

CZĘŚCI MASZYN ŁOŻYSKA TOCZNE I ŚLIZGOWE	NORMA BRANZOWA	BN-71
	Kulkowe połączenia obrotowe dwurzędowe odmiany lekkiej z wieńcem zębatym zewnętrznym Główne wymiary i ogólne wymagania	1130-10
		Grupa katalogowa IV 16

BIBLIOTEKA

NB-9245

Politechniki Lubelskiej

**1. WSTĘP**

**1.1. Przedmiot normy.** Przedmiotem normy są główne wymiary oraz dopuszczalne obciążenia kulkowych połączeń obrotowych dwurzędowych odmiany lekkiej z wieńcem zębatym zewnętrznym oraz ogólne wymagania.

**1.2. Zakres stosowania normy.** Normę należy stosować przy projektowaniu i wykonywaniu kulkowych połączeń obrotowych dwurzędowych odmiany lekkiej z wieńcem zębatym zewnętrznym dla urządzeń budowlanych, przeładunkowych i innych.

**1.3. Przykład oznaczenia** kulkowego połączenia obrotowego o średnicy podziałowej  $d_1 = 1596$  mm z kulkami o średnicy  $d_2 = 25$  mm

KULKOWE POŁĄCZENIE OBROTOWE 25-1596 BN-71/1130-10

**1.4. Normy związane**

PN-66/H-84019 Stal węglowa konstrukcyjna wyższej jakości ogólnego przeznaczenia. Gatunki  
PN-72/H-84030 Stale stopowe konstrukcyjne. Gatunki  
PN-70/M-82054 Śruby, wkręty i nakrętki stalowe ogólnego przeznaczenia. Ogólne wymagania i badania

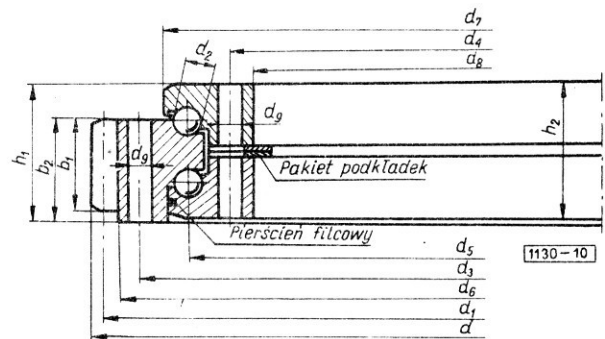
PN-58/M-82109 Śruby średniokokładne z łbem sześciokątnym

PN-69/M-86452 Łożyska toczne. Kulki

PN-74/M-88503 Koła zębate. Zarys odniesienia uzębień kół o module  $m_n \geq 1$  mm

**2. GŁÓWNE WYMIARY**

Główne wymiary kulkowych połączeń obrotowych dwurzędowych odmiany lekkiej z wieńcem zębatym zewnętrznym podano na rysunku i w tabelicy.



Centralne Biuro Konstrukcyjne Urzędzeń Budowlanych  
Ustanowiona przez Dyrektora Zjednoczenia Przemysłu Maszyn Budowlanych dnia 2 sierpnia 1971 r.  
jako norma obowiązująca w zakresie projektowania i produkcji od dnia 1 kwietnia 1972 r.  
(Mon. Pol. nr 48/1971 poz. 314)

d	d <sub>1</sub>	Kulki		d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	d <sub>8</sub>	d <sub>9</sub> <sup>1)</sup>	Liczba	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	Zęby		Masa kg ≈
		d <sub>2</sub>	licz- ba													moduł	liczba zębów	
520	504	16	55	450	340	386	480	420	310	18	16	55	60	78	70	8	63	54
640	624		72	570	460	506	600	540	430								78	75
820	800	20	75	740	610	672	770	710	580	20 (18)	70	76	99	86	10	80	150	
1020	1000		98	940	810	872	970	910	780							100	190	
1270	1250	25	99	1180	1030	1105	1220	1140	990	22	80	86	115	106	14	125	285	
1420	1400		113	1330	1180	1255	1370	1290	1140							140	315	
1624	1596	25	129	1510	1360	1435	1550	1470	1320	24	90	119	108	14	114	410		
1834	1806		148	1720	1570	1645	1760	1680	1530						129	475		
2030	2000	32	136	1910	1720	1816	1960	1860	1670	26	94	104	141	136	14	143	860	
2268	2240		153	2150	1960	2054	2200	2050	1910							160	990	
2528	2496	40	143	2390	2150	2268	2450	2330	2090	33	120	135	180	174	16	156	1650	
2832	2800		162	2690	2460	2572	2750	2630	2390							175	1820	
3096	3060	50,8	134	2940	2650	2788	3000	2868	2560	39	150	170	228	222	18	170	2950	
3582	3546		169	3430	3130	3274	3490	3350	3050							197	3750	

Należy przewidzieć minimum trzy otwory na śruby pasowane.

<sup>1)</sup>Otwory na śruby równomiernie rozmieszczone na obwodzie.

Liczba kulek podana jest dla jednej bieżni. Dopuszcza się stosowanie dla wieńca dolnego mniejszej liczby kulek, niż podano w tablicy.

Wymiary d<sub>3</sub>, d<sub>4</sub>, d<sub>5</sub>, d<sub>7</sub>, d<sub>8</sub> są podane jako orientacyjne w zaokrągleniu do 10 mm.

### 3. WYMAGANIA OGÓLNE

#### 3.1. Materiał

a) na pierścienie i wieńiec zębaty - zalecana jest stal 55 i 40H wg PN-72/H-84030 i PN-66/H-84019,

b) na kulki - wg PN-69/M-86452,

c) na śruby i podkładki - stal o własnościach mechanicznych odpowiadających klasie 8 wg PN-7C/M-82054.

#### 3.2. Wykonanie

a) Kulki - wykonane w III klasie dokładności wg PN-69/M-86452.

b) Bieżnie kulek - hartowane powierzchniowo do twardości 52±60 HRC.

c) Zarys odniesienia wieńca zębatego - wg PN-74/M-88503.

d) Śruby złączne - wg PN-58/M-82109.

K O N I E C

Informacje dodatkowe

**1. Odpowiedniki w normach zagranicznych**

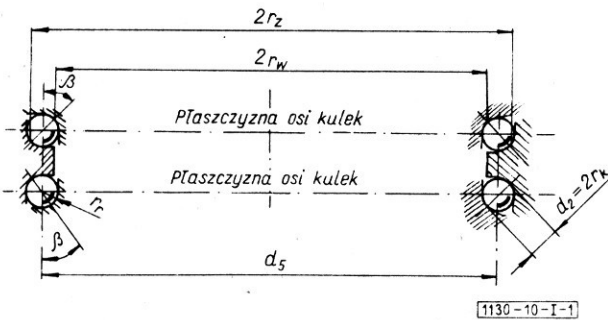
ZSRR MN 4819-63 Опоры поворотные шариковые с внутренним зубчатым зацеплением. Основные параметры и размеры

NRD TGL 20-017003 Kugeldrehverbindungen zweireihig verzahnt. Kennwerte Hauptabmessungen

**2. Zalecana metoda sprawdzania prawidlowosci doboru kulkowego polaczenia obrotowego ze względu na nośność**

**2.1. Założenia wyjściowe.** Konstrukcja kulkowego polaczenia obrotowego nie może podlegać działaniu żadnego bezpośredniego obciążenia jako belka lub pierścien wspornikowy, tzn. dolna i górna podstawa, do których jest mocowane kulkowe polaczenie obrotowe, powinny posiadać duży wskaźnik wytrzymałości na zginanie.

**2.2. Przebieg obliczeń.** Wybrana z normy wielkość kulkowego polaczenia obrotowego poddaje się obliczeniom sprawdzającym według podanego na rys. I-1 schematu.



Rys. I-1. Geometria kulkowego polaczenia obrotowego

Przed przystąpieniem do obliczeń należy ustalić sumaryczne obciążenia zewnętrzne, tj.:

- przenoszony moment M kGm
- siłę pionową V kG
- siłę poziomą H kG

**2.2.1. Obliczenie wielkości pomocniczych do obliczeń dopuszczalnych nacisków**

Dla kulkowych polaczeń obrotowych objętych normą kąt  $\beta$  wynosi około  $20^\circ$  (rys. I-1).

Z wzorów od (1) do (6) oblicza się wielkość pomocniczą  $\cos r$

$$e'_{21} = -\frac{1}{r_z} \quad (1)$$

$$e''_{21} = \frac{1}{r_w} \quad (2)$$

$$e'_{22} = e''_{22} = e_{22} = -\frac{1}{r_r} \quad (3)$$

$$e_{11} = e_{12} = \frac{1}{r_k} \quad (4)$$

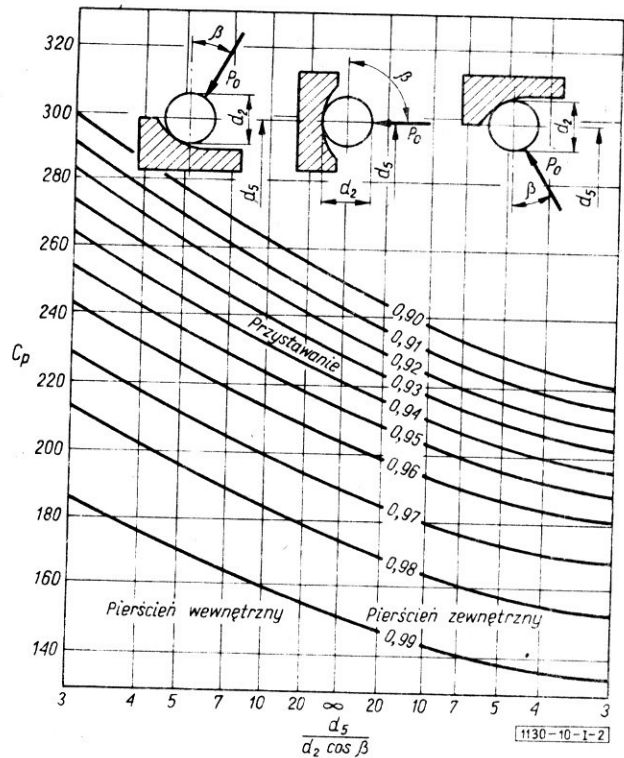
$$\sum e = e_{11} + e_{12} + e'_{21} + e_{22} \quad (5)$$

$$\cos r = \frac{e_{11} - e_{12} + e'_{21} - e_{22}}{\sum e} \quad (6)$$

Dla kulkowych polaczeń obrotowych o średnicach  $d_1$  równych 1250, 1400, 1806, 2800 mm należy przyjmować wartości  $r_r$  zgodne z dokumentacją konstrukcyjną, a dla pozostałych, na które brak jest dokumentacji konstrukcyjnej,  $r_r = 0,52 d_2$ .

Z wzoru (7) oblicza się wielkość pomocniczą  $S$ , a następnie dla tej wielkości oraz dla  $\frac{d_s}{d_2 \cdot \cos \beta} = \infty$  określa się z nomogramu (rys. I-2) stałą  $C_p$ .

$$S = \frac{d_2}{2 \cdot r_r} \quad (7)$$



Rys. I-2. Nomogram dla określenia stałej  $C_p$

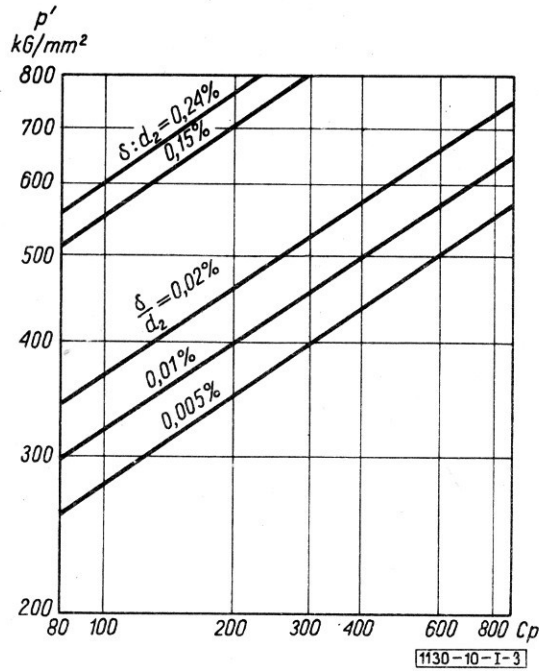
**2.2.2. Obliczenia dopuszczalnych nacisków  $p_{0,24}$  i  $p_{0,01}$**

$p_{0,24}$  - dopuszczalny nacisk jednostkowy przy odkształceniu plastycznym 0,24%,

$p_{0,01}$  - dopuszczalny nacisk jednostkowy przy odkształceniu plastycznym 0,01%.

Dla kulkowych polaczeń obrotowych objętych normą przyjmuje się odkształcenia dopuszczalne  $\delta$ , dla których  $\frac{\delta}{d_2} = 0,24\%$ .

Dla tej wartości odkształceń dopuszczalnych, jak również dla  $\frac{\delta}{d_2} = 0,01\%$  przyjmowanej dla typowych łożysk tocznych, odczytuje się z monogramu (rys. I-3) wartości dopuszczalnych nacisków  $p'_{0,24}$  i  $p'_{0,01}$  odpowiadające określonej z rys. I-2. stałej  $C_p$  i twardości HV = 750.

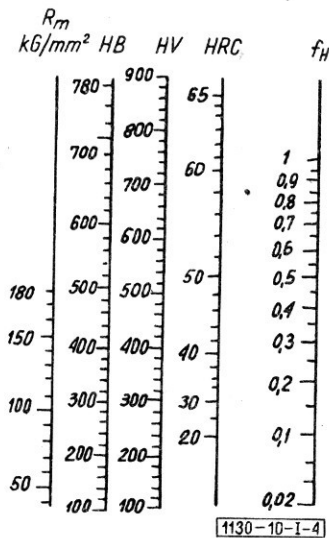


Rys. I-3. Nomogram dla określenia nacisku dopuszczalnego  $p'$  przy twardości HV = 750

Przy twardości HV = 750 wielkości dopuszczalnego nacisku oblicza się według wzoru (8)

$$p = p' \cdot f_H \quad \text{kg/mm}^2 \quad (8)$$

do którego wartości współczynnika  $f_H$  określa się z nomogramem (z rys. I-4).



Rys. I-4 Nomogram dla określenia współczynnika twardości  $f_H$

2.2.3. Obliczenia dopuszczalnych obciążeń kulki  $P_{0,24}$

$$\frac{1}{i} P_{0,01}$$

$P_{0,24}$  - dopuszczalne obciążenie kulki przy odkształceniu plastycznym 0,24%,

$P_{0,01}$  - dopuszczalne obciążenie kulki przy odkształceniu plastycznym 0,01.

Dopuszczalne obciążenie kulki oblicza się z wzoru (9)

$$P_{0,24} = \frac{(\mu \cdot \nu \cdot P_{0,24})^3}{187^3 \cdot (\Sigma p)^2} \quad \text{kg} \quad (9)$$

do którego wartości współczynników pomocniczych dla obliczonej uprzednio wielkości  $\cos \tau$  dobiera się z tabl. I-1.

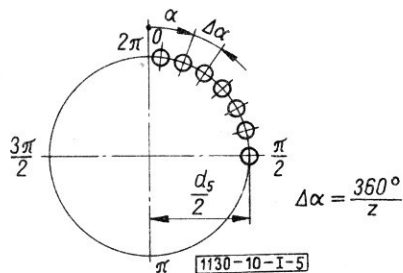
Tablica I-1

$\cos \tau$	$\mu$	$\nu$	$\mu \nu$	$\frac{2K}{\pi \mu}$	$\cos \tau$	$\mu$	$\nu$	$\mu \nu$	$\frac{2K}{\pi \mu}$
0,9995	23,95	0,163	3,91	0,171	0,9795	5,89	0,330	1,94	0,462
0,9990	18,53	0,185	3,43	0,207	0,9790	5,83	0,332	1,93	0,465
0,9985	15,77	0,201	3,17	0,230	0,9785	5,78	0,333	1,92	0,468
0,9980	14,25	0,212	3,02	0,249	0,9780	5,72	0,335	1,92	0,470
0,9975	13,15	0,220	2,89	0,266	0,9775	5,67	0,336	1,91	0,473
0,9970	12,26	0,228	2,80	0,279	0,9770	5,63	0,338	1,90	0,476
0,9965	11,58	0,235	2,72	0,291	0,9765	5,58	0,339	1,89	0,478
0,9960	11,02	0,241	2,65	0,302	0,9760	5,53	0,340	1,88	0,481
0,9955	10,53	0,246	2,59	0,311	0,9755	5,49	0,342	1,88	0,483
0,9950	10,15	0,251	2,54	0,320	0,9750	5,44	0,343	1,87	0,486
0,9945	9,77	0,256	2,50	0,326	0,9745	5,39	0,345	1,86	0,489
0,9940	9,46	0,260	2,46	0,336	0,9740	5,35	0,346	1,85	0,491
0,9935	9,17	0,264	2,42	0,343	0,9735	5,32	0,347	1,85	0,493
0,9930	8,92	0,268	2,39	0,350	0,9730	5,28	0,349	1,84	0,495
0,9925	8,68	0,271	2,36	0,356	0,9725	5,24	0,350	1,83	0,498
0,9920	8,47	0,275	2,33	0,362	0,9720	5,20	0,351	1,83	0,500
0,9915	8,27	0,278	2,30	0,368	0,9715	5,16	0,353	1,82	0,502
0,9910	8,10	0,281	2,28	0,373	0,9710	5,13	0,354	1,81	0,505
0,9905	7,93	0,284	2,25	0,379	0,9705	5,09	0,355	1,81	0,507
0,9900	7,76	0,287	2,23	0,384	0,9700	5,05	0,357	1,80	0,509
0,9895	7,62	0,289	2,21	0,388	0,969	4,98	0,359	1,79	0,513
0,9890	7,49	0,292	2,19	0,393	0,968	4,92	0,361	1,78	0,518
0,9885	7,37	0,294	2,17	0,398	0,967	4,86	0,363	1,77	0,522
0,9880	7,25	0,297	2,15	0,402	0,966	4,81	0,365	1,76	0,526
0,9875	7,13	0,299	2,13	0,407	0,965	4,76	0,367	1,75	0,530
0,9870	7,02	0,301	2,11	0,411	0,964	4,70	0,369	1,74	0,533
0,9865	6,93	0,303	2,10	0,416	0,963	4,65	0,371	1,73	0,536
0,9860	6,84	0,305	2,09	0,420	0,962	4,61	0,374	1,72	0,540
0,9855	6,74	0,307	2,07	0,423	0,961	4,56	0,376	1,71	0,543
0,9850	6,64	0,310	2,06	0,427	0,960	4,51	0,378	1,70	0,546
0,9845	6,55	0,312	2,04	0,430	0,959	4,47	0,380	1,70	0,550
0,9840	6,47	0,314	2,03	0,433	0,958	4,42	0,382	1,69	0,553
0,9835	6,40	0,316	2,02	0,437	0,957	4,38	0,384	1,68	0,556
0,9830	6,33	0,317	2,01	0,440	0,956	4,34	0,386	1,67	0,559
0,9825	6,26	0,319	2,00	0,444	0,955	4,30	0,388	1,67	0,562
0,9820	6,19	0,321	1,99	0,447	0,954	4,26	0,390	1,66	0,565
0,9815	6,12	0,323	1,98	0,450	0,953	4,22	0,391	1,65	0,568
0,9810	6,06	0,325	1,97	0,453	0,952	4,19	0,393	1,65	0,571
0,9805	6,00	0,327	1,96	0,456	0,951	4,15	0,394	1,64	0,574
0,9800	5,94	0,328	1,95	0,459	0,950	4,12	0,396	1,63	0,577
0,948	4,05	0,399	1,62	0,583	0,870	2,77	0,490	1,36	0,721
0,946	3,99	0,403	1,61	0,588	0,865	2,72	0,494	1,35	0,727
0,944	3,94	0,406	1,60	0,593	0,860	2,68	0,498	1,34	0,733
0,942	3,88	0,409	1,59	0,598	0,855	2,64	0,502	1,33	0,739
0,940	3,83	0,412	1,58	0,603	0,850	2,60	0,507	1,32	0,745

cd. tabl. I-1

cost	$\mu$	$\nu$	$\mu\nu$	$\frac{2K}{\pi\mu}$	cost	$\mu$	$\nu$	$\mu\nu$	$\frac{2K}{\pi\mu}$
0,938	3,78	0,415	1,57	0,608	0,84	2,53	0,515	1,30	0,755
0,936	3,73	0,418	1,56	0,613	0,83	2,46	0,523	1,29	0,765
0,934	3,68	0,420	1,55	0,618	0,82	2,40	0,530	1,27	0,774
0,932	3,63	0,423	1,54	0,622	0,81	2,35	0,537	1,26	0,783
0,900	3,59	0,426	1,53	0,626	0,80	2,30	0,544	1,25	0,792
0,928	3,55	0,428	1,52	0,630	0,75	2,07	0,577	1,20	0,829
0,926	3,51	0,431	1,51	0,634	0,70	1,91	0,607	1,16	0,859
0,924	3,47	0,433	1,50	0,638	0,65	1,77	0,637	1,13	0,884
0,922	3,43	0,436	1,50	0,642	0,60	1,66	0,664	1,10	0,904
0,920	3,40	0,438	1,49	0,646	0,55	1,57	0,690	1,08	0,922
0,918	3,36	0,441	1,48	0,650	0,50	1,48	0,718	1,06	0,938
0,916	3,33	0,443	1,47	0,653	0,45	1,41	0,745	1,05	0,951
0,914	3,30	0,445	1,47	0,657	0,40	1,35	0,771	1,04	0,962
0,912	3,27	0,448	1,46	0,660	0,35	1,29	0,796	1,03	0,971
0,910	3,23	0,450	1,45	0,664	0,30	1,24	0,824	1,02	0,979
0,908	3,20	0,452	1,45	0,667	0,25	1,19	0,850	1,01	0,986
0,906	3,17	0,454	1,44	0,671	0,20	1,15	0,879	1,01	0,991
0,904	3,15	0,456	1,44	0,674	0,15	1,11	0,908	1,01	0,994
0,902	3,12	0,459	1,43	0,677	0,10	1,07	0,938	1,00	0,997
0,900	3,09	0,461	1,42	0,680	0,05	1,03	0,969	1,00	0,999
0,895	3,03	0,466	1,41	0,688	0	1	1	1	1
0,890	2,97	0,471	1,40	0,695					
0,885	2,92	0,476	1,39	0,702					
0,880	2,86	0,481	1,38	0,709					
0,875	2,82	0,485	1,37	0,715					

2.2.4. Obliczenia maksymalnego rzeczywistego obciążenia kulki  $P_r$ . Obciążenie pionowe kulki w punktach skrajnych  $\frac{\pi}{2}$  i  $\frac{3\pi}{2}$  (rys. I-5) oblicza się z wzorów (10) i (11)



Rys. I-5. Geometria rozmieszczenia kulek

$$P_{V \frac{\pi}{2}} = \frac{\left(\frac{2M}{d_5} - V\right) \cdot F_1}{2 \cdot z_1} \quad \text{kG} \quad (10)$$

$$P_{V \frac{3\pi}{2}} = \frac{\left(\frac{2M}{d_5} - V\right) \cdot F_2}{2 \cdot z_2} \quad \text{kG} \quad (11)$$

w których:

- $z_1$  - liczba kulek w rzędzie górnym,
- $z_2$  - liczba kulek w rzędzie dolnym,

a wielkości stałych  $F_1$  i  $F_2$  dla górnego i dolnego rzędu kulek dobiera się z tabl. I-2 w zależności od założonego luzu pionowego.

Tablica I-2

Luz pionowy mm	$F_1$	$F_2$
0,8	6,45	10,0
0,4	7,27	11,8
0,6	8,60	13,0
0,8	9,92	16,6

W kulkowych połączeniach obrotowych utrzymywane są wielkości pionowych luzów podane w tabl. I-3.

Tablica I-3

Średnica rozstawu kulek $d_5$ mm		Luz pionowy mm	
powyżej	do	powyżej	do
500	1000	0,2	0,4
1000	1500	0,3	0,6
1500	2000	0,3	0,8
2000	3500	0,3	1,0
i powyżej			

Obciążenia poziome kulek wynikające z rozkładu sił pionowych oblicza się z wzorów (12) i (13).

$$P_{h \frac{\pi}{2}} = P_V \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \text{tg} \beta \quad (12)$$

$$P_{h \frac{3\pi}{2}} = P_V \cdot \frac{3\pi}{2} \cdot \text{tg} \beta \quad (13)$$

Obciążenia poziome kulek wynikające z siły poziomej oblicza się z wzoru (14).

$$P_H = \frac{H \cdot F_1}{z_1} \quad (14)$$

Wypadkowe obciążenia kulek w punktach skrajnych  $\frac{\pi}{2}$  i  $\frac{3\pi}{2}$  oblicza się z wzorów (15) i (16)

$$P_{\frac{\pi}{2}} = \sqrt{P_{V \frac{\pi}{2}}^2 + \left(P_{h \frac{\pi}{2}} - P_{h \frac{3\pi}{2}} \pm P_H\right)^2} \quad \text{kG} \quad (15)$$

$$P_{\frac{3\pi}{2}} = \sqrt{P_{V \frac{3\pi}{2}}^2 + \left(P_{h \frac{\pi}{2}} - P_{h \frac{3\pi}{2}} \mp P_H\right)^2} \quad \text{kG} \quad (16)$$

Dla uproszczenia (błąd na korzyść pewności) nie uwzględniono zmiany kąta  $\beta$  wskutek luzu wewnętrznego oraz odkształceń.

2.2.5. Sprawdzenie warunków prawidłowości doboru kulkowego połączenia obrotowego. Warunkami prawidłowego doboru kulkowego połączenia obrotowego jest zachowanie nierówności (17) i (18).

$$P_{\max} \leq P_{0,24} \quad (17)$$

$$\frac{P_{0,01}}{P_{\max}} \geq 0,2 \quad (18)$$

### 2.3. Przykład obliczeniowy

Przenoszony moment  $M = 125600$  kGm

Siła pionowa  $V = 64300$  kG

Siła pozioma  $H = 2000$  kG

Dobrano kulkowe połączenie obrotowe o średnicy  $d_1 = 2600$  mm, którego pozostałe wymiary są następujące:

$d_2 = 2 r_k = 40$  mm,

$d_5 = 2572$  mm,

$r_r = 21,5$  mm

oraz które ma po 162 kulki w górnym i dolnym rzędzie.

2.3.1. Obliczenia wielkości pomocniczych. Dla uproszczenia przyjęto

$$r_z = r_{ic} = \frac{d_5}{2} = 1286 \text{ mm}$$

$$e'_{21} = -\frac{1}{r_z} = -\frac{1}{1286} = -0,000777 \frac{1}{\text{mm}}$$

$$e''_{21} = \frac{1}{r_{ic}} = \frac{1}{1286} = 0,000777 \frac{1}{\text{mm}}$$

$$e_{22} = -\frac{1}{r_r} = -\frac{1}{21,5} = -0,0465 \frac{1}{\text{mm}}$$

$$e_{11} = e_{12} = \frac{1}{r_k} = \frac{1}{20} = 0,05 \frac{1}{\text{mm}}$$

$$\sum e = e_{11} + e_{12} + e'_{21} + e_{22} = 0,05 + 0,05 + 0,000777 - 0,0465 = \sim 0,0543$$

$$\cos \tau_1 = \frac{e_{11} - e_{12} + e'_{21} - e_{22}}{\sum e} = \sim \frac{0,0473}{0,0543} = 0,87$$

$$S = \frac{d_2}{2 \cdot r_r} = \frac{40}{2 \cdot 21,5} = \sim 0,93$$

Z rys. I-2 określono dla  $S = 0,92$  i  $\frac{d_5}{d_2 \cdot \cos \beta} = \infty$  wartość stałej  $C_p = 230$ .

2.3.2. Obliczenia dopuszczalnych nacisków  $p_{0,24}$  i  $p_{0,01}$ . Z rys. I-3 dla stałej  $C_p = 230$  określono  $p'$  o wartości:

$$p'_{0,24} = 790$$

$$p'_{0,01} = 420$$

Z rys. I-4 dla twardości bieżni równej 52 HRC określono współczynnik twardości  $f_H = 0,575$ , skąd:

$$p_{0,24} = 790 \cdot 0,575 = 454$$

$$p_{0,01} = 420 \cdot 0,575 = 241$$

2.3.3. Obliczenia dopuszczalnych obciążeń kulki  $P_{0,24}$  i  $P_{0,01}$ . Z tabl. I-1 otrzymano następujące wartości współczynników pomocniczych dla  $\cos \tau_1 = 0,87$

$$\mu = 2,77; \quad \nu = 0,49; \quad \mu\nu = 1,36; \quad \frac{2K}{\pi\mu} = 0,721$$

$$P_{0,24} = \frac{(\mu\nu p_{0,24})^3}{187^3 \cdot (\sum e)^2} = \frac{(1,36 \cdot 454)^3}{187^3 \cdot 0,0543^2} = 12200 \text{ kG}$$

$$P_{0,01} = \frac{(\mu\nu p_{0,01})^3}{187^3 \cdot (\sum e)^2} = \frac{(1,36 \cdot 241)^3}{187^3 \cdot 0,0543^2} = 1820 \text{ kG}$$

2.3.4. Obliczenia maksymalnego rzeczywistego obciążenia kulki  $P$ . Z tabl. I-2 dla przyjętego luzu pionowego  $S_r = 0,8$  mm otrzymano  $F_1 = 9,92$  i  $F_2 = 16,6$

$$P_{V \frac{\pi}{2}} = \frac{\left(\frac{2M}{d_5} + V\right) F_1}{2 \cdot z_1} = \frac{\left(\frac{2 \cdot 125600}{2,572} + 64300\right) \cdot 9,92}{2 \cdot 162} = 4960 \text{ kG}$$

$$P_{V \frac{3\pi}{2}} = \frac{\left(\frac{2M}{d_5} + V\right) F_2}{2 \cdot z_2} = \frac{\left(\frac{2 \cdot 125600}{2,572} - 64300\right) \cdot 16,6}{2 \cdot 162} = 1720 \text{ kG}$$

$$P_{h \frac{\pi}{2}} = P_{V \frac{\pi}{2}} \cdot \operatorname{tg} \beta = P_{V \frac{\pi}{2}} \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 4960 \cdot 0,364 = 1860 \text{ kG}$$

$$P_{h \frac{3\pi}{2}} = P_{V \frac{3\pi}{2}} \cdot \operatorname{tg} \beta = P_{V \frac{3\pi}{2}} \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 1720 \cdot 0,364 = 627 \text{ kG}$$

$$P_H = \frac{H \cdot F_1}{z_1} = \frac{2000 \cdot 9,92}{162} = 123 \text{ kG}$$

$$P_{\frac{\pi}{2}} = \sqrt{P_{V\frac{\pi}{2}}^2 + \left( P_{h\frac{\pi}{2}} - P_{h\frac{3\pi}{2}} \pm P_H \right)^2} =$$

$$= \sqrt{4960^2 + (1800 - 627 + 123)^2} = 5125 \text{ kG}$$

$$P_{\frac{3\pi}{2}} = \sqrt{P_{V\frac{3\pi}{2}}^2 + \left( P_{h\frac{\pi}{2}} - P_{h\frac{3\pi}{2}} \mp P_H \right)^2} =$$

$$= \sqrt{1720^2 + (1800 - 627 - 123)^2} = 2010 \text{ kG}$$

### 2.3.5. Sprawdzenie warunków prawidłowości doboru kul- kowego połączenia obrotowego

$$P_{\max} = P_{\frac{\pi}{2}} = 5125 \text{ kG} < P_{0,24} = 12200$$

$$\frac{P_{0,01}}{P_{\max}} = \frac{1820}{5125} = 0,316 > 0,2$$

Oba wymagane warunki są spełnione dla górnej i dolnej płaszczyzny toczonej ze znacznym zapasem. W związku z tym należy uznać nośność połączenia obrotowego o średnicy  $d_1 = 2800 \text{ mm}$  za całkowicie wystarczającą dla założonych obciążeń i ewentualnie rozważyć sprawę doboru mniejszej wielkości, np. o  $d_1 = 2496 \text{ mm}$  lub zmniejszenia liczby kulek w dolnym rzędzie.