

OBLICZANIE PODSTAWOWYCH PARAMETRÓW SPRZĘGŁA

Moment siły przenoszony przez sprzęgło:

$$1) \quad M = \frac{N}{\omega}, \quad [\text{Nm}] = \left[\frac{\text{W}}{\frac{\text{rad}}{\text{s}}} \right]$$

$$2) \quad M = 9550 \frac{N}{n}, \quad [\text{Nm}] = \left[\frac{\text{kW}}{\frac{\text{obr}}{\text{min}}} \right]$$

Moment obliczeniowy:

$$1) \quad M_o = K \cdot M$$

$$2) \quad M_o = T \cdot r_m = P_w \mu r_m$$

gdzie:

- T — siła tarcia,
- P_w — siła nacisku,
- μ — współczynnik tarcia,
- r_m — średni promień działania siły tarcia

$$r_m = \frac{D_z + D_w}{4} \quad \text{— (geometryczny)}$$

$$r_m = \frac{1}{3} \frac{(D_z^3 - D_w^3)}{(D_z^2 - D_w^2)} \quad \text{— (z równomiernie rozłożonych nacisków)}$$

Współczynnik przeciążenia sprzęgła:

$$K = \frac{\beta}{k_v k_m}$$

gdzie:

- β — współczynnik zależny od rodzaju maszyny (Tab. 1),
- k_v — współczynnik prędkości poślizgu,
- k_m — współczynnik zależny od liczby włączeń w czasie jednej godziny.

Dla liczby włączeń na godzinę $m_w < m_{gr}$ współczynnik k_m przyjmujemy równy 1, dla $m_w > m_{gr}$

$$k_m = 1 - 0,002(m_w - m_{gr})$$

Graniczną liczbę włączeń m_{gr} przyjmuje się w zakresie od 50 do 100 (mniejsza liczba odpowiada szybkobieżnym układom z dużymi momentami bezwładności).

Tabela 1. Wartości współczynników β dla sprzęgieł ciernych

Rodzaj maszyny	β
Obrabiarki	1,3÷1,5
Samochody	1,2÷1,5 (2)
Ciągniki rolnicze	2,0÷3,5
Ciągniki transportowe	1,5÷2,0
Wielocylindrowe pompy tłokowe, wentylatory, prasy	1,3
Pompy tłokowe jednocylindrowe, sprężarki, duże wentylatory	1,7
Dźwignice:	
sprzęgła włączane bez obciążenia	1,25÷1,35
sprzęgła włączane pod obciążeniem	1,35÷1,50

Tabela 2. Wartości współczynnika prędkości poślizgu k_v

v_{sr} m/s	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	13	15
k_v	1,35	1,19	1,08	1,00	0,94	0,86	0,80	0,75	0,68	0,63	0,59	0,55

Jednostkowy nacisk na powierzchnię styku:

a) dla jednej powierzchni tarcia:

$$p = \frac{4 P_w}{\pi (D_z^2 - D_w^2)} \leq p_{dop}$$

podstawiając:

$$P_w = \frac{M_o}{\mu r_m}$$

otrzymujemy:

$$p = \frac{4 M_o}{\mu r_m \pi (D_z^2 - D_w^2)} \leq p_{dop}$$

b) dla sprzęgieł wielopłytkowych:

$$p = \frac{4 M_o}{\mu r_m \pi (D_z^2 - D_w^2) (i-1) k_i} \leq p_{dop}$$

gdzie:

i — liczba płytek sprzęgła,

$(i-1)$ — liczba powierzchni ciernych,

k_i — współczynnik zmniejszenia momentu sprzęgła spowodowany tarciami płytek w ich prowadzeniu, dla sprzęgieł pracujących na sucho $k_i = 1$.

Tabela 3. Wartości współczynnika określającego zmniejszenie momentu sprzęgła z powodu tarcia płytek w ich prowadzeniu dla sprzęgieł pracujących w oleju

<i>i</i>	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>k_i</i>	1	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,76

Tabela 4. Charakterystyki materiałów ciernych

L.p.	Materiały pary ciernej	Współczynnik tarcia μ		Dopuszczalna temperatura t_{dop} [°C]		Nacisk dopuszczalny p_{dop} [MPa]	Zużycie właściwe q_v [cm ³ /kWh]
		na sucho	z olejem	trwale	krótko		
1	żeliwo, staliwo lub stal—	0,25	0,1÷0,15	100	150	0,05÷0,7	na sucho 0,17÷0,27 z olejem 0,07
	— żywica fenolowa,	0,4÷0,65	0,1÷0,2	100	150	0,05÷1,2	
	— tkanina bawełniana nasycona sztuczną żywicą;	0,4÷0,65	0,1÷0,2	250	300	0,05÷8	
	— tekstolit, wełna metalowa sprasowana z syntetyczną gumą;	0,2÷0,35	0,1÷0,15	250	500	0,05÷8	
	— azbest ze sztuczną żywicą, prasowany; — węgiel grafityzowany i stal;	0,25	0,05÷0,1	300	550	0,05÷2	
2	drewno	0,2÷0,35	0,1÷0,15	100	160	0,05÷0,5	
	skóra	0,3÷0,6	0,12÷0,15	100		0,05÷0,8	
	korek	0,3÷0,5	0,15÷0,25	100		0,05÷0,1	
3	stal hartowana i stal hartowana lub spiek metalowy:						0,025 0,025
	— zwilżone olejem	—	0,12÷0,17	100		0,8÷1,4	
	— z przepływem oleju	—	0,08÷0,12	100		1,0÷1,8	
4	żeliwo i stal	0,15÷0,2	0,03÷0,06	200	300	0,8÷1,4	
	żeliwo i żeliwo	0,15÷0,25	0,02÷0,1	200	300	1,0÷1,8	

BILANS CIEPLNY

Średnia moc ciepła doprowadzonego w ciągu godziny:

$$Q_d = L_t m_w, \quad [\text{kW}] = [\text{kWh}] \left[\frac{1}{\text{h}} \right]$$

gdzie:

- L_t — praca tarcia podczas jednego włączenia,
 m_w — liczba włączeń na godzinę.

Średnia moc ciepła odprowadzonego w ciągu godziny:

$$Q_o = F \alpha \Delta t, \quad [\text{kW}] = [\text{m}^2] \left[\frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \text{K}} \right] [\text{K}]$$

gdzie:

- F — zewnętrzna powierzchnia sprzęgła (powierzchnia odprowadzania ciepła),
 α — współczynnik przejmowania ciepła:

$$\alpha = 10^{-3} \cdot [5,2 + 7 v^{3/4}], \quad \left[\frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \text{K}} \right]$$

- v — względna prędkość powierzchni chłodzonej i otaczającego ją powietrza [m/s],
 Δt — średnia różnica temperatur powierzchni sprzęgła i otoczenia.

Jeżeli przyjmiemy, że $Q_d = Q_o$ to średnia różnica temperatur wyniesie:

$$\Delta t = \frac{L_t m_w}{F \alpha}$$

Praca tarcia:

(określana przy założeniu stałego przyspieszenia podczas rozruchu):

$$L_t = 0,5 M_o \omega_p t_h$$

gdzie:

- M_o — moment obliczeniowy,
 ω_p — prędkość kątowa poślizgu $\omega_p = 0,92\omega$,
 t_h — czas włączenia sprzęgła.

ZUŻYCIE ELEMENTÓW CIERNYCH

Trwałość powierzchni ciernych:

(określana przy założeniu, że zużycie objętościowe jest proporcjonalne do pracy tarcia)

$$L = \frac{V}{q_v L_t m_w}, \quad [\text{h}] = \frac{[\text{cm}^3]}{\left[\frac{\text{cm}^3}{\text{kWh}} \right] [\text{kWh}] \left[\frac{1}{\text{h}} \right]}$$

gdzie:

- V — zużycie objętościowe,
 q_v — zużycie właściwe (parametr materiału okładziny),
 L_t — praca tarcia,
 m_w — liczba włączeń na godzinę.

Zużycie objętościowe:

$$V = A s$$

gdzie:

- A — powierzchnia okładzin,
 s — zużycie liniowe (przyjmuje się zwykle $0,8 \div 0,9$ grubości okładziny).