

MATERIAŁY POMOCNICZE
do WSTĘPNEGO WYZNACZANIA MODUŁU ZĘBÓW PRZEKŁADNI
według METODY LEWIS'A

1. Przypadek :

Dane: $a, M_1 (M_2), n_1, n_2$, zęby proste.

Znajdujemy prędkość obwodową kół na średnicach toczyń:

$$a = \frac{d_{t_1} + d_{t_2}}{2} \quad \text{ale} \quad d_{t_2} = d_{t_1} \cdot \frac{n_1}{n_2}$$

$$a = \frac{d_{t_1} + d_{t_1} \cdot \frac{n_1}{n_2}}{2} \quad \text{stąd} \quad d_{t_1} = \frac{2a}{1 + \frac{n_1}{n_2}}$$

$$V = \omega_1 \cdot \frac{d_{t_1}}{2} = \frac{2\pi \cdot n_1}{60} \cdot \frac{a}{1 + \frac{n_1}{n_2}}$$

Wartość obliczonej prędkości obwodowej wskaże niezbędną dokładność wykonania kół zębatych i zalecaną wartość parametru V_o w celu uwzględnienia nadwyżek sił dynamicznych w obliczanej przekładni. Wartość nadwyżki sił dynamicznych określa współczynnik prędkości:

$$K_V = 1 + \frac{V}{V_o}$$

gdzie: $V_o = 3$ m/s dla zwykłych kół obrabianych ($V \leq 6$ m/s),

$V_o = 6$ m/s dla dokładnych kół obrabianych ($V \leq 12$ m/s),

$V_o = 10$ m/s dla bardzo dokładnych kół obrabianych ($V \leq 20$ m/s).

Z warunku:

$$d_{t_1} = \frac{2a}{1 + \frac{n_1}{n_2}} = m \cdot z_1$$

należy dobrać wartość dla m i z_1 , pamiętając, że z_1 powinno być większe od 17, a wartość modułu koła musi należeć do ciągu liczb określających moduł znormalizowany.

Następnym krokiem jest dobór tworzywa na koła zębate i określenie wartości naprężeń dopuszczalnych k_{gj} (tab. 1).

Obliczanie zębów na zginanie przeprowadza się według wzorów:

$$\sigma_c \leq k_{gj} \cdot \frac{1}{K_V} \quad \text{dla materiałów elasto-plastycznych,}$$

$$\sigma_r \leq k_{gj} \cdot \frac{1}{K_V} \quad \text{dla materiałów kruchych}$$

przy pominięciu innych współczynników przeciążenia – czyli przy założeniu spokojnej, jednostajnej pracy przekładni.

Dla znanych liczb zębów z_1 i z_2 oraz kąta przyporu $\alpha = 20^\circ$ wyznaczamy współczynniki q_c i q_r (tab. 1), oraz w oparciu o wzór:

$$m = \sqrt{\frac{2M \cdot q_{c,r} \cdot K_V}{z \cdot b \cdot k_{gj}}}$$

obliczmy szerokość wieńca zębatego:

$$b = \frac{2M \cdot q_{c,r} \cdot K_V}{z \cdot m^2 \cdot k_{gj}}$$

Warunkiem poprawnego wyznaczenia wartości b i m jest spełnienie poniższej zależności (w przypadku przekładni jednostopniowych należy przyjmować górne wartości b/m):

$$5 < \frac{b}{m} < 20$$

w przeciwnym przypadku obliczenia należy powtórzyć poczynając od doboru innej pary z_1 i m .

UWAGA: Przy przełożeniu przekładni różnej od 1 należy przeprowadzić obliczenia dla obydwu kół, przyjmując jako wynik końcowy większą wartość szerokości wieńca koła (różne są bowiem liczby zębów z_1 i z_2 ; zróżnicowane mogą być również materiały kół).

Oczywiście we wzorze na szerokość wieńca zębatego podstawia się $M = M_1$ lub M_2 , za $z = z_1$ lub z_2 , oraz $q_{c,r} = q_{c,r1}$ lub $q_{c,r2}$, wartość k_{gj} zależnie od tworzywa obliczanego koła.

2. Przypadek:

Dane: $a, M_1 (M_2), n_1, n_2$, zęby skośne.

Wyznaczamy średnice toczne, prędkość obwodową na zębach koła oraz współczynnik przeciążenia jak poprzednio oraz z warunku

$$d_{t_1} = d_{p_1} = \frac{m_n \cdot z_1}{\cos(\beta)} \quad \text{dobieramy } m_n \text{ i } z_1 \text{ oraz wyznaczamy stosowny kąt } \beta \text{ z zależności:}$$

$$\beta = \arccos \frac{m_n \cdot z_1}{d_{t_1}}$$

Dalej postępuje się jak w przypadku liczenia kół o zębach prostych, pamiętając tylko o konieczności uwzględnienia w obliczeniach kąta β , mianowicie:

$$m = m_n = \sqrt{\frac{2M \cdot \cos(\beta) \cdot q_{c,r} \cdot K_V}{z \cdot b \cdot k_{gj}}}$$

stąd:

$$b = \frac{2M \cdot \cos(\beta) \cdot q_{c,r} \cdot K_V}{z \cdot m_n^2 \cdot k_{gj}}$$

przy czym współczynnik $q_{c,r}$ teraz jest zależny od zastępczej liczby zębów koła:

$$z_{zast} = \frac{z}{\cos^3(\beta)}$$

3. Przypadek:

Dane: $M_1 (M_2)$, n_1 , n_2 , zęby proste.

W tym przypadku należy z góry założyć stosunek:

$$\lambda = \frac{b}{m}$$

Stosunek ten wynika z przewidywanej dokładności wykonania kół, sposobu łożyskowania, sztywności wałów i rodzaju materiałów kół.

Liczbę zębów zębownika przyjmuje się na ogół niewiele większą od granicznej liczby zębów (17) w celu zmniejszenia gabarytów przekładni.

Na wstępie obliczeń przyjmuje się $K_V = 1$ i moduł zęba wyznacza się ze wzoru:

$$m = \sqrt[3]{\frac{2M \cdot q_{c,r} \cdot K_V}{\lambda \cdot z \cdot k_{gj}}}$$

zaokrąglając otrzymaną wartość do większej najbliższej wielkości modułu znormalizowanego.

Następnie określa się prędkość obwodową kół, współczynnik K_V . Jeżeli obliczona wartość współczynnika K_V różni się od założonej więcej niż 20%, należy powtórzyć algorytm obliczania modułu zęba (metoda kolejnych przybliżeń).

4. Przypadek:

Dane: Jak w przypadku 3, zęby skośne.

W tym przypadku postępuje się jak w przyp. 3 przy dodatkowym wstępnym złożeniu kąta β . Wartość modułu – dla zastępczej liczby zębów z – wyznacza się ze wzoru:

$$m = m_n = \sqrt[3]{\frac{2M \cdot \cos(\beta) \cdot q_{c,r} \cdot K_V}{\lambda \cdot z \cdot k_{gj}}}$$

z	q _c (mat elasto-plastyczne)		q _r (mat kruche)	
	α ₀ = 20°	α ₀ = 15°	α ₀ = 20°	α ₀ = 15°
10	4,64	-	3,78	-
11	4,38	-	3,57	-
12	4,16	4,94	3,39	4,17
13	3,98	4,72	3,24	4,00
14	3,84	4,54	3,11	3,85
15	3,69	4,39	3,01	3,73
16	3,59	4,28	2,92	3,45
17	3,49	4,17	2,79	3,56
18	3,42	4,09	2,73	3,48
19	3,34	4,00	2,00	3,42
20	3,29	3,93	2,69	3,36
21	3,22	3,87	2,65	3,32
23	3,14	3,76	2,57	3,23
25	3,06	3,68	2,52	3,16
27	3,00	3,61	2,47	3,11
30	2,92	3,51	2,41	3,04
34	2,84	3,41	2,36	2,96
38	2,78	3,33	2,31	2,90
43	2,72	3,26	2,27	2,84
50	2,66	3,17	2,22	2,78
60	2,60	3,10	2,18	2,71
75	2,54	3,01	2,13	2,65
100	2,49	2,92	2,09	2,59
150	2,43	2,83	2,05	2,52
300	2,39	2,73	2,00	2,46
∞	2,35	2,64	1,96	2,39
- 200*	2,3	2,4		
- 100	2,2	2,2		
- 70	2,1	2,1		
- 50	2,0	2,0		
- 38	1,9	1,85		
- 30	1,8	1,75		
- 24	1,7	1,65		

* ujemne wartości z odpowiadają kołom z zazębieniem wewnętrznym

Tab. 1. Wartości współczynników q_c i q_r dla kół normalnych o liczbie zębów z ≥ z_g

Materiał	Znak	Stan	Z _{go}	k _{gj}
			[MPa]	[MPa]
Stale węglowe	15	surowy	150	90 ÷ 120
	25	surowy	170	105 ÷ 135
	35	surowy	220	125 ÷ 160
	45	ulepszony	270	150 ÷ 190
	55	ulepszony	310	170 ÷ 220
Stale stopowe do nawęglania	15H	ulepszony	300	160 ÷ 200
	16HG	ulepszony	360	240 ÷ 300
	15HN	ulepszony	400	220 ÷ 260
	18HGM	ulepszony	440	220 ÷ 270
Staliwo	L400	surowy	120	80 ÷ 120
	L450	surowy	160	100 ÷ 140
Żeliwo szare	ZI200	surowy	60	40 ÷ 60
	ZI400	surowy	80	80 ÷ 100
Brąz lany	B7	wyżarzony	110	40 ÷ 60
Brąz kutły	BA 1032	ulepszony	230	120 ÷ 150

Tab. 2. Wytrzymałość zmęczeniowa Z_{go}, dopuszczalne naprężenia k_{gj} dla materiałów na koła w przekładniach zębatych (uwaga: na małe koło należy dobierać materiał o wyższej wartości wytrzymałości zmęczeniowej)