

APARATY CHEMICZNE	NORMA BRANŻOWA	BN-83
	Zbiorniki i aparaty ze stali odpornej na korozję	2222-53
	Połączenia kołnierzy luźnych z pierścieniami szyjkowymi na ciśnienia nominalne 0,16 i 0,3 MPa	Grupa katalogowa 0447

1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są połączenia kołnierzowe kołnierzy luźnych ze stali węglowej z pierścieniami szyjkowymi ze stali stopowej, z miękką uszczelką, przeznaczone do zbiorników i aparatów ze stali odpornej na korozję na ciśnienia nominalne ¹⁾:

- $p_{nom} = 0,16$ MPa w zakresie średnic D_w od 600 do 3000 mm,

- $p_{nom} = 0,3$ MPa w zakresie średnic D_w od 600 do 2400 mm.

2. Zakres stosowania przedmiotu normy. Objęte normą połączenia kołnierzowe stosuje się do zbiorników i aparatów ciśnieniowych dla ciśnień i temperatur podanych w tabl. 1 i 2.

Przeprowadzanie obliczeń wytrzymałościowych połączenia wg Przepisów Urzędu Dozoru Technicznego nie jest wymagane ²⁾, jeżeli zostaną zastosowane:

- kołnierze wykonane wg BN-81/2222-48,
- uszczelki miękkie o grubości nie mniejszej niż 3 mm, z azbestu, masy azbestowo-kauczukowej (It) lub uszczelki z innych materiałów, dla których wg Przepisów DT/O-219/63 (tabl. 2) najmniejsze naprężenia ściskające zapewniające szczelność połączenia nie przekraczają:
 - dla naciągu montażowego śrub $\sigma'_s = 12,0$ MPa,
 - dla naciągu ruchowego śrub $\sigma''_s = 4,1 p_o$ MPa, gdzie p_o jest ciśnieniem obliczeniowym,
 - śruby i nakrętki wykonane w klasie średniodokładnej z gatunków stali podanych w tabl. 5 lub innych, o nie gorszych własnościach wytrzymałościowych i spełniających wymagania wg Przepisów DT/Z/63 p. 6. 2.

3. Podział. Ze względu na kształt powierzchni uszczelniających pierścieni, rozróżnia się dwa rodzaje połączeń:

¹⁾ Ciśnienie nominalne - wg BN-81/2201-06.

²⁾ Norma nie zwalnia od umieszczania w dokumentacji rejestracyjnej szczegółu połączenia kołnierzowo-śrubowego zgodnie z Przepisami DT/Z/63 p. 12. 1a).

ZZ - kołnierzy luźnych z pierścieniami z przyłą zgrubną,

WR - kołnierza luźnego z pierścieniem z występem (W) z kołnierzem luźnym z pierścieniem z rowkiem (R).

W zależności od przewidywanego zakresu temperatur, różni się dwie odmiany połączeń:

N - dla zakresu temperatur od 0 do 200 °C - ze śrubami ze łbem sześciokątnym,

T - dla zakresu powyżej 200 do 300 °C - ze śrubami dwustronnymi ³⁾.

4. Przykład oznaczenia

a) połączenia rodzaju ZZ na nominalne ciśnienie 0,16 MPa, z pierścieniami o grubościach szyjek s zgodnych z BN-81/2222-48, do aparatu o średnicy $D_w = 1800$ mm, dla zakresu temperatur od 0 do 200 °C (N), z uszczelką z materiału typu It - Polonit PP wg PN-79/M-11022.05, o grubości 3 mm:

POŁĄCZENIE KOŁNIERZOWE

ZZ-0,16-1800/N-POLONIT PP/3 BN-83/2222-53

b) połączenie rodzaju WR na nominalne ciśnienie 0,3 MPa, z pierścieniami o grubościach szyjek s , odpowiednio 6 mm i 8 ⁴⁾ mm, do aparatu o średnicy $D_w = 2200$ mm, dla zakresu temperatur od 200 do 300 °C (T), z uszczelką z materiału typu It - Polonit K-100 wg PN-79/M-11022.06, o grubości 4 mm:

POŁĄCZENIE KOŁNIERZOWE

WR/8-0,3-2200/T-POLONIT K-100/4 BN-83/2222-53

5. Wartości ciśnień obliczeniowych, w zależności od temperatury:

- dla $p_{nom} = 0,16$ MPa - wg tabl. 1,
- dla $p_{nom} = 0,3$ MPa - wg tabl. 2.

³⁾ W technicznie uzasadnionych przypadkach dopuszcza się stosowanie śrub dwustronnych również w zakresie temperatur nie przekraczających 200 °C.

⁴⁾ W przypadku przyjęcia większej grubości s niż wartość minimalna wg BN-81/2222-48, należy grubość s podać w oznaczeniu połączenia kołnierzowego.

Zgłoszona przez Ministerstwo Przemysłu Chemicznego i Lekkiego
Ustanowiona przez Ministra Przemysłu Chemicznego i Lekkiego dnia 3 lutego 1983 r.
jako norma obowiązująca od dnia 1 lipca 1983 r.
(Dz. Norm. i Miar nr 5/1983 poz. 9)

Tablica 1

$D_w^{1)}$	Rodzaj połączenia	Ciśnienie obliczeniowe, MPa, dla temperatur, °C					
		20	100	150	200	250	300
600	ZZ	stosować połączenia na ciśnienie nominalne 0,5 MPa wg BN-83/2222-54					
	WR						
700	ZZ						
	WR						
800	ZZ						
	WR						
(900)	ZZ	stosować połączenia na ciśnienie nominalne 0,4 MPa wg BN-83/2222-54					
	WR						
1000	ZZ						
	WR						
(1100)	ZZ						
	WR						
1200	ZZ						
	WR						
(1300)	ZZ	stosować połączenia na ciśnienie nominalne 0,3 MPa wg tabl. 2					
	WR						
1400	ZZ						
	WR						
(1500)	ZZ						
	WR						
1600	ZZ						
	WR						
(1700)	ZZ	ciśnienie nominalne 0,16	0,160	0,143	0,134	0,126	0,117
	WR		0,155	0,138	0,129	0,120	0,111
1800	ZZ		0,154	0,137	0,129	0,121	0,113
	WR		0,149	0,133	0,124	0,116	0,107
(1900)	ZZ		0,151	0,135	0,127	0,119	0,111
	WR		0,147	0,131	0,123	0,114	0,106
2000	ZZ		0,168	0,150	0,141	0,132	0,123
	WR		0,164	0,146	0,137	0,127	0,118
2200	ZZ		0,152	0,136	0,128	0,119	0,111
	WR		0,149	0,133	0,124	0,116	0,107
2400	ZZ		0,147	0,131	0,123	0,115	0,107
	WR		0,145	0,130	0,121	0,113	0,105
2600	ZZ		0,149	0,133	0,125	0,117	0,109
	WR		0,148	0,132	0,124	0,115	0,107
2800	ZZ		0,152	0,135	0,127	0,119	0,111
	WR		0,150	0,134	0,126	0,117	0,109
3000	ZZ		0,147	0,131	0,123	0,115	0,107
	WR		0,146	0,130	0,122	0,114	0,106

¹⁾ Średnice wewnętrzne zbiorników i aparatów wg BN-75/2201-01. Średnice w nawiasach są nie zalecane.

Tablica 2

$D_w^{1)}$	Rodzaj połączenia	Ciśnienie obliczeniowe, MPa, dla temperatur, °C					
		20	100	150	200	250	300
600	ZZ	stosować połączenia na ciśnienie nominalne 0,5 MPa wg BN-83/2222-54					
	WR						
700	ZZ						
	WR						
800	ZZ						
	WR						
(900)	ZZ	stosować połączenia na ciśnienie nominalne 0,5 MPa wg BN-83/2222-54					
	WR						
1000	ZZ						
	WR						
(1100)	ZZ	ciśnienie nominalne 0,3	0,314	0,281	0,264	0,247	0,230
	WR		0,300	0,266	0,249	0,231	0,213
1200	ZZ		0,297	0,265	0,249	0,233	0,217
	WR		0,284	0,252	0,236	0,219	0,203
(1300)	ZZ		0,296	0,264	0,248	0,233	0,217
	WR		0,284	0,253	0,236	0,220	0,203
1400	ZZ		0,295	0,264	0,248	0,232	0,216
	WR		0,284	0,253	0,236	0,220	0,204
(1500)	ZZ		0,306	0,275	0,256	0,239	0,204
	WR		0,296	0,263	0,246	0,229	0,212
1600	ZZ		0,293	0,262	0,246	0,230	0,206
	WR		0,284	0,253	0,237	0,220	0,204
(1700)	ZZ		0,283	0,252	0,237	0,221	0,206
	WR		0,275	0,244	0,229	0,213	0,197
1800	ZZ		0,283	0,253	0,233	0,222	0,203
	WR		0,276	0,245	0,230	0,214	0,198
(1900)	ZZ		0,290	0,259	0,241	0,227	0,205
	WR		0,282	0,251	0,235	0,219	0,203
2000	ZZ		0,290	0,259	0,234	0,228	0,207
	WR		0,283	0,252	0,236	0,220	0,204
2200	ZZ		0,277	0,240	0,232	0,217	0,202
	WR		0,271	0,242	0,226	0,211	0,195
2400	ZZ		0,286	0,255	0,240	0,224	0,208
	WR		0,283	0,252	0,237	0,222	0,205

¹⁾ Średnice wewnętrzne zbiorników i aparatów - wg BN-75/2201-01. Średnice w nawiasach są nie zalecane.

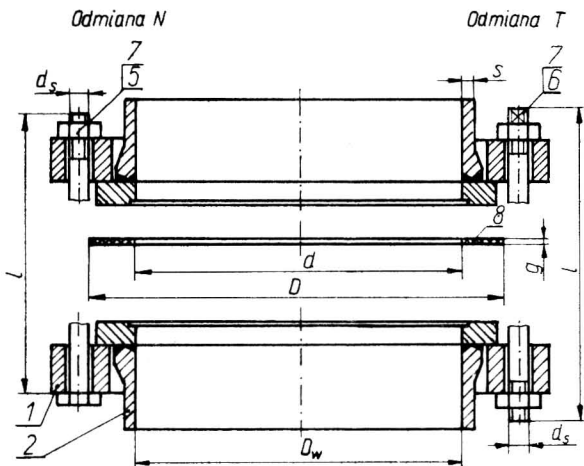
6. Wymiary połączenia kotnierzowego rodzaju ZZ i

WR:

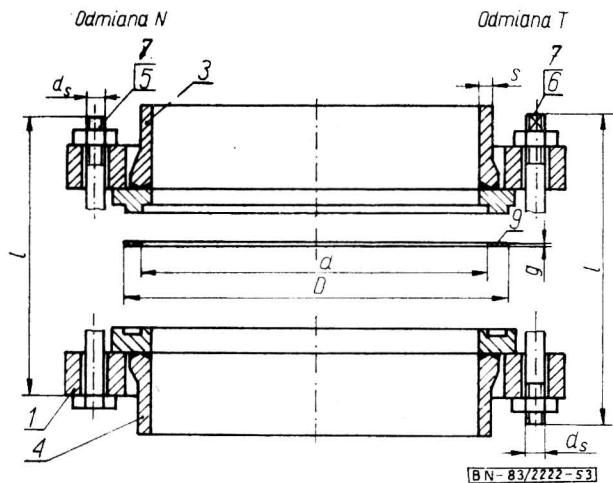
- $p_{nom} = 0,16$ MPa - wg rysunku i tabl. 3,

- $p_{nom} = 0,3$ MPa - wg rysunku i tabl. 4,

Połączenie kołnierzowe z przylgą zgrubną (ZZ)



Połączenie kołnierzowe z występem i rowkiem (WR)



Tablica 3

D_w ¹⁾	Rodzaj połączenia	Symbol oznaczenia kołnierza wg BN-81/2222-48	Uszczelka		Śruba					Masa								
			d ²⁾	D ²⁾	ze łbem sześciokątnym		dwustronna		liczba sztuk	nakrętki	połączenia							
					$d_s \times l$	masa	$d_s \times l$	masa										
mm			mm		kg	mm	kg			kg								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12							
600	stosować połączenie na ciśnienie nominalne 0,5 MPa wg BN-83/2222-54																	
700																		
800	stosować połączenie na ciśnienie nominalne 0,4 MPa wg BN-83/2222-54																	
(900)																		
1000																		
(1100)																		
1200	stosować połączenie na ciśnienie nominalne 0,3 MPa wg tabl. 2.																	
(1300)																		
1400																		
(1500)																		
1600																		
(1700)	ZZ	Z-0, 16/1700/5	1700	1768	M20x180	0,495	M20x270	0,50	48	0,062	338							
	WR	W-0, 16/1700/5	1719	1745														
		R-0, 16/1700/5																
1800	ZZ	Z-0, 16/1800/5	1800	1868	M20x180	0,495	M20x220	0,50	52	0,062	358							
	WR	W-0, 16/1800/5	1819	1845														
		R-0, 16/1800/5																
(1900)	ZZ	Z-0, 16/1900/5	1900	1968	M20x190	0,519	M20x220	0,50	56	0,062	395							
	WR	W-0, 16/1900/5	1919	1945														
		R-0, 16/1900/5																
2000	ZZ	Z-0, 16/2000/6	2000	2068	M20x200	0,543	M20x230	0,53	60	0,062	424							
	WR	W-0, 16/2000/6	2019	2045														
		R-0, 16/2000/6																
2200	ZZ	Z-0, 16/2200/6	2200	2268	M20x200	0,543	M20x240	0,55	64	0,062	488							
	WR	W-0, 16/2200/6	2219	2245														
		R-0, 16/2200/6																
2400	ZZ	Z-0, 16/2400/6	2400	2468	M20x220	0,591	M20x250	0,58	68	0,062	567							
	WR	W-0, 16/2400/6	2419	2445														
		R-0, 16/2400/6																
2600	ZZ	Z-0, 16/2600/6	2600	2668	M20x240	0,639	M20x260	0,60	72	0,062	652							
	WR	W-0, 16/2600/6	2619	2645														
		R-0, 16/2600/6																
2800	ZZ	Z-0, 16/2800/6	2800	2868	M20x240	0,639	M20x280	0,65	80	0,062	734							
	WR	W-0, 16/2800/6	2819	2845														
		R-0, 16/2800/6																
3000	ZZ	Z-0, 16/3000/6	3000	3068	M20x260	0,687	M20x280	0,65	88	0,062	816							
	WR	W-0, 16/3000/6	3019	3045														
		R-0, 16/3000/6																

1) Średnice wewnętrzne aparatów - wg BN-75/2201-01. Średnice w nawiasach są nie zalecane.

2) Wymiary d i D - wg BN-77/2222-16. Grubość uszczelki g określa projektant i wpisuje w oznaczeniu połączenia kołnierzowego wg p. 4.

Tablica 4

$D_w^{1)}$	Rodzaj połączenia	Symbol oznaczenia kotnierza wg BN-81/2222-48	Uszczelka		Śruba					Masa								
			$d^{2)}$	$D^{2)}$	ze łbem sześciokątnym		dwustronna		licz- ba sztuk	nakrętki	połącze- nia							
					$d_s \times l$	masa	$d_s \times l$	masa										
					mm		kg			mm	kg	kg						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12							
600	stosować połączenie na ciśnienie nominalne 0,5 MPa wg BN-83/2222-54																	
700																		
800																		
(900)	stosować połączenie na ciśnienie nominalne 0,4 MPa wg BN-83/2222-54																	
1000																		
(1100)	ZZ	Z-0,3/1100/5	1100	1168	M20x160	0,447	M20x200	0,46	36	0,062	194							
	WR	W-0,3/1100/5	1119	1145														
		R-0,3/1100/5																
1200	ZZ	Z-0,3/1200/5	1200	1268	M20x170	0,471	M20x200	0,46	40	0,062	222							
	WR	W-0,3/1200/5	1219	1245														
		R-0,3/1200/5																
(1300)	ZZ	Z-0,3/1300/5	1300	1368	M20x180	0,495	M20x210	0,48	44	0,062	252							
	WR	W-0,3/1300/5	1319	1345														
		R-0,3/1300/5																
1400	ZZ	Z-0,3/1400/5	1400	1468	M20x190	0,519	M20x220	0,50	44	0,062	283							
	WR	W-0,3/1400/5	1419	1445														
		R-0,3/1400/5																
(1500)	ZZ	Z-0,3/1500/6	1500	1568	M20x190	0,519	M20x220	0,50	48	0,062	309							
	WR	W-0,3/1500/6	1519	1545														
		R-0,3/1500/6																
1600	ZZ	Z-0,3/1600/6	1600	1668	M20x200	0,543	M20x240	0,55	48	0,062	350							
	WR	W-0,3/1600/6	1619	1645														
		R-0,3/1600/6																
(1700)	ZZ	Z-0,3/1700/6	1700	1768	M20x220	0,591	M20x240	0,55	52	0,062	386							
	WR	W-0,3/1700/6	1719	1745														
		R-0,3/1700/6																
1800	ZZ	Z-0,3/1800/6	1800	1868	M20x220	0,591	M20x250	0,58	56	0,062	425							
	WR	W-0,3/1800/6	1819	1845														
		R-0,3/1800/6																
(1900)	ZZ	Z-0,3/1900/6	1900	1968	M20x240	0,639	M20x270	0,63	64	0,062	482							
	WR	W-0,3/1900/6	1919	1945														
		R-0,3/1900/6																
2000	ZZ	Z-0,3/2000/6	2000	2068	M20x240	0,639	M20x280	0,65	68	0,062	525							
	WR	W-0,3/2000/6	2019	2045														
		R-0,3/2000/6																
2200	ZZ	Z-0,3/2200/6	2200	2268	M20x260	0,687	M20x300	0,70	76	0,062	615							
	WR	W-0,3/2200/6	2219	2245														
		R-0,3/2200/6																
2400	ZZ	Z-0,3/2400/6	2400	2474	M24x300	1,15	M24x330	1,01	76	0,107	870							
	WR	W-0,3/2400/6	2420	2450														
		R-0,3/2400/6																

1) Średnice wewnętrzne aparatów - wg BN-75/2201-01. Średnice w nawiasach są nie zalecane.
2) Wymiary d i D - wg BN-77/2222-16. Grubość uszczelki g określa projektant i wpisuje w oznaczeniu połączenia kotnierzego wg p. 4.

7. Materiał – wg tabl. 5.

Tablica 5

Nr części na rysunku	Nazwa części	Liczba sztuk rodzaju		Materiał	
		ZZ	WR	Odmiana N	Odmiana T
1	Kołnierz	2	2	wg BN-81/2222-48	
2	Pierścień z przylgą zgrubną (Z)	2	-		
3	Pierścień z występem (W)	-	1		
4	Pierścień z rowkiem (R)	-	1		
5	Śruba ze łbem sześciokątnym średniokładna wg PN-74/M-82101	n ¹⁾		śruba nieciechowana (handlowa)	-
6	Śruba dwustronna (S) wg PN-68/H-74302	n		-	pręt wg PN-80/H-93015 ze stali St5 wg PN-72/H-84020
7	Nakrętka średniokładna wg PN-75/M-82144	n		nakrętka nieciechowana (handlowa)	-
8	Nakrętka sześciokątna wysoka typu N wg PN-68/H-74303	2n		-	pręt wg PN-80/H-93015 ze stali St4S wg PN-72/H-84020
9	Uszczelka	1	-	płyta azbestowa lub płyty azbestowo-kauczukowe wg PN-79/M-11022.	
10	Uszczelka	-	1		
Wyroby hutnicze powinny mieć atesty zgodne z Przepisami DT/Z/63 p. 6. 1.					
1) Liczba śrub - wg tabl. 3 i 4.					
2) Dopuszcza się zastosowanie innego materiału uszczelniającego, jeżeli odpowiada warunkom podanym w p. 2b).					
Określenie materiału należy podać w oznaczeniu połączenia kołnierzowego wg p. 4.					

8. Przebieg i warunki montażu. Montaż połączenia przeprowadzić zgodnie z instrukcją zakładową, z uwzględnieniem wymagań wg BN-79/2222-10.

K O N I E C

Informacje dodatkowe

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę – Biuro Projektów Przemysłu Organicznego, Warszawa.

2. Normy i dokumenty związane

PN-68/H-74302 Rurociągi i armatura, Śruby dwustronne do połączeń kotłowych

PN-68/H-74303 Rurociągi i armatura, Nakrętki sześciokątne wysokie z podtoczeniem do połączeń kotłowych

PN-72/H-84020 Stal węglowa konstrukcyjna zwykłej jakości ogólnego przeznaczenia, Gatunki

PN-80/H-93015 Pręty stalowe walcowane na gorąco na wyroby pracujące w podwyższonych temperaturach

PN-79/M-11022, 01, Wyroby azbestowo-kauczukowe, Płyty uszczelniające typu It, Polonit 200

Arkusz 02 – – Polonit 300

Arkusz 03 – – Polonit W

Arkusz 04 – – Polonit UW-10

Arkusz 05 – – Polonit PP

Arkusz 06 – – Polonit K-100

Arkusz 07 – – Polonit B-200

Arkusz 08 – – Polonit S-500

Arkusz 09 – – Polonit S-1000

Arkusz 10 – – Stalit

PN-74/M-82101 Śruby ze łbem sześciokątnym

PN-75/M-82144 Nakrętki sześciokątne

BN-75/2201-01 Aparaty typu zbiornikowego, Średnice

BN-81/2201-06 Zbiorniki i aparaty chemiczne, Zakresy i wartości ciśnień nominalnych

BN-79/2222-10 Kotłownie i połączenia kotłowni dla zbiorników i aparatów, Wymagania i badania

BN-77/2222-16 Zbiorniki i aparaty, Uszczelki płaskie

BN-81/2222-48 Zbiorniki i aparaty odporne na korozję, Kotłownie luźne ze stali węglowej z pierścieniami sztywnymi ze stali stopowej na ciśnienie nominalne 0, 16 i 0, 3 MPa

BN-83/2222-54 Zbiorniki i aparaty ze stali odpornej na korozję, Połączenia kotłowni luźnych z pierścieniami sztywnymi na ciśnienia nominalne 0, 4, 0, 5 i 0, 6 MPa

Przepisy Dozoru Technicznego, Połączenia kotłowniowo-śrubowe DT/O-219/63 oraz stałe zbiorniki ciśnieniowe DT/Z/63

3. Symbol wg SWW – 0759-19,4. Autor normy – praca zbiorowa,

5. Zalecana grubość uszczelki azbestowych i azbestowo-kauczukowych – 3 mm,

6. Wartości minimalnych i maksymalnych momentów dokręcania nakrętek (śrub) dla ciśnienia nominalnego – wg tablicy, w której:

N_m – naciąg montażowy śrub,

Q_m – obciążenie jednej śruby od naciągu montażowego,

d – średnica gwintu śruby,

P – skok gwintu,

M_m – minimalny moment dokręcania śrub dla uzyskania szczelności połączenia kotłowniowego,

M_d – maksymalny moment dokręcania ze względu na wytrzymałość śrub,

7. Uzgodnienie normy z Urzędem Dozoru Technicznego,

Norma zgodna z Przepisami Urzędu Dozoru Technicznego.

Uzgodniono dnia 1 września 1981 r. pismem LN/nr/PL/1/81.

p_{nom}	D_w	Rodzaj połączenia	N_m	Q_m	Wymiary gwintu		M_m	M_d
					d	P		
MPa	mm		N		mm		N · m	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0, 16	1700	ZZ	1017940	21200	20	2, 5	71, 6	93, 5
		WR	877560	18280			61, 7	
	1800	ZZ	1076440	20700			69, 8	
		WR	928230	17850			60, 2	
	1900	ZZ	1134950	20260			68, 4	
		WR	978890	17480			59, 0	
	2000	ZZ	1193450	19890			67, 1	
		WR	1029560	17150			57, 9	
	2200	ZZ	1310460	20470			69, 1	
		WR	1130900	17670			59, 6	
	2400	ZZ	1512500	22240			75, 0	
		WR	1232230	18120			61, 1	

cd. tablicy

p_{nom}	D_w	Rodzaj połączenia	N_m	Q_m	Wymiary gwintu		M_m	M_d
					d	P		
MPa	mm		N		mm		N·m	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0, 16	2600	ZZ	1636600	22730	20	2, 5	76, 7	93, 5
		WR	1333570	18520			62, 5	
	2800	ZZ	1760710	22000			74, 3	
		WR	1531790	19140			64, 6	
	3000	ZZ	1884810	21410			72, 3	
		WR	1746650	19840			67, 0	
0, 3	1100	ZZ	666930	18520			62, 5	
		WR	573550	15930			53, 8	
	1200	ZZ	725430	18130			61, 2	
		WR	624220	15600			52, 7	
	1300	ZZ	783930	17810			60, 1	
		WR	691790	15720			53, 0	
	1400	ZZ	842430	19140			64, 6	
		WR	790960	17970			60, 7	
	1500	ZZ	924520	19260			65, 0	
		WR	896730	18680			63, 0	
	1600	ZZ	1038650	21630			73, 0	
		WR	1009100	21020			70, 9	
	1700	ZZ	1159380	22290			75, 2	
		WR	1128060	21690			73, 2	
	1800	ZZ	1286710	22970			77, 5	
		WR	1253630	22380			75, 5	
	1900	ZZ	1420640	22190			74, 9	
		WR	1385780	21650			73, 1	
	2000	ZZ	1561160	22950			77, 5	
		WR	1524540	22420			75, 6	
	2200	ZZ	1861990	24500			82, 7	
		WR	1821850	23970			80, 9	
	2400	ZZ	2215810	29150	24	3	118, 0	162
		WR	2163210	28460			115, 2	

$$M_d = 1,06 \frac{d_1^2 \cdot R_e \cdot P}{k \cdot 1000} \text{ N}\cdot\text{m (wg PN-81/M-82056),}$$

gdzie:

1,06 - współczynnik uwzględniający tarcie,

d_1 - średnica rdzenia śruby, mm,

R_e - granica plastyczności materiału śruby w temperaturze 20 °C, MPa,

P - skok gwintu, mm,

k - współczynnik bezpieczeństwa ($k = 1,43$),

Dla śrub i nakrętek nieciechowanych zgodnie z decyzją UDT IM-13-9/1 z dnia 30 września 1972 r. przyjęto $R_e = 180 \text{ MPa}$ przy 20 °C

$$M_m = 1,06 Q_m \frac{4P}{\pi \cdot 1000} \text{ N}\cdot\text{m}$$