo, że wymagana nośność w obu węzłach A i B jest różna, należy dobrać dwa identyczne łożyska ze względów praktycznych.