

**Politechnika
Warszawska**

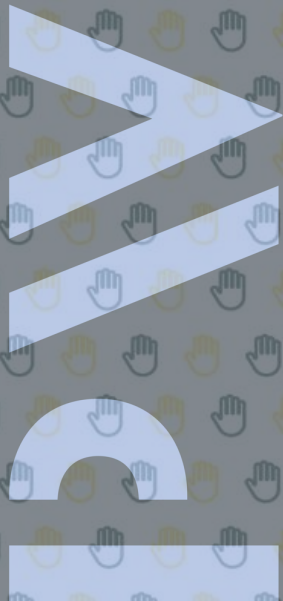
Zakład Podstaw Konstrukcji

Projektowanie

mgr inż. Grzegorz Kamiński

grzegorz.kaminski@pw.edu.pl

18 kwietnia 2023
Wersja 1.22



Dobór pasowań

Osadzany element	Rodzaj obciążenia	Zalecane pasowanie
koło zębate	zwykłe	H7/p6 dla $d < 120$; H7/r6 dla $d > 120$.
koło zębate	obciążenie dynamiczne	H7/r6 dla $d < 80$; H7/s6 dla $d > 80$.
koło zębate	dla częstego demontażu	H7/k6; H7/n6;
półsprzęgła	zwykłe	H7/k6; H7/n6;
półsprzęgła	obciążenie dynamiczne	H7, p6; H7/r6; H7/s6
tuleje dystansowe		H7/h6; H8/h7
osadzenie uszczelk		h11

Dobór pasowań opraw łożyskowych

Warunki pracy mające wpływ na dobór pasowania			Rodzaj opraw	Symbol pasowania	Uwagi
Obracający się wał lub oprawa	Obciążenia oprawy	Rodzaj pracy			
Obciążenie miejscowe pierścienia wewnętrznego oprawa się obraca	Obciążenie miejscowe pierścienia wewnętrznego nie zmienia kierunku	Ciężka lub przy cienkościenniej oprawie	Niedzielone	P7	Pierścień zewnętrzny nieprzesuwny w oprawie
		Ciężka i normalna		N7	
		Normalna		M7	
Obciążenie oscylujące pierścienia zewnętrznego wał się obraca	Obciążenie oscylujące pierścienia zewnętrznego zmienia kierunek lub nie zmienia kierunku	Ciężka	Niedzielone	N6, M6, M7	Pierścień zewnętrzny w zasadzie nieprzesuwny w oprawie
		Normalna		K7	
		Normalna i lekka		K6, J6, J7	Pierścień zewnętrzny w zasadzie przesuwany w oprawie
Obciążenie oscylujące pierścienia zewnętrznego	Obciążenie oscylujące pierścienia zewnętrznego	Ciężka i normalna	Niedzielone	J7, H7	Pierścień zewnętrzny w zasadzie przesuwny w oprawie
		Normalna	Dzielona lub niedzielona	H7	Pierścień zewnętrzny łatwo przesuwny w oprawie
		Lekka		H8	
Łożyska baryłkowe wzdłużne obciążone siłami wzdłużnymi i poprzecznymi					
Wał się obraca	Zmienia kierunek	Ciężka	Niepodzielna	M7	Pierścień zewnętrzny nieprzesuwny w oprawie
		Normalna		K7	
Wał się obraca	Nie zmienia kierunku	Ciężka i normalna		J7	Pierścień zewnętrzny w zasadzie przesuwny w oprawie

Dobór pasowań czopów wałka pod łożysko

Warunki pracy mające wpływ na dobór pasowania			Średnica wału			Symbol pasowania	Uwagi
Obracający lub nieobracający się wał	Obciążenie czopa	Rodzaj pracy	Łożyska kulkowe	Łożyska walcowe i stożkowe	Łożyska baryłkowe		
Obciążenie miejscowe pierścienia wewnętrznego wał się nie obraca	Obciążenie miejscowe pierścienia wewnętrznego nie zmienia kierunku	Lekka i normalna				g6	Łatwy przesuw na czopie
		Normalna i ciężka				h6	Przesuw na czopie niekonieczny
Obciążenie wirujące lub oscylujące pierścienia zewnętrznego, gdy wał się obraca	zmiana kierunku lub nie zmienia się kierunek	Lekka i normalna	≤ 18			h5	Dla maszyn do- kładnych stosować j5, k5, m5
			18 ÷ 100	≤ 40	≤ 40	j6	
			100 ÷ 200	40 ÷ 140	40 ÷ 140	k6	
				140 ÷ 200	140 ÷ 200	m6	
		Normalna lub ciężka	≤ 18			j5	Dla łożysk stożkowych zwykle stosuje się klasę 6
			18 ÷ 100	≤ 40	≤ 40	k5, k6	
			100 ÷ 140	40 ÷ 100	40 ÷ 65	m5	
			140 ÷ 200	100 ÷ 140	65 ÷ 100	m6	
			200 ÷ 280	140 ÷ 200	100 ÷ 140	n6	
				200 ÷ 400	140 ÷ 280	p6	
					> 280	r6 i r7	
		Ciężka z uderzeniami		50 ÷ 120	50 ÷ 120	n6	Potrzeba stosowania luzów powiększonych
				120 ÷ 200	120 ÷ 180	p6	
					> 180	r7	
		Ciężka	łożyska osadzone na tulejach stożkowych			h9	
		Normalna	łożyska osadzone na tulejach stożkowych			h10	
Tylko wzdłużne obciążenie		wszystkie łożyska wzdłużne			j6		





Chropowatości powierzchni wału

Typ	Wymiary	Chropowatość
powierzchnie osadzania piast kół przekładni zębatach	$d \leq 80$	$\sqrt{Ra1,6}$
powierzchnie osadzania piast kół przekładni zębatach	$d > 80$	$\sqrt{Ra3,2}$
powierzchnie osadzania piast kół przekładni niezębatach i półsprzęgieł	$d \leq 80$	$\sqrt{Ra3,2}$
powierzchnie osadzania piast kół przekładni niezębatach i półsprzęgieł	$d > 80$	$\sqrt{Ra6,3}$
powierzchnie wału współpracujące z uszczelnieniami filcowymi	$v \leq 4m/s$	$\sqrt{Ra3,2}$
powierzchnie wału współpracujące z uszczelnieniami filcowymi	$v \leq 6m/s$	$\sqrt{Ra6,3}$
powierzchnie wału współpracujące z pierścieniami gumowymi uszczelniającymi	$\sqrt{Ra0,4} \dots \sqrt{Ra1,6}$	
powierzchnia boczna osadzenia łożysk, piast, kół, półsprzęgieł	o jednak klasę niżej od chropowatości miejsc osadzenia	
powierzchnie boczna rowka wpustowego	$\sqrt{Ra3,2}$	
powierzchnie dna rowka wpustowego	$\sqrt{Ra6,3}$	

Chropowatości powierzchni wału


Typ	Wymiary	Chropowatość
powierzchnia osadzenia i odsadzenia łożyska tocznego	$d_{wal} \leq 80$	$\sqrt{Ra0,4} \dots \sqrt{Ra0,8}$
powierzchnia osadzenia i odsadzenia łożyska tocznego	$d_{wal} > 80$	$\sqrt{Ra0,8} \dots \sqrt{Ra1,6}$
powierzchnia osadzenia i odsadzenia łożyska tocznego	$D_{oprawa} \leq 80$	$\sqrt{Ra0,8} \dots \sqrt{Ra1,6}$
powierzchnia osadzenia i odsadzenia łożyska tocznego	$D_{oprawa} > 80$	$\sqrt{Ra1,6} \dots \sqrt{Ra3,2}$
promienie zaokrągleń przejść wałów		$\sqrt{Ra3,2}$
inne powierzchnie wałów		$\sqrt{Ra6,3} \dots \sqrt{Ra12,5}$
powierzchnia osadzenia i odsadzenia łożysk ślizgowych		$\sqrt{Ra0,8} \dots \sqrt{Ra1,6}$

Tolerancje geometryczne osadzenia łożyska

	średnica wału	oprawa $D \geq 150$	oprawa $D > 150$
tolerancja miejsc osadzenia	$IT6$	$IT6$	$IT7$
tolerancja walcowości 	$0,5 \cdot IT4$	$0,5 \cdot IT4$	$0,5 \cdot IT5$
tolerancja współosiowości 		$0,5 \cdot \img alt="cylindrical tolerance symbol" data-bbox="642 488 679 555"/>$	
tolerancja bicia odsadzeń 	$IT4$	$IT4$	$IT5$
tolerancja bicia promieniowego 		$0,5 \cdot \img alt="cylindrical tolerance symbol" data-bbox="639 722 676 789"/>$	

Tolerancje geometryczne osadzenia kół

Walcowość miejsc osadzenia  — nie większa niż $0,5 \cdot IT_n$ średnicy wału

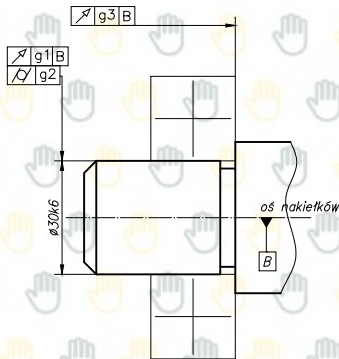
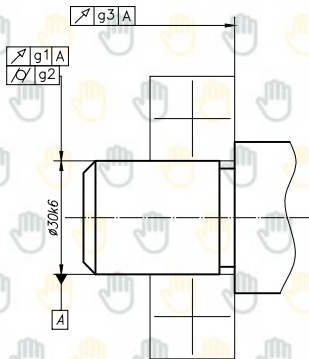
prędkość obwodowa $v \frac{m}{s}$ części osadzonych na wale	$v \leq 2$	$2 < v \leq 6$	$6 < v \leq 10$	$v > 10$
tolerancja bicia promieniowego miejsc osadzenia kół w porównaniu z IT_n wału 	$2 \cdot IT_n$	$1,4 \cdot IT_n$	$1 \cdot IT_n$	$0,7 \cdot IT_n$

Tolerancje bicia osiowego kołnierzy wałów

Gdy $L_p > d_{wal}$ tolerancję bicia osiowego  należy zwiększyć 1,5 razy.

Bicie osiowe kołnierzy wału, μm współrzędnych	Klasa dokładności	średnica wału			
		do 55	do 80	od 80	
z piastami kół zębatych	6, 7	20	30	40	
	8, 9	30	40	50	
z piastami kół niezębatych, półsprzęgieł	prędkość obwodowa $v \frac{m}{s}$				
	do 5	do 8	do 12	do 18	do 25
	60	50	40	30	20

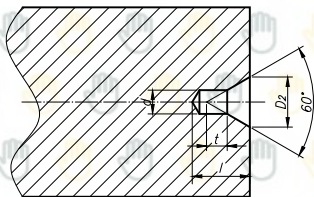
Oznaczenie tolerancji walcowości i bicia na rysunku



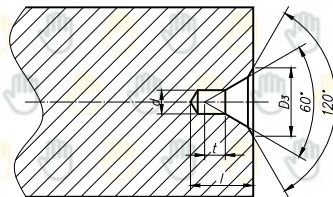
Nakiełki

- * nakiełki zwykłe (typ A) — stosowane dla przedmiotów o małej dokładności wykonania, lub w przypadku, gdy po jednej lub kilku operacjach nakiełki będą usunięte, (np. baza obróbkowa dla otworu osiowego),
- * nakiełki chronione (typ B) — stosowane najczęściej podczas wykonywania długich wałów maszynowych. Powierzchnia stożkowa o kącie 120° chroni powierzchnię czołową przed nierównościami, spowodowanymi wybiciem materiału przez kiel tokarki.
- * nakiełki łukowe (typ R) — są stosowane dla wałów z materiałów trudno obrabialnych, a kształt nakiełka ma na celu zwiększenie sztywności narzędzia wykonującego nakiełek.

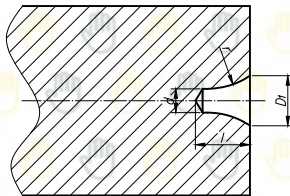
Nakiełki



Nakiełek typ A

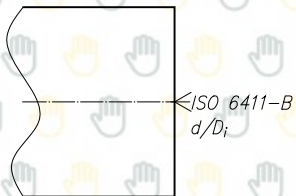


Nakiełek typ B

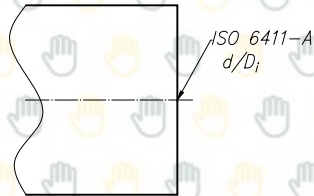


Nakiełek typ R

Oznaczenie nakiełków



Nakiełek wymagany w gotowym produkcie



Nakiełek może pozostać w gotowym produkcie



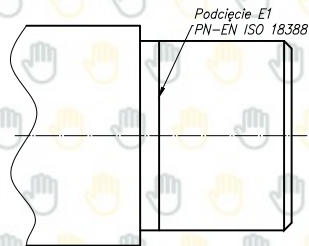
Nakiełek niedopuszczalny na gotowym produkcie

Wymiary nakiełków

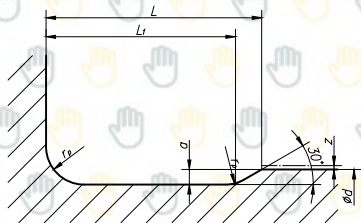
Średnica d		Wielkość nominalna	Typ A			Typ B			Typ R		
ponad	do		l	t	D_2	l	t	D_3	l	R	D_1
	4	0,5	1,48	0,5							
	6,3	0,63	1,8	0,6							
	6,3	0,8	2,28	0,7							
6,3	16	1	2,87	0,97	2,12	3,17	0,97	3,15	2,64	$2,5 \div 3,15$	2,12
6,3	16	1,25	3,41	1,1	2,65	3,8	1,1	4	3,05	$3,15 \div 4$	2,65
16	32	1,6	4,32	1,4	3,35	4,79	1,4	5	3,82	$4 \div 5$	3,35
16	32	2	5,25	1,8	4,25	5,84	1,8	6,3	4,81	$5 \div 6,3$	4,25
32	56	2,5	6,52	2,2	5,3	7,3	2,2	8	6,04	$6,3 \div 8$	5,3
32	56	3,15	7,97	2,8	6,7	8,93	2,8	10	7,67	$8 \div 10$	6,7
56	80	4	10,1	3,5	8,5	11,25	3,5	12,5	9,63	$10 \div 12,5$	8,5
56	80	5	12,35	4,4	10,6	13,91	4,4	16	11,9	$12,5 \div 16$	10,6
80	120	6,3	15,18	5,5	13,2	16,56	5,5	18	14,4	$16 \div 20$	13,2
80	120	8	19,29	7	17	20,85	7	22,4	19,3	$20 \div 25$	17
120		10	23,9	8,7	21,2	25,86	8,7	28	23	$25 \div 31,5$	21,2

Podcięcia technologiczne

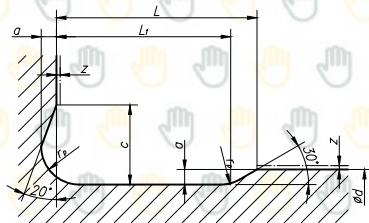
Aby uniknąć koncentracji naprężeń w miejscach przejścia średnic wałka stosuje się podcięcia technologiczne lub promienie przejścia.



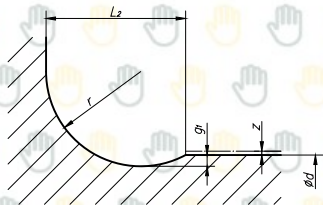
Podcięcia technologiczne



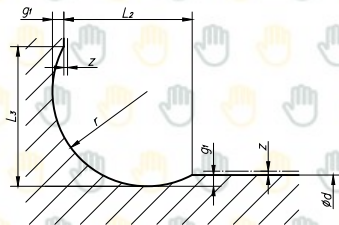
Podcięcie typ A



Podcięcie typ B



Podcięcie typ C



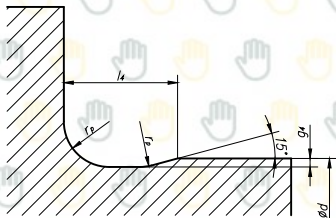
Podcięcie typ D

Podcięcia technologiczne - wymiary

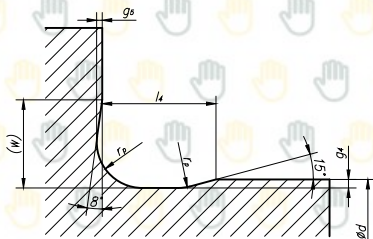
Średnica d		Wymiary podcięć obróbkowych A i B				
ponad	do	L	a	L_1	c	r_p
	3	1	$0,1_0^{0,05}$	0,8	0,5	0,25
3	10	2	$0,2_0^{0,1}$	1,5	1	0,4
10	18	2	$0,2_0^{0,1}$	1,5	1	0,4
18	30	2	$0,2_0^{0,1}$	1,5	1	0,4
30	80	4	$0,3_0^{0,1}$	3,3	1,5	0,6
80		6	$0,4_0^{0,1}$	5	2,3	1

Średnica d		Wymiary podcięć obróbkowych C i D			
ponad	do	g_1	L_2	L_3	r
10	18	$0,2_0^{0,1}$	1,6	1,4	1
18	30	$0,3_0^{0,1}$	2,5	2,2	1,6
30	80	$0,3_0^{0,1}$	3,7	3,4	1,6
80		$0,3_0^{0,1}$	3,7	3,4	2,5

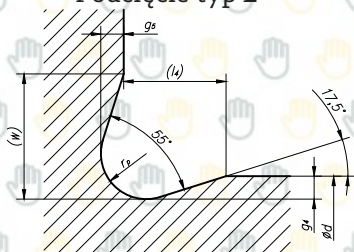
Podcięcia technologiczne



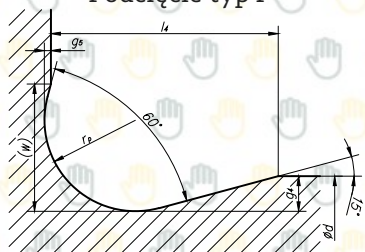
Podcięcie typ E



Podcięcie typ F



Podcięcie typ G



Podcięcie typ H

Podcięcia technologiczne - wymiary

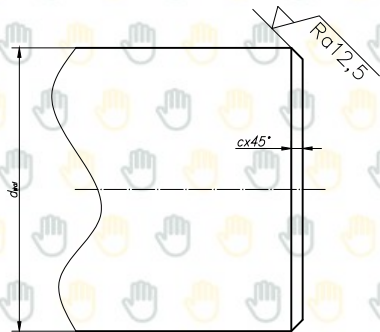
Średnica d		Rodzaj podcięcia: E					Rodzaj podcięcia: F			
		r_p		g_4	l_4	w	g_4	g_5	l_4	w
od	do	seria 1	seria 2							
18	80		0,6	0,3	2,5		0,3	0,2	2,5	2,1
18	80	0,8		0,3	2,5		0,3	0,2	2,5	2,3
18	50		1	0,2	2,5		0,2	0,1	2,5	1,8
18	50	1,2		0,2	2,5		0,2	0,1	2,5	2
80		1,2		0,4	4		0,4	0,3	4	3,4
50	80	1,6		0,3	4		0,3	0,2	4	3,1

Średnica d		Rodzaj podcięcia: G					Rodzaj podcięcia: H			
		r_p	g_4	g_5	l_4	w	g_4	g_5	l_4	w
od	do									
3	18	0,4	0,2	0,2	0,9	1,1	0,3	0,2	2,5	2,1
18	80	0,8					0,3	0,05	2	1,1

Fazowanie wałków

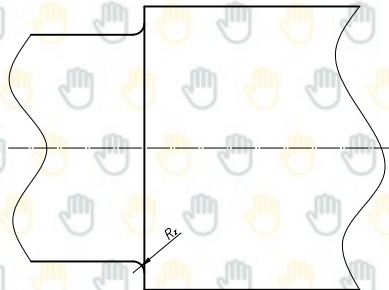
średnica	10 ÷ 18	20 ÷ 28	30 ÷ 48	50 ÷ 75	80 ÷ 125	130 ÷ 180	190 ÷ 320
faza	0,6	1,0	1,6	2,0	2,5	3,2	4,0

Występują na końcach wałka a ich wielkość uzależniona jest od średnicy. Fazki wewnątrz projektuje się najczęściej według uznania lub innych potrzeb.



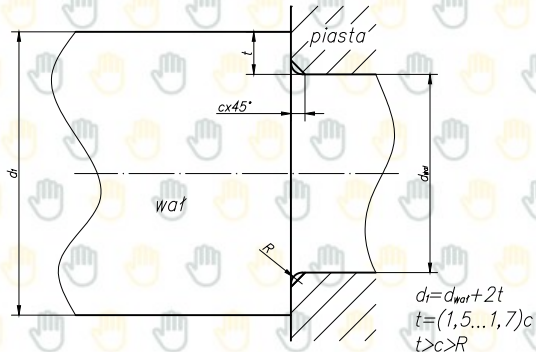
Promienie przejść

Ciągi							
1	2	1	2	1	2	1	2
0,10	0,10	1,0	1,0	10	10	100	100
	0,12		1,2		12		125
0,16	0,16	1,6	1,6	16	16	160	160
	0,20		2,0		20		200
0,25	0,25	2,5	2,5	25	25	250	250
	0,30		3,0		32		
0,40	0,40	4,0	4,0	40	40		
	0,50		5,0		50		
0,60	0,60	6,0	6,0	63	63		
	0,80		8,0		80		



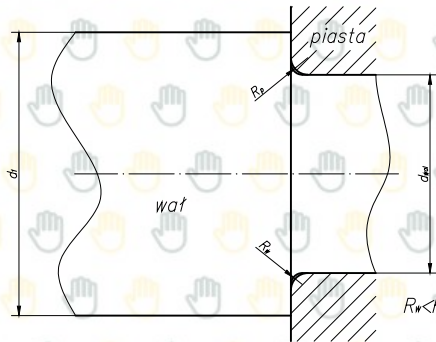
Odsadzenia wałka

Średnica d_{wal}	≤ 20	≤ 30	≤ 45	≤ 70	≤ 100	≤ 150
promień $R_{-0,4}^0$	1,0	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0
faza $c_0^{+0,4}$	1,2	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0



Odsadzenia wałka

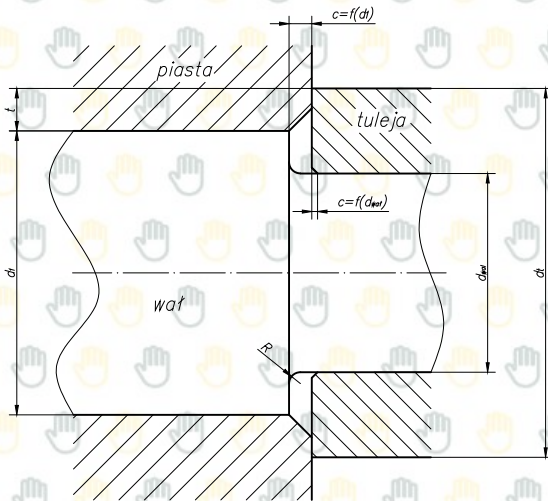
Średnica d_{wal}	10 ÷ 18	20 ÷ 28	30 ÷ 46	48 ÷ 68	70 ÷ 100	105 ÷ 150	155 ÷ 200
R_w	0,8	1,5	2	2,5	3	4	5
R_p	1	2	2,5	3	4	5	6



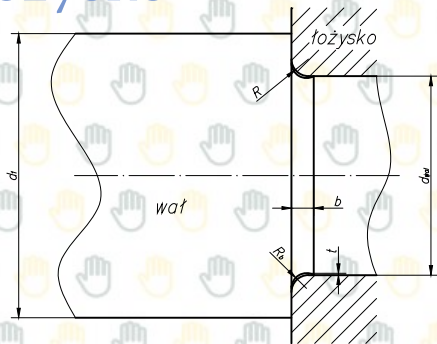
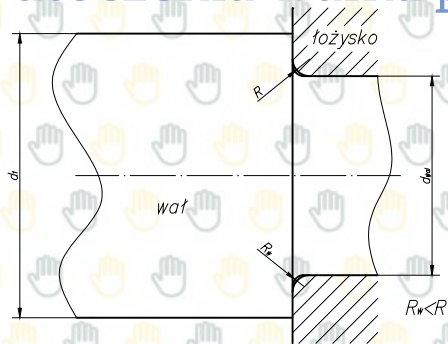
Ustalenie piasty i tulei dystansowej

$$d_i > d_i + 2t$$

$$t = (1, 5 \dots 1, 7)c$$



Podtoczenia wałka pod łożysko



Promienie zaokrąglenia		Wymiary podtoczenia		
R	R_w	b	R_b	t
0,5	0,3			
1	0,6			
1,5	1	2	1,3	0,2
2	1	2,4	1,5	0,3
2,5	1,5	3,2	2	0,4
3	2	4	2,5	0,5
3,5	2	4	2,5	0,5
4	2,5	4,7	3	0,5
5	3	5,9	4	0,5

Bibliografia



A. Dziurski, E. Mazanek, and L. Kania. *Przykłady obliczeń z podstaw konstrukcji maszyn: Łożyska, sprzęgła i hamulce, przekładnie mechaniczne. tom 2.* WNT, 2015. isbn: 9788393491360.



L. W. Kurmaz and O. L. Kurmaz. *Podstawy konstruowania węzłów i części maszyn: podręcznik konstruowania.* Samodzielna Sekcja "Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej", 2011. isbn: 9788388906343.



E. Mazanek, A. Dziurski, and L. Kania. *Przykłady obliczeń z podstaw konstrukcji maszyn: Połączenia, sprężyny, zawory, wały maszynowe. tom 1.* WNT, 2005. isbn: 9788320435528.



W. Starego. *Poradnik konstruktora przekładni pasowych.*

GRACIAS
ARIGATO
SHUKURIA
JUSPAXAR
DANKSCHEEN
TASHAKKUR ATU
YAQHANYELAY
SUKSAMA
EKHMET
GRACIE
MEHRBANI
PALDIES
YOU
BOLŽIN
MERCI
THANK
BI'YAN
SHUKRIA
TINGKI
SPASIBO
SNACHALMUYA
MURUM
CHALTU
WABEELAJA
MAYTEKA
YUSPISAGATAN
HUI
UNALCHESIN
NATUR
CUH
EXOU
SHOMO
MAKETAU
MEMONK HAR
GAJEJTHO
GOZAIMASHITA
EFCHARISTO
ACAYJE
FAKAAUE
KOMAPSUMNIDA
MAAKE
LEH
BAKKA
TAVYAPUCH
MEDAWAGSE
ATTO
MAKES
DEHNAUJA
NEHACHALNYA
SPASIBO
UNALCHESIN
MAKETAU