

5.2. OCHROPOWATOŚĆ BEZWZGLĘDNA k RUR (PN-76/M-34034)

Lp.	Materiał i rodzaj rury	Stan powierzchni i warunki eksploatacji	Bezwzględna chropowatość rury k [mm]
1	2	3	4
1	Rury walcowane z miedzi, mosiądzu, brązu	gładkie	$0,0015 \div 0,010$
	Aluminium	gładkie	$0,015 \div 0,060$
2	Rury stalowe walcowane	nowe, nie używane	$0,02 \div 0,10$
		oczyszczone, eksploatowane kilka lat	do 0,04
		bituminizowane	do 0,04
		ciepłownicze przewody pary przegrzanej bądź wody chemicznie zmiękczonej i odgazowanej	0,10
		gazociągi po roku eksploatacji	0,12
		gazociągi w przepompowni szybu wiertniczego w różnych warunkach po dłuższej eksploatacji	$0,04 \div 0,20$
		gazociągi w szybie wiertniczym w różnych warunkach po dłuższej eksploatacji	$0,06 \div 0,022$
		przewody pary nasyconej i wody gorącej przy nieznacznych ubytkach wody do 0,5% i przy odgazowaniu wody uzupełniającej	0,20
		przewody ciepłownicze bez uwzględnienia źródła uzupełniania	0,02
		przewody naftowe dla średnich warunków eksploatacji	0,02
		przewody nieznacznie skorodowane	0,4
		przewody z niedużymi osadami kamienia	0,4
		przewody pary okresowo eksploatowane i przewody kondensatu z otwartym systemem przetłaczania	0,5
		przewody powietrza do sprężarek	0,8
		przewody po kilku latach eksploatacji w różnych warunkach (skorodowane lub z niedużymi osadami)	$0,15 \div 1,0$
		przewody kondensatu periodycznie eksploatowane, przewody wody grzewczej przy braku odgazowania i chemicznego zmiękczenia wody uzupełniającej i przy znacznych ubytkach wody z sieci (1,5–3,0%)	1,0
		przewody wody w eksploatacji	$1,2 \div 1,5$
		przewody wody z większymi osadami kamienia	około 3,0
		przewody wody z powierzchnią w złym stanie z nie-równomiernie ułożonymi połączeniami	powyżej 5,0

c.d. tabl.

1	2	3	4
3	Rury stalowe spawane	nowe lub stare w dobrym stanie, połączenia spawane lub zgrzewane	$0,04 \div 0,10$
		nowe bituminizowane	około 0,05
		będące w eksploatacji, powłoka częściowo usunięta, skorodowane	około 0,10
		będące w eksploatacji, równomiernie skorodowane	około 0,15
		bez wgłębień w miejscach połączeń, pokryte powłoką o grubości około 10 mm, dobry stan powierzchni	$0,3 \div 0,4$
		magistralne przewody gazu po znacznej eksploatacji	około 0,5
		z pojedynczym lub podwójnym szwem, z zewnątrz pokryte warstwą o grubości 10 mm lub bez warstwy, lecz nie skorodowane	$0,6 \div 0,7$
		z zewnątrz pokryte powłoką, lecz nie wolne od korozji, zanieczyszczone w procesie eksploatacji z wodą, lecz nie skorodowane	$0,95 \div 1,0$
		gazociąg magistralny po 20 latach eksploatacji, osady warstwowe	1,1
		z podwójnym poprzecznym szwem, nie skorodowane, zanieczyszczone przez eksploatację z wodą	$1,2 \div 1,5$
		małe osady	1,5
		z podwójnym poprzecznym szwem, silnie skorodowane	2,0
		znaczne osady	$2,0 \div 4,0$
		gazociąg miejski, około 25 lat eksploatacji, nierównomierne osady smoły i naftalenu	2,4
		powierzchnia rur w złym stanie, nierównomiernie ułożone połączenia	powyżej 5,0

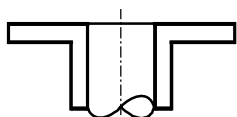
c.d. tabl.

1	2	3	4
4	Rury stalowe nitowane	nitowane wzdłuż i w poprzek, z jednym rzędem nitów, z zewnątrz pokryte powłoką o grubości 10 mm lub bez, lecz nie skorodowane	0,3 ÷ 0,4
		z podwójnym wzdłużnym i pojedynczym poprzecznym nitowaniem, z zewnątrz pokryte powłoką o grubości 10 mm lub bez, lecz nie skorodowane	0,6 ÷ 0,7
		z pojedynczym poprzecznym i podwójnym wzdłużnym nitowaniem, z zewnątrz smołowane lub pokryte warstwą o grubości 10–20 mm	1,2 ÷ 1,3
		z czterema lub sześcioma podłużnymi rzędami nitów, dłuższy czas w eksploatacji	2,0
		z czterema poprzecznymi i sześcioma podłużnymi rzędami nitów, połączenia z zewnątrz pokryte powłoką	4,0
		powierzchnia rur w złym stanie, nierównomiernie rozłożone połączenia	powyżej 5,0
5	Rury cienkościenne z blachy	nie pokostowane	0,02 ÷ 0,04
		pokostowane	0,10 ÷ 0,15
6	Rury stalowe ocynkowane	czysto ocynkowane, nowe	0,07 ÷ 0,10
		zwyczajnie ocynkowane	0,1 ÷ 0,15
7	Rury z blachy stalowej ocynkowane	nowe	0,15
		będące w eksploatacji na wodę	0,18
8	Rury żeliwne	nowe	0,25 ÷ 1,0
		nowe, bituminizowane	0,10 ÷ 0,15
		asfaltowane	0,12 ÷ 0,30
		wodne będące w eksploatacji	1,4
		będące w eksploatacji, skorodowane	1,0 ÷ 1,5
		z osadami	1,0 ÷ 1,5
		ze znacznymi osadami	2,0 ÷ 4,0
		oczyszczone po kilku latach eksploatacji	0,3 ÷ 1,5
9	Rury betonowe	dobrze wygładzona powierzchnia	0,3 ÷ 0,8
		średnie warunki gładkości	2,5
		szorstka powierzchnia	3 ÷ 9
	Rury żelbetowe	–	2,5
	Rury azbestowo-cementowe	nowe	0,05 ÷ 0,10
		używane	około 0,60

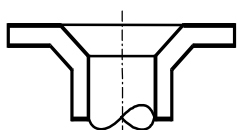
5.3. WSPÓŁCZYNNIKI STRAT LOKALNYCH ζ

5.3.1. Współczynniki strat przy wlocie do przewodu

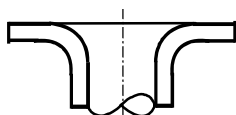
(Czetwertyński, 1958)



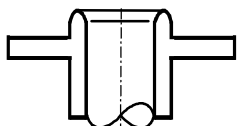
Wlot o ostrych krawędziach
 $\zeta = 0,5$



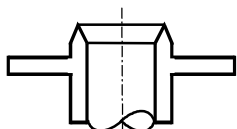
Wlot o ściętych krawędziach
 $\zeta = 0,25$



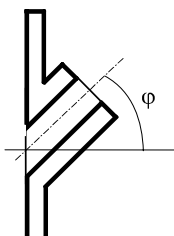
Wlot o dobrze zaokrąglonych krawędziach
 $\zeta = 0,10 \div 0,06$



Wlot do rury wystającej do zbiornika
przy zaokrąglonych krawędziach wystającej części
 $\zeta = 0,56$



Wlot do rury wystającej do zbiornika
przy ostrych krawędziach wystającej części
 $\zeta = 1,30$

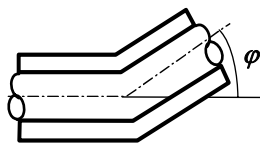


Wlot do rury pod kątem
 $\zeta = 0,5 + 0,3 \sin \varphi + 0,2 \sin^2 \varphi$

co daje wartości:

$\varphi [^\circ]$	10	30	45	60
ζ	0,558	0,700	0,812	0,910

5.3.2. Współczynnik strat przy zmianie kierunku

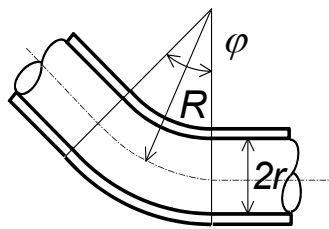


Załamanie przewodu

$$\zeta = 0,946 \sin^2 \frac{\varphi}{2} + 2,05 \sin^4 \frac{\varphi}{2}$$

co daje wartości:

$\varphi [^\circ]$	20	40	60	80	90	100	120	140	160
ζ	0,04	0,14	0,36	0,74	0,98	1,26	1,86	2,43	2,85



Łuk kołowy (kolano)

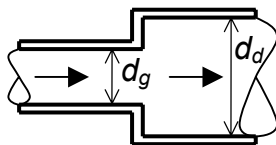
$$\zeta = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{r}{R} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{\varphi^\circ}{90^\circ} \right)$$

co daje wartości:

$\varphi [^\circ]$ r/R	20	40	60	80	90	100	120	140	160	180
0,1	0,029	0,058	0,088	0,117	0,132	0,146	0,175	0,205	0,234	0,263
0,2	0,031	0,061	0,092	0,122	0,138	0,153	0,183	0,214	0,245	0,275
0,3	0,035	0,070	0,106	0,141	0,158	0,176	0,211	0,246	0,281	0,317
0,4	0,046	0,091	0,137	0,183	0,206	0,229	0,274	0,320	0,366	0,412
0,5	0,065	0,131	0,196	0,262	0,294	0,327	0,392	0,458	0,523	0,589
0,6	0,098	0,196	0,293	0,391	0,440	0,489	0,587	0,684	0,782	0,880
0,7	0,147	0,294	0,441	0,588	0,661	0,734	0,881	1,028	1,175	1,322
0,8	0,217	0,434	0,651	0,868	0,977	1,085	1,302	1,520	1,737	1,954
0,9	0,313	0,626	0,939	1,252	1,408	1,565	1,878	2,191	2,504	2,817
1,0	0,440	0,879	1,319	1,758	1,978	2,198	2,637	3,077	3,516	3,956

5.3.3. Współczynnik strat przy nagłej zmianie przekroju

Nagłe zwiększenie przekroju



$$\zeta = \left(\frac{A_d}{A_g} - 1 \right)^2$$

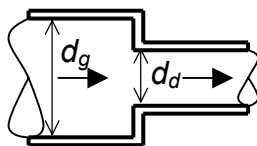
lub w odniesieniu do prędkości w górnym (węższym) przekroju:

$$\zeta = \left(1 - \frac{A_g}{A_d} \right)^2$$

Liczbowe wartości ζ w odniesieniu do prędkości w dolnym (szerszym) przekroju dla szeregu stosunków $A_d / A_g = (d_d / d_g)^2$ podane są w tablicy:

A_d / A_g	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0
ζ	0,04	0,16	0,36	0,64	1,00	2,25	4,00	6,25	9,00	16,00	25,00

Nagłe zmniejszenie przekroju

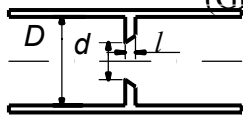


$$\zeta = \frac{0,0765}{\mu^2} + \left(\frac{1}{\mu} - 1 \right)^2$$

gdzie współczynnik wydatku μ jest funkcją stosunku $A_d / A_g = (d_d / d_g)^2$. Wartości μ oraz obliczone na podstawie wzoru wartości ζ zestawiono w tablicy:

A_d / A_g	0,01	0,10	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80
μ	0,64	0,65	0,66	0,68	0,70	0,75	0,84
ζ	0,50	0,47	0,44	0,38	0,34	0,25	0,15

Kryza ostrokrawędziowa cienkościennea
(Grabarczyk, 1997)



d^2/D^2	0,10	0,15	0,20	0,250	0,30	0,40	0,50	0,60
ζ	226	102	48	31	18	7.8	3.8	1.8

dla $l/d \leq 0,015$ i $Re \geq 10^5$; dla $Re < 10^5$ $\zeta = f(Re, d/D)$
(PN-76/M-34034)

Kraty (Czetwertyński, 1958)

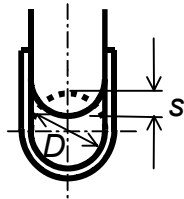
$$\zeta = C \left(\frac{d}{b} \right)^{\frac{4}{3}} \sin \varphi$$

gdzie: d – grubość pręta kraty,
 b – światło między prętami,
 φ – kąt pochylenia kraty względem poziomu
 C – współczynnik zależny od kształtu przekroju pręta:

kształt pręta							
C	2,52	1,83	1,67	1,03	0,92	0,76	1,79

5.3.4. Współczynnik strat przy przejściu przez zawory

Zasuwa

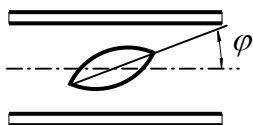


s/D	1/8	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8
ζ	0,07	0,26	0,81	2,06	5,25	17,0	97,8

Kurek



$\phi [^\circ]$	5	10	20	30	40	45	50	60	70	83
ζ	0,05	0,29	1,56	5,17	17,3	31,2	52,6	206	486	∞



Zawór motylkowy

$\phi [^\circ]$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	70	90
ζ	0,24	0,52	0,9	1,54	2,51	3,91	6,22	10,8	18,7	118	751	∞

Zawór grzybkowy normalny
(PN-76/M-34034)

d [mm]	13	20	40	80	100	150	200	250	300	350
ζ	10,8	8,0	4,9	4,0	4,1	4,4	4,7	5,1	5,4	5,5

dla zaworu całkowicie otwartego.

5.4. WYSOKOŚĆ CIŚNIENIA WRZENIA WODY p_o/γ
PRZY RÓŻNYCH TEMPERATURACH T (Czetwertyński, 1958)

T [°C]	0	4	10	20	30	40	50
p_o/γ [m]	0,06	0,08	0,12	0,24	0,42	0,75	1,25
T [°C]	60	70	80	85	90	95	100
p_o/γ [m]	2,00	3,20	4,80	5,90	7,15	8,60	10,33

