

 POLSKI KOMITET NORMALIZACJI I MIAR	POLSKA NORMA		PN-76 M-34034
	Rurociągi Zasady obliczeń strat ciśnienia		Zamiast PN-70/M-34034
			Grupa katalogowa VI 02
Pipelines Calculations of pressure losses	Tuyauterie Calculations des pertes de pression	Трубопроводы Расчет потерь давления	

SPIS TREŚCI**1. WSTĘP**

- 1.1. Przedmiot normy
- 1.2. Zakres stosowania normy
- 1.3. Określenia
 - 1.3.1. Stan spoczynku
 - 1.3.2. Średnia prędkość przepływu
 - 1.3.3. Współczynnik strat ciśnienia
 - 1.3.4. Współczynnik Saint-Venanta-Coriolisa
 - 1.3.5. Bezwzględna chropowatość rury
 - 1.3.6. Względna chropowatość rury
 - 1.3.7. Współczynnik strat tarcia
 - 1.3.8. Współczynnik strat miejscowych
- 1.4. Zestawienie ważniejszych oznaczeń
- 1.5. Układ wzorów

2.6.5.3. Przepływ adiabatyczny

2.7. Współczynnik strat ciśnienia

2.8. Współczynnik strat tarcia

2.9. Współczynnik strat miejscowych

3. OBLICZENIE WSPÓŁCZYNNIKA TARCIA RUR

- 3.1. Wytyczne ogólne
- 3.2. Współczynnik tarcia rur przy przepływach uwarstwionych
- 3.3. Współczynnik tarcia rur przy przepływach burzliwych
 - 3.3.1. Współczynnik tarcia rur przy przepływach wstrętliwych krytycznej
 - 3.3.2. Współczynnik tarcia dla rur hydraulicznie gładkich
 - 3.3.3. Współczynnik tarcia dla rur chropowatych

2. OBLICZENIE STRAT CIŚNIENIA

- 2.1. Bilans energetyczny
- 2.2. Strata ciśnienia wywołana oporami przepływu czynnika przez element rurociągu
- 2.3. Strata ciśnienia wywołana oporami przepływu czynnika przez odcinek rurociągu
- 2.4. Charakter przepływu czynnika w rurociągu
- 2.5. Przepływ cieczy
- 2.6. Przepływ gazów
 - 2.6.1. Ustalenia ogólne
 - 2.6.2. Prędkość krytyczna dźwięku w gazie
 - 2.6.3. Temperatura gazu w stanie spoczynku
 - 2.6.4. Ciśnienie stanu początkowego
 - 2.6.5. Charakterystyczne przepływy gazów
 - 2.6.5.1. Przepływ politropowy
 - 2.6.5.2. Przepływ izotermiczny

ZAŁĄCZNIKI

- Zał. 1 Rozkład prędkości wzdłuż przewodu przy przepływie izotermicznym
- Zał. 2 Rozkład prędkości wzdłuż przewodu przy przepływie adiabatycznym
- Zał. 3 Współczynnik tarcia rur

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę
2. Istotne zmiany w stosunku do PN-70/M-34034
3. Zbliżone dokumenty normalizacyjne
4. Autor projektu normy
5. Tablice pomocnicze
6. Wykresy dla wyznaczenia współczynników miejscowych strat ciśnienia
7. Uwagi do wydania II

Zgłoszone przez Ministerstwo Energetyki i Energii Atomowej
 Ustanowione przez Polski Komitet Normalizacji i Miar dnia 29 grudnia 1976 r.
 jako norma obowiązująca w zakresie czynności określonych normą od dnia 1 stycznia 1978 r.
 (Dz. Norm. i Miar nr 2/1977 poz. 6)
 Przedruk dozwolony tylko za zgodą Polskiego Komitetu Normalizacji i Miar

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są zasady obliczeń strat ciśnienia podczas przepływu jednorodnych gazów lub cieczy w instalacjach rurociągowych o przekroju kołowym, całkowicie wypełnionych czynnikiem.

1.2. Zakres stosowania normy. Normę należy stosować przy obliczeniu strat ciśnienia w rurociągach bądź ich elementach składowych przy przepływie ustalonym, ciągłym, jednorodnym gazów lub cieczy przy przepływie w zakresie prędkości podkrytycznych.

1.3. Określenia

1.3.1. Stan spoczynku (zahamowania) - stan dla czynnika o prędkości $w_0 = 0$. Dla gazu o parametrach T_1 i p_1 , płynącego z prędkością w_1 , stan spoczynku należy określać według odwracalnej przemiany sprężenia izentropowego. Dla gazu wpływającego do rurociągu ze stanu spoczynku rzeczywiste parametry gazu płynącego rurociągiem należy określać według odwracalnej przemiany rozprężenia izentropowego ze stanu spoczynku.

1.3.2. Średnia prędkość przepływu (w poprzecznym przekroju przełotu rurociągu) - iloraz objętościowego natężenia przepływu Q i pola przekroju rury F .

1.3.3. Współczynnik strat ciśnienia Z - iloraz ubytku energii ciśnienia czynnika Δp przy jego przepływie przez element rurociągu oraz całkowitej energii kinetycznej

$$Z = \frac{\Delta p}{\rho \frac{w^2}{2}} \quad (1)$$

1.3.4. Współczynnik Saint-Venanta-Coriolisa α - stosunek rzeczywistej energii kinetycznej strumienia płynu do jego energii kinetycznej liczonej względem prędkości średniej.

1.3.5. Bezwzględna chropowatość rury k - wielkość określająca charakter nierówności wewnętrznej powierzchni rury przyjmowana według danych wytwórcy lub według pomiarów.¹⁾

1.3.6. Względna chropowatość rury e - iloraz bezwzględnej chropowatości rury k i wewnętrznej średnicy rury d

$$e = \frac{k}{d} \quad (2)$$

¹⁾ Bezwzględna chropowatość rury zależy od materiału rury, sposobu jej produkcji, a ponadto zależy od warunków eksploatacji rury i czasu użytkowania. Orientacyjne wartości bezwzględnej chropowatości można przyjmować wg informacji dodatkowych p. 5, tabl. 1.

1.3.7. Współczynnik strat tarcia Z_f - iloraz wywołanego tarcielem ubytku energii mechanicznej czynnika i jego energii kinetycznej.

1.3.8. Współczynnik strat miejscowych Z_M - iloraz wywołanego oporem miejscowym ubytku energii mechanicznej czynnika i jego energii kinetycznej.

1.4. Zestawienie ważniejszych oznaczeń

Sym-bol	Jednostka miary SI	Jednostka miary techniczna	Wielkość
1	2	3	4
A	-	kcal (kg·m)	ciepły równoważnik pracy mechanicznej (przelicznik $A = \frac{1 \text{ kcal}}{427 \text{ kg·m}}$)
a	m/s	m/s	prędkość dźwięku
a_c	m/s	m/s	krytyczna prędkość dźwięku w gazie dla parametrów spoczynku
c_p	J/(kg·K)	kcal (kg·K)	ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu
d	m	m	wewnętrzna średnica rury
e	-	-	względna chropowatość rury
F	m ²	m ²	pole przekroju rury
g	m/s ²	m/s ²	normalne przyspieszenie ziemskie ($g = 9,80665 \text{ m/s}^2$)
h	m	m	wysokość położenia
k	m	m	bezwzględna chropowatość rury
l	m	m	długość rury
Ma	-	-	liczba Macha
n	-	-	wykładnik politropy
p	Pa	kg/m ²	ciśnienie bezwzględne
Δp	Pa	kg/m ²	strata ciśnienia
Q	m ³ /s	m ³ /s	natężenie przepływu objętościowe
R	J/(kg·K)	$\frac{\text{kg·m}}{\text{kg·K}}$	indywidualna stała gazowa
Re	-	-	liczba Reynoldsa
T	K	K	temperatura bezwzględna
u	J/kg	kcal/kg	energia wewnętrzna właściwa
w	m/s	m/s	średnia prędkość przepływu

cd. tablicy

Sym- bol	Jednostka miary SI	Jednostka miary techniczna	Wielkość
1	2	3	4
Z	-	-	współczynnik strat ciśnienia
α	-	-	współczynnik Saint- -Venanta-Coriolisa
ρ	kg/m ³	kg/m ³	gęstość
x	-	-	wykładnik adiabaty
λ	-	-	współczynnik tarcia
ν	m ² /s	m ² /s	kinematyczny współ- czynnik lepkości

Indeksy: 1 - stan początkowy, 2 - stan końcowy, i - stan bieżący, 0 - stan spoczynku, d - wielkość odniesiona do wewnętrznej średnicy rury.

1.5. Układ wzorów. Wzory w normie podano dla układu SI jako podstawowe oraz dla układu technicznego jako pomocnicze z numerami podporządkowanymi wzorom podstawowym (z literą a).

2. OBLICZENIE STRAT CIŚNIENIA

2.1. Bilans energetyczny czynnika płynącego rurociągiem w przekrojach 1 i 2, gdy przepływ odbywa się bez wymiany ciepła i masy w N/m² wyraża się wzorem

$$p_1 + g\varrho_1 h_1 + \alpha_1 \varrho_1 \frac{w_1^2}{2} + \varrho_1 u_1 = p_2 + g\varrho_2 h_2 + \alpha_2 \varrho_2 \frac{w_2^2}{2} + \varrho_2 u_w \quad (3)$$

lub w kg/m²

$$p_1 + \frac{1}{9,81} (g\varrho_1 h_1 + \alpha_1 \varrho_1 \frac{w_1^2}{2} + \varrho_1 u) = \quad (3a)$$

$$= p_2 + \frac{1}{9,81} (g\varrho_2 h_2 + \alpha_2 \varrho_2 \frac{w_2^2}{2} + \varrho_2 u)$$

Dla czynników nieściśliwych należy przyjąć $u_1 = u_2 = u$ oraz $\varrho_1 = \varrho_2 = \varrho$, przy czym dla osiowosymetrycznego pola prędkości czynnika $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$. Współczynnik α należy przyjmować dla:

- przepływu uwarstwionego $\alpha = 2$,
- przepływu burzliwego $\alpha = 1$.

2.2. Strata ciśnienia wywołana oporami przepływu czynnika przez element rurociągu. Stratę tę należy obliczać w N/m² ze wzoru

$$\Delta p_i = Z_i \varrho_i \frac{w_i^2}{2} \quad (4)$$

lub w kg/m² ze wzoru

$$\Delta p_i = Z_i \frac{\varrho_i}{9,81} \frac{w_i^2}{2} \quad (4a)$$

2.3. Strata ciśnienia wywołana oporami przepływu czynnika przez odcinek rurociągu. Stratę tę należy obliczać ze wzoru

$$\Delta p_{m-k} = \sum_{k=1}^n \Delta p_i \quad (5)$$

2.4. Charakter przepływu czynnika w rurociągu. Warunki hydrauliczne określa liczba Reynoldsa

$$Re = \frac{w d}{\nu} \quad (6)$$

Liczbę Reynoldsa należy obliczać dla przeciętnych warunków przepływu czynnika w rurze, przy czym:

$Re < 2300$ określa przepływ jako uwarstwiony,

$Re \geq 2300$ określa przepływ jako burzliwy.

Strefę, w której $2300 \leq Re < 4000$, określa się jako strefę krytyczną, w której ruch burzliwy jest niestabilizowany. Poza strefą krytyczną, gdy $Re \geq 4000$, ruch burzliwy określa się jako ustabilizowany. Ustabilizowanie się warunków hydraulicznych zachodzi w określonej odległości od wlotu czynnika w rurę.

Długość odcinka wstępnego od wlotu czynnika w rurę do ustabilizowania się przepływu uwarstwionego określa się w metrach ze wzoru

$$l = (0,029 \dots 0,06) d Re \quad (7)$$

Długość odcinka wstępnego od wlotu czynnika w rurę do ustabilizowania się przepływu burzliwego określa się w metrach ze wzoru

$$l = (7,88 \log Re - 4,35) d \quad (8)$$

2.5. Przepływ cieczy należy traktować jako przepływ czynników, dla których zmiany gęstości bądź ciężaru właściwego nie mają praktycznego wpływu na wyniki obliczania strat ciśnienia.

Straty ciśnienia przy przepływie cieczy należy obliczać pomijając ściśliwość cieczy.

2.6. Przepływy gazów

2.6.1. Ustalenia ogólne. Przepływy gazów należy traktować jako przepływy czynników ze zmienną gęstością bądź ciężaru właściwego czynnika.

Strata ciśnienia czynnika przy przepływie z uwzględnieniem rozprężenia czynnika jest większa od straty ciśnienia z pominięciem tego rozprężenia. Przemiany termodynamiczne podczas przepływu czynnika w rurociągu podporządkowane są ogólnej przemianie politropowej. W szczególnym przypadku przemiany politropowej przepływ może być izotermiczny bądź adiabatyczny.

Prędkość gazu w rurociągu wzrosnąć może jedynie do określonej wartości w_{max} , której nie może przekroczyć. Prędkość ta jest zależna wyłącznie od początkowych parametrów gazu.

2.6.2. Prędkość krytyczna dźwięku w gazie. W celu ułatwienia posługiwania się wzorami i wykresami normy, dla sprawnego określenia strat ciśnienia przepływu izotermicznego bądź przepływu adiabaticznego, należy określić krytyczną prędkość dźwięku w gazie w m/s wg wzoru

$$a_g = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa+1} RT_0} \quad (9)$$

lub

$$a_g = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa+1} 9,81 RT_0} \quad (9a)$$

2.6.3. Temperatura gazu w stanie spoczynku. Temperaturę gazu w stanie spoczynku należy określać - w K ze wzoru

$$T_0 = T_1 + \frac{w_1^2}{2c_p} \quad (10)$$

lub

- w K ze wzoru

$$T_0 = T_1 + \frac{A w_1^2}{2 \cdot 9,81 c_p} \quad (10a)$$

2.6.4. Ciśnienie stanu początkowego. Gaz będący w zbiorniku w stanie spoczynku przy ciśnieniu p_0 wpływając do rurociągu obniża swe ciśnienie do p_1 . Ciśnienie to należy określać w N/m^2 lub w kg/m^2 wg wzoru

$$p_1 = p_0 \left[1 - \frac{\kappa-1}{\kappa+1} \left(\frac{w_1}{a_g} \right)^2 \right]^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \quad (11)$$

2.6.5. Charakterystyczne przepływy gazów

2.6.5.1. Przepływ politropowy. Wykładnik politropy n i prędkość czynnika w_2 na końcu odcinka rurociągu powiązane są ze sobą wzorami (12) i (13)

$$Z = \left(RT_1 + \frac{\kappa-1}{2\kappa} w_1^2 \right) \left(\frac{1}{w_1^2} - \frac{1}{w_2^2} \right) - \frac{\kappa+1}{\kappa} \cdot 2,303 \log \frac{w_2}{w_1} \quad (12)$$

$$n = \frac{1}{1 - \frac{2R(T_1 - T_2)}{w_2^2 - w_1^2}} \quad (13)$$

$$Z = \left(9,81 RT_1 + \frac{\kappa-1}{2\kappa} w_1^2 \right) \left(\frac{1}{w_1^2} - \frac{1}{w_2^2} \right) - \frac{\kappa+1}{\kappa} \cdot 2,303 \log \frac{w_2}{w_1} \quad (12a)$$

$$n = \frac{1}{1 - \frac{2 \cdot 9,81 R(T_1 - T_2)}{w_2^2 - w_1^2}} \quad (13a)$$

Wykładnik n oraz prędkość w_2 należy wyznaczyć metodą kolejnych przybliżeń, tak aby przynależne sobie wartości n oraz w_2 spełniały jednocześnie wzory (12) i (13) lub (12a) i (13a).

Stratę ciśnienia w odcinku 1 - 2 rurociągu o stałej średnicy należy obliczać w N/m^2 lub kg/m^2 wg wzoru

$$\Delta p_{1-2} = p_1 \left(1 - \frac{w_1 T_1}{w_2 T_2} \right) \quad (14)$$

Kolejność obliczeń jest następująca:

- ustalenie parametrów czynnika R, w_1, T_1, T_2 .

- obliczenie współczynnika strat ciśnienia Z dla odcinka rurociągu wg 2.7,

- ustalenie metodą kolejnych prób i przybliżeń przynależnych sobie wykładnika politropy n i prędkości końcowej w_2 według wzorów (12) i (13) lub (12a) i (13a), w tym celu należy wstępnie przyjąć współczynnik n i obliczyć w_2 ze wzoru (13) bądź (13a), po czym wstawić obydwie wartości do wzoru (12) bądź (12a) i sprawdzić jego równość, a w przypadku braku równości należy zastosować kolejne przybliżenie z innymi n i w_2 ,

- obliczenie strat ciśnienia Δp_{1-2} wg wzoru (14).

2.6.5.2. Przepływ izotermiczny. Największą możliwą prędkość przepływu gazu na końcu rurociągu należy obliczać w m/s wg wzoru

$$w_{max} = \sqrt{RT_1} \quad (15)$$

lub

$$w_{max} = \sqrt{9,81 \cdot RT_1} \quad (15a)$$

Prędkość w_2 gazu w dowolnym przekroju rurociągu należy wyznaczyć ze wzoru

$$Z = w_{max}^2 \left(\frac{1}{w_1^2} - \frac{1}{w_2^2} \right) - 4,605 \log \frac{w_2}{w_1} \quad (16)$$

Ciśnienie p_2 gazu w dowolnym przekroju rurociągu należy obliczać w N/m^2 lub kg/m^2 wg wzoru

$$p_2 = p_1 \frac{w_1}{w_2} \quad (17)$$

Stratę ciśnienia gazu w odcinku 1 - 2 rurociągu należy obliczać w N/m^2 lub kg/m^2 wg wzoru

$$\Delta p_{1-2} = p_1 - p_2 \quad (18)$$

Zależność wyrażoną wzorem (16) przedstawiono graficznie w załączniku 1, w którym w funkcji współczynnika strat ciśnienia Z na osi odciętych dla określonego stosunku prędkości $\frac{w_1}{a_s}$ gazu z odpowiednim wykładnikiem adiabaty x należy odczytać na osi rzędnych stosunek prędkości $\frac{w_2}{a_s}$.

Kolejność obliczeń jest następująca:

- obliczenie krytycznej prędkości dźwięku a_s ze wzoru (9),
- obliczenie stosunku prędkości $\frac{w_1}{a_s}$,
- obliczenie współczynnika strat ciśnienia Z dla odcinka rurociągu wg 2.7,
- wyznaczenie stosunku prędkości $\frac{w_2}{a_s}$ według wykresu załącznika 1 w funkcji Z oraz $\frac{w_1}{a_s}$,
- obliczenie ciśnienia p_2 ze wzoru (17),
- obliczenie strat ciśnienia Δp_{1-2} ze wzoru (18).

2.6.5.3. Przepływ adiabatyczny. Największą możliwą prędkość przepływu gazu na końcu rurociągu należy obliczać w m/s wg wzoru

$$w_{\max} = a_s \quad (19)$$

Prędkość w_2 gazu w dowolnym przekroju rurociągu należy obliczyć ze wzoru

$$Z = \frac{w_1}{2x} a_s^2 \left(\frac{1}{w_1^2} - \frac{1}{w_2^2} \right) - 4,505 \log \frac{w_2}{w_1} \quad (20)$$

Ciśnienie p_2 gazu w dowolnym przekroju rurociągu należy obliczać w N/m^2 lub kg/m^2 ze wzoru

$$p_2 = p_1 \frac{\left(x+1 \right) \frac{a_s}{w_2} - (x-1) \frac{w_2}{a_s}}{\left(x+1 \right) \frac{a_s}{w_1} - (x-1) \frac{w_1}{a_s}} \quad (21)$$

Stratę ciśnienia gazu w odcinku 1-2 rurociągu należy obliczać w N/m^2 lub kg/m^2 ze wzoru

$$\Delta p_{1-2} = p_1 - p_2 \quad (22)$$

Zależność wyrażoną wzorem (20) przedstawiono graficznie w załączniku 2, w którym w funkcji współczynnika strat ciśnienia Z podanego na osi odciętych i dla określonego

stosunku prędkości $\frac{w_1}{a_s}$ gazu z odpowiednim wykładnikiem adiabaty x odczytuje się na osi rzędnych stosunek prędkości $\frac{w_2}{a_s}$.

Kolejność obliczeń jest następująca:

- obliczenie krytycznej prędkości dźwięku a_s ze wzoru (9),
- obliczenie stosunku prędkości $\frac{w_1}{a_s}$,
- obliczenie współczynnika strat ciśnienia Z dla odcinka rurociągu wg 2.7,
- wyznaczenie stosunku prędkości $\frac{w_2}{a_s}$ według wykresu załącznika 2 w funkcji Z oraz $\frac{w_1}{a_s}$,
- obliczenie ciśnienia końcowego p_2 ze wzoru (21),
- obliczenie strat ciśnienia Δp_{1-2} ze wzoru (22).

2.7. Współczynnik strat ciśnienia należy obliczyć wg wzoru

$$Z = Z_T + Z_M \quad (23)$$

2.8. Współczynnik strat tarcia Z_T należy obliczać wg wzoru

$$Z_T = \lambda \frac{l}{d} \quad (24)$$

Współczynnik tarcia rur λ dla rur hydraulicznie gładkich i chropowatych należy obliczać wg rozdz. 3. Współczynniki λ dla rur chropowatych można również wyznaczać graficznie wg wykresu podanego w załączniku 3.

2.9. Współczynnik strat miejscowych Z_M jest wielkością wynikającą ze stopnia zaburzenia ustabilizowanego przepływu czynnika w rurociągu. Współczynnik ten należy przyjmować wg danych wytwórcy bądź wyznaczać metodą pomiaru¹⁾.

3. OBLICZENIE WSPÓŁCZYNNIKA TARCIA RUR

3.1. Wytłuszczone ogólne. Metody obliczania współczynnika tarcia rur są uzależnione od charakteru przepływu (ustabilizowanego lub burzliwego) i odnoszą się do przepływów, w których

$$Ma = \frac{w}{a_s} \leq 0,8 \quad (25)$$

Sposób obliczania zależy od wartości liczby Reynoldsa obliczonej wg wzoru (6) oraz od stopnia gładkości rur, mierzonego względną chropowatością rury, obliczoną wg wzoru (2).

Przy przepływie burzliwym, ustabilizowanym, określonym wg 2.4 rury można traktować jako hydraulicznie gład-

¹⁾Przybliżone wartości współczynników strat miejscowych można przyjmować wg informacji dodatkowych p. 5, tabl. 3 + 8.

kie, gdy względna chropowatość rur jest równa lub mniejsza od granicznej chropowatości.

Dla rur z równomierną chropowatością, graniczną chropowatość należy obliczać wg wzoru Filonienko - Altšula

$$\epsilon_{gran} = \frac{18 \log Re - 16,4}{Re} \quad (26)$$

bądź przy $Re \leq 10^5$ wg wzoru Blasiusa

$$\epsilon_{gran} = 17,85 Re^{-0,875} \quad (27)$$

Dla rur z nierównomierną chropowatością, graniczną chropowatość należy obliczać wg przybliżonego wzoru Altšula - Ljačera

$$\epsilon_{gran} = \frac{23}{Re} \quad (28)$$

3.2. Współczynnik tarcia rur przy przepływach uwarstwionych ($Re \leq 2300$) dla rur należy obliczać wg wzoru Hagens - Poiseuille'a

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (29)$$

3.3. Współczynnik tarcia rur przy przepływach burzliwych

3.3.1. Współczynnik tarcia rur przy przepływach w strumieniu krytycznym ($2300 \leq Re \leq 4000$) dla gazociągów, można obliczać wg wzoru Zajčenki

$$\lambda = 0,0025 \sqrt[3]{Re} \quad (30)$$

3.3.2. Współczynnik tarcia dla rur hydraulicznie gładkich ($Re > 4000$, $\epsilon \leq \epsilon_{gran}$) należy obliczać wg wzoru Prandtl-Karmana

$$\lambda = \left(2 \log \frac{\sqrt{Re}}{2,51} \right)^{-2} \quad (31)$$

3.3.3. Współczynnik tarcia dla rur chropowatych ($Re > 4000$, $\epsilon > \epsilon_{gran}$) należy obliczać wg wzoru Colebrook-White'a

$$\lambda = \left[-2 \log \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{\epsilon}{3,72} \right) \right]^{-2} \quad (32)$$

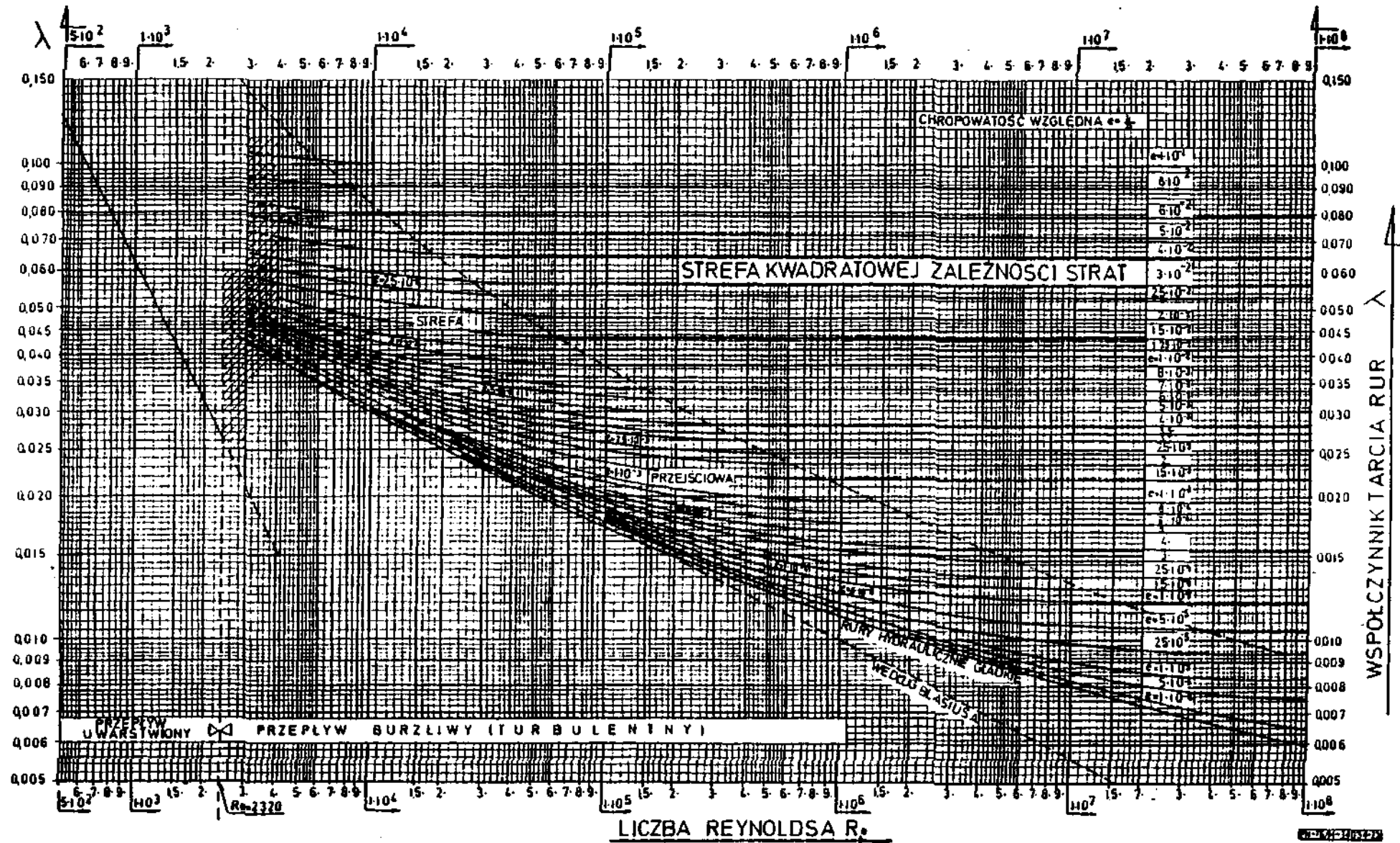
KONIEC

Załączniki 3

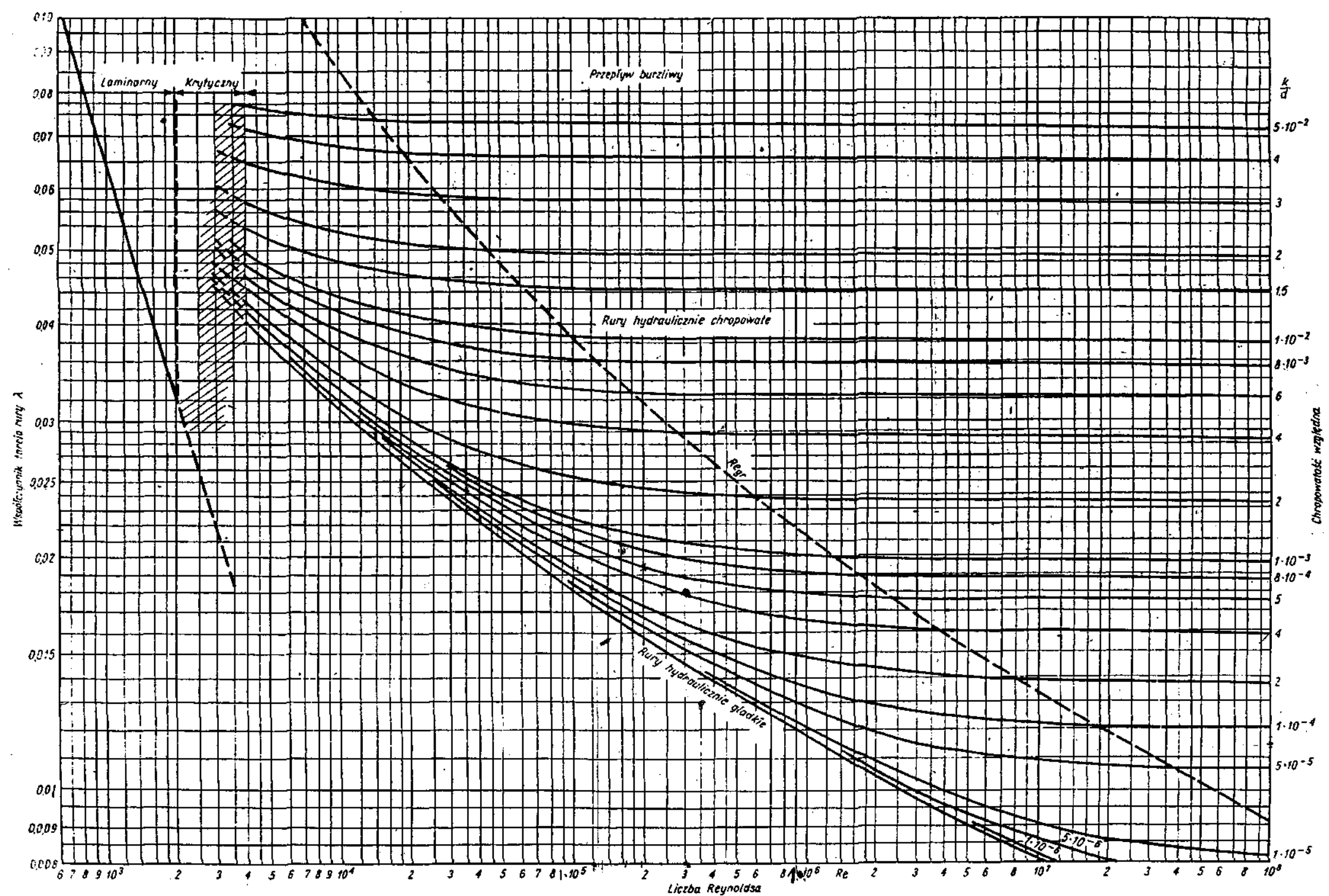
Informacje dodatkowe

WSPÓLCZYNNIK TARCIA RUR

ZALĄCZNIK 3



Załącznik 3 do PN-79/M.14034



Rys. 21-6. Wykres zależności współczynnika oporu hydraulicznego λ od liczby Reynoldsa Re i chropowości względnej wg Colebrooka i White'a (PN-76/M-34034)

INFORMACJE DODATKOWE**1. Instytucja opracowująca normę - Instytut Energetyki.****2. Istotne zmiany w stosunku do PN-70/M-34034**

- a) dostosowano treść normy do przebiegu inżynierskich obliczeń,
- b) usunięto z informacji dodatkowych zasady przybliżonych obliczeń strat ciśnienia gazów,
- c) poszerzono informacje dodatkowe o dodatkowe pozycje współczynników miejscowych strat ciśnienia,
- d) poszerzono informacje dodatkowe o wykresy dla wyznaczania współczynników miejscowych strat ciśnienia.

3. Zbliżone dokumenty informacyjne

VDI Handbuch - Energietechnik, Wärmetechnische Arbeitssmappe 1967, T. 7

4. Autor projektu normy - mgr inż. Teodor Pampuch, Bluro Studiów i Projektów Energetycznych - Energoprojekt, Katowice.

5. Tablice pomocnicze

- a) Tablica 1-1. Orientacyjne bezwzględne chropowatości rur,
- b) Tablica 1-2. Orientacyjne zalecane prędkości przepływu w rurociągach,
- c) Tablica 1-3 ÷ 1-8. Współczynniki miejscowych strat ciśnienia elementów rurociągów,
- Tablica 1-3. Wloty, zwężki, przegrody, rozszerzenia, wyloty - dla $Re > 10^4$
 - Tablica 1-4. Kolana gięte
 - Tablica 1-5. Kolana segmentowe i fałdowane
 - Tablica 1-6. Trójniki
 - Tablica 1-7. Armatura
 - Tablica 1-8. Kompensatory, zbiorniki

Tablica 1-1. Orientacyjne bezwzględne chropowatości rur

Lp.	Materiał i rodzaj rury	Stan powierzchni i warunki eksploatacji	Bezwzględna chropowatość rury $k \cdot 10^3$ m
1	2	3	4
1	Rury walcowane z miedzi, mosiądzu, brązu	gładkie	$0,0015 \pm 0,100$
	aluminium	gładkie	$0,015 \pm 0,06$
2	Rury stalowe walcowane	nowe, nie używane	$0,02 \pm 0,10$
		oczyszczone, eksploatowane kilka lat	do 0,04
		bituminizowane	do 0,04
		ciepłownicze przyrządy pary przegrzanej bądź wody chemicznej zmiękczonej i odgazowanej	0,10
		gazociągi po roku eksploatacji	0,12
		gazociągi w przepompowni szybu wiertniczego w różnych warunkach po dłuższej eksploatacji	$0,04 \pm 0,20$
		gazociągi w szybie wiertniczym w różnych warunkach po dłuższej eksploatacji	$0,06 \pm 0,22$
		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 uzupełnienia	0,20
		przewody naftowe dla średnich warunków eksploatacji	0,20
		przewody nieznacznie skorodowane	0,4
		przewody z niedużymi osadami kamienia	0,4
		przewody pary okresowo eksploatowane i przewody kondensatu z otwartym przettaczaniem	0,5
		przewody powietrza od sprężarek	0,6
		przewody po kilku latach eksploatacji w różnych warunkach (skorodowane lub z niedużymi osadami)	$0,15 \pm 1,0$

cd. tabl. 1-1

Lp.	Materiał i rodzaj rury	Stan powierzchni i warunki eksploatacji	Bezwzględna chropowatość rury $k \cdot 10^3$ m
1	2	3	4
2	Rury stalowe walcowane	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%)	1,0
		przewody wody w eksploatacji	1,2 ÷ 1,5
		przewody z większymi osadami kamienia	około 3,0
		przewody z powierzchnią w złym stanie z nierównomiernie ułożonymi połączeniami	powyżej 5,0
3	Rury stalowe spawane	nowe lub stare w dobrym stanie, połączenia spawane lub zgrzewane	0,04 ÷ 0,10
		nowe bitumiczne	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 ÷ 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 ÷ 0,7
		z zewnątrz pokryte powłoką, lecz nie wolne od korozji, zanieczyszczone w procesie eksploatacji z wodą, lecz nie skorodowane	0,95 ÷ 1,0
		gazociągi magistralne po 20 latach eksploatacji, osady warstwowe	1,1
		z podwójnym poprzecznym szwem, nie skorodowane, zanieczyszczone przez eksploatację z wodą	1,2 ÷ 1,5
		małe osady	1,5
		z podwójnym poprzecznym szwem, silnie skorodowane	2,0
		znaczne osady	2,0 ÷ 4,0
		miejskie gazociągi około 25 lat eksploatowane, nierównomierne osady smoły i naftalenu	2,4
		powierzchnie rur w złym stanie, nierównomiernie ułożone połączenia	powyżej 5,0
4	Rury stalowe nitowane	nitowane wzdłuż i w poprzek z jednym rzędem nitów, z zewnątrz pokryte powłoką (grubość warstwy 10 mm), dobry stan powierzchni	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, z podwójnym wzdłużnym nitowaniem, z zewnątrz smolowane lub pokryte powłoką (grubość warstwy 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
		powierzchnie rur w złym stanie, nierównomiernie rozłożone połączenia	powyżej 5,0
5	Rury cienkościennie z blachy	niepokostowane	0,02 ÷ 0,04
		pokostowane	0,10 ÷ 0,15
6	Rury stalowe ocynkowane	czyste ocynkowane, nowe	0,07 ÷ 0,10
		zwyczajnie ocynkowane	0,1 ÷ 0,15

cd. tabl. J-1

Lp.	Materiał i rodzaj rury	Stan powierzchni i warunki eksploatacji	Bezwzględna chropowatość rury $k \cdot 10^3$ m
1	2	3	4
7	Rury z blachy stalowej ocynkowane	nowe	0,15
		będące w eksploatacji na wodę	0,18
8	Rury żeliwne	nowe	$0,25 \pm 1,0$
		nowe, bituminizowane	$0,10 \pm 0,15$
		asfaltowane	$0,12 \pm 0,30$
		wodne będące w eksploatacji	1,4
		będące w eksploatacji skorodowane	$1,0 \pm 1,5$
		z osadami	$1,0 \pm 1,5$
		ze znacznymi osadami	$2,0 \pm 4,0$
		oczyszczone po kilku latach eksploatacji	$0,3 \pm 1,5$
		silnie skorodowane	do 3,0
9	Rury betonowe	dobrze wygładzone powierzchnie	$0,3 \pm 0,8$
		średnie warunki gładkości	2,5
		szorstkie powierzchnie	3
	Rury żelbetowe	-	2,5
	Rury azbestowo-cementowe	nowe	$0,05 \pm 0,10$
		używane	około 0,60

Tablica I-2. Orientacyjne zalecane prędkości przepływu w rurociągach

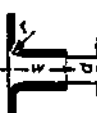
Czynnik	Rodzaje rurociągu		Prędkość m/s
1	2		3
Woda	rurociąg ssawny pomp	ogólnie, w zależności od wysokości ssania, długości rurociągu, temperatury	$0,5 \pm 1,0$
		dla pomp wirowych przy niskiej temperaturze	do 2,0
		dla pomp specjalnych dla wody gorącej (pracujących z napływem)	do 3,0
	rurociąg tłoczny pomp	wodny, zapowietrzony, korodujący	do 4,0
		zasilający kotły	$1,3 \pm 3,0$
		zasilający, awaryjny, obejściowy	do 5,0
		magistrali ciepłowniczej	$2,0 \pm 3,0$
		sieci ciepłowniczej odgałęzionej	$1,0 \pm 2,0$
		sieci ciepłowniczej przyłączeniowej	do 1,0
		magistrali wodnej	$1,3 \pm 3,0$
		sieci wodnej miejskiej	$0,5 \pm 1,0$
		zasilanie turbin	$1,0 \pm 7,0$
Pary wodna	pary nasyconej		15 ± 25
	pary zasilającej maszyny tłokowe		10 ± 25

cd. tabl. I-2

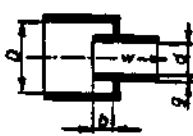
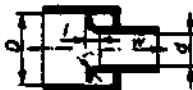
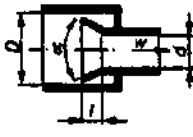
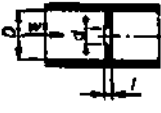
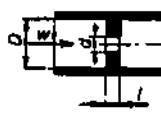
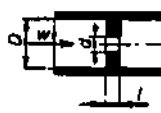
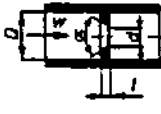
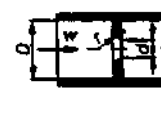
Czynnik	Rodzaje rurociągu	Prędkość m/s
1	2	3
Para wodna	pery przegrzanej przy $v^{1)} = 0,025$	35 ÷ 45
	pery przegrzanej przy $v = 0,05$	40 ÷ 50
	pery przegrzanej przy $v = 0,1$	45 ÷ 55
	pery przegrzanej przy $v = 0,2$	50 ÷ 60
	pery przegrzanej ponad 773 K i ponad 12,5 MN/m ² (około 125 kg/cm ²)	40 ÷ 50
Powietrze	ciśnieniowy	2 ÷ 15
Gaz	wysokociśnieniowy (magistrale dalekosiężne)	10 ÷ 25
	niskociśnieniowy	5 ÷ 10
	instalacji domowej	do 1,0
Olaj	-	1,0 ÷ 2,0

¹⁾ v - objętość właściwa czynnika w m³/kg.

Tablica I-3. Wloty, zwojki, przegrody, rozszerzenia, wyloty dla $Re > 10^4$

Lp.	Element		Współczynnik miejscowych strat ciśnienia Z												
	kształt	nazwa													
1		wlot prosty zaokrąglony	$\frac{r}{d}$	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,12	0,16	$\geq 0,2$	
			Z (nie toczony)	1,0	0,87	0,74	0,61	0,51	0,40	0,32	0,20	0,10	0,06	0,03	
			Z (toczony)	1,0	0,65	0,49	0,39	0,32	0,27	0,22	0,18	0,10	0,06	0,03	
2		wlot prosty zaokrąglony w ścianie	$\frac{r}{d}$	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,12	0,16	$\geq 0,2$	
			Z	0,5	0,43	0,36	0,31	0,26	0,22	0,20	0,15	0,09	0,06	0,03	
3		wlot prosty zaokrąglony z ekranem na wlocie	Z wg następującego zestawienia												
			$\frac{h}{d}$	α											
				0,10	0,125	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80		
			$\frac{r}{d} = 0,2$	-	0,80	0,45	0,19	0,12	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05		
			$\frac{r}{d} = 0,3$	-	0,50	0,34	0,17	0,10	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04		
			$\frac{r}{d} = 0,5$	0,65	0,36	0,25	0,10	0,07	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03		
			Z wg następującego zestawienia												
			$\frac{l}{d}$	α											
				0°	10°	20°	30°	40°	60°	100°	140°	180°			
			0,025	1,0	0,96	0,93	0,90	0,86	0,80	0,69	0,59	0,50			
0,050	1,0	0,93	0,86	0,80	0,75	0,67	0,56	0,53	0,50						
0,075	1,0	0,87	0,75	0,65	0,58	0,50	0,48	0,49	0,50						
0,10	1,0	0,80	0,67	0,55	0,48	0,41	0,41	0,44	0,50						
0,15	1,0	0,76	0,58	0,43	0,33	0,25	0,27	0,38	0,50						
0,25	1,0	0,68	0,45	0,30	0,22	0,17	0,22	0,34	0,50						
0,60	1,0	0,46	0,27	0,18	0,14	0,13	0,21	0,33	0,50						
1,0	1,0	0,32	0,20	0,14	0,11	0,10	0,16	0,30	0,50						

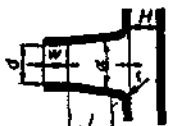
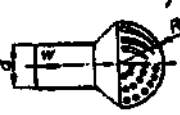
cd. tabl. 1-3

Lp.	Element		Współczynniki miejscowych strat ciśnienia Z																								
	kształt	nazwa																									
13		zwężka uskokowa z wysuniętym wlotem z ostrą krawędzią	$Z=Z_0\left(1-\frac{d^2}{D^2}\right)$ przy czym $Z_0 = f\left(\frac{q}{d}, \frac{b}{d}\right)$ należy wyznaczyć jak Z dla lp. 10																								
14		zwężka uskokowa z wysuniętym wlotem zaokrąglonym	$Z=Z_0\left(1-\frac{d^2}{D^2}\right)$ przy czym $Z_0 = f\left(\frac{r}{d}\right)$ należy wyznaczyć jak Z dla lp. 1																								
15		zwężka uskokowa z wysuniętym wlotem stożkowym	$Z=Z_0\left(1-\frac{d^2}{D^2}\right)$ przy czym $Z_0 = f\left(\alpha, \frac{d}{d}\right)$ należy wyznaczyć jak Z dla lp. 4																								
16		wlot skośny w rurę	<table><tr><td>α</td><td>20°</td><td>30°</td><td>45°</td><td>60°</td><td>70°</td><td>80°</td><td>90°</td></tr><tr><td>Z</td><td>0,96</td><td>0,91</td><td>0,81</td><td>0,70</td><td>0,63</td><td>0,56</td><td>0,50</td></tr></table>	α	20°	30°	45°	60°	70°	80°	90°	Z	0,96	0,91	0,81	0,70	0,63	0,56	0,50								
α	20°	30°	45°	60°	70°	80°	90°																				
Z	0,96	0,91	0,81	0,70	0,63	0,56	0,50																				
17		kryza ostro krawędziowa cienkościenna $\frac{l}{d} \leq 0,015$	$Re \geq 10^5; Z = \left(1 + 0,707 \sqrt{1 - \frac{d^2}{D^2} - \frac{d^{2,2}}{D^2}} \frac{D^{2,2}}{d^{2,2}}\right)$ $Re < 10^5; Z = \left[Z_0 + A \left(Z_0 - \frac{d^2}{D^2}\right)^2\right] \frac{D^{2,2}}{d^{2,2}}$ Z_0, Z_b, A jak dla lp. 28																								
18a		kryza grubościenna $Re > 10^5$ $\frac{l}{d} > 0,015$	$Z = \left(Z_0 + \frac{l}{d}\right) \frac{D^{2,2}}{d^{2,2}}$ $Z_0 = \left(0,5 + T \sqrt{1 - \frac{d^2}{D^2}}\right) \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right) + \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right)^2$ <table><tr><td>$\frac{l}{d}$</td><td>0</td><td>0,2</td><td>0,4</td><td>0,6</td><td>0,8</td><td>1,0</td><td>1,4</td><td>2,0</td><td>2,4</td><td>>2,4</td></tr><tr><td>T</td><td>1,35</td><td>1,22</td><td>1,10</td><td>0,84</td><td>0,42</td><td>0,24</td><td>0,10</td><td>0,02</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	$\frac{l}{d}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,4	2,0	2,4	>2,4	T	1,35	1,22	1,10	0,84	0,42	0,24	0,10	0,02	0	0		
$\frac{l}{d}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,4	2,0	2,4	>2,4																	
T	1,35	1,22	1,10	0,84	0,42	0,24	0,10	0,02	0	0																	
18b		kryza grubościenna $Re < 10^5$ $\frac{l}{d} > 0,015$	$Z = \left(Z_0 + A Z_0 + \lambda \frac{l}{d}\right) \frac{D^{2,2}}{d^{2,2}}$ Z_0, A jak dla lp. 28 Z_0 jak dla lp. 18a																								
19		kryza z ukośnem $40^\circ < \alpha < 60^\circ$ $Re > 10^4$	$Z = \left[1 + \sqrt{Z_0 \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right) - \frac{d^2}{D^2}}\right]^2 \frac{D^{2,2}}{d^{2,2}}$ <table><tr><td>$\frac{l}{d}$</td><td>0,01</td><td>0,02</td><td>0,03</td><td>0,04</td><td>0,05</td><td>0,08</td><td>0,12</td><td>>0,16</td></tr><tr><td>Z_0</td><td>0,46</td><td>0,42</td><td>0,38</td><td>0,35</td><td>0,29</td><td>0,23</td><td>0,16</td><td>0,13</td></tr></table>	$\frac{l}{d}$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,08	0,12	>0,16	Z_0	0,46	0,42	0,38	0,35	0,29	0,23	0,16	0,13						
$\frac{l}{d}$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,08	0,12	>0,16																			
Z_0	0,46	0,42	0,38	0,35	0,29	0,23	0,16	0,13																			
20		kryza z wyobleniem $Re > 10^4$	$Z = \left[1 + \sqrt{Z_0 \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right) - \frac{d^2}{D^2}}\right]^2 \frac{D^{2,2}}{d^{2,2}}$ <table><tr><td>$\frac{l}{d}$</td><td>0</td><td>0,01</td><td>0,02</td><td>0,03</td><td>0,04</td><td>0,05</td><td>0,06</td><td>0,08</td><td>0,12</td><td>0,16</td><td>>0,2</td></tr><tr><td>Z_0</td><td>0,5</td><td>0,44</td><td>0,37</td><td>0,31</td><td>0,26</td><td>0,22</td><td>0,19</td><td>0,15</td><td>0,09</td><td>0,06</td><td>0,03</td></tr></table>	$\frac{l}{d}$	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,12	0,16	>0,2	Z_0	0,5	0,44	0,37	0,31	0,26	0,22	0,19	0,15	0,09	0,06	0,03
$\frac{l}{d}$	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,12	0,16	>0,2																
Z_0	0,5	0,44	0,37	0,31	0,26	0,22	0,19	0,15	0,09	0,06	0,03																

cd. tabl. 1-3

Lp.	Element		Współczynnik miejscowych strat ciśnienia Z																								
	kształt	nazwa																									
29		kryza grubościenna $Re \geq 10^5$ $\frac{l}{d} > 0,015$	$Z = Z_0 + \frac{\lambda l}{d}$ $Z_0 = 0,5 \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right) + \left(1 - \frac{d^2}{D_0^2} \right) + T \sqrt{1 - \frac{d^2}{D^2} \left(1 - \frac{d^2}{D_0^2} \right)}$ T wg następującego zestawienia																								
			<table><tr><td>$\frac{l}{d}$</td><td>0</td><td>0,2</td><td>0,4</td><td>0,6</td><td>0,8</td><td>1,0</td><td>1,2</td><td>1,6</td><td>2,0</td><td>2,4</td></tr><tr><td>T</td><td>1,35</td><td>1,22</td><td>1,10</td><td>0,84</td><td>0,42</td><td>0,24</td><td>0,16</td><td>0,07</td><td>0,02</td><td>0</td></tr></table>	$\frac{l}{d}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	T	1,35	1,22	1,10	0,84	0,42	0,24	0,16	0,07	0,02	0		
			$\frac{l}{d}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4														
T	1,35	1,22	1,10	0,84	0,42	0,24	0,16	0,07	0,02	0																	
30		kryza grubościenna $Re < 10^5$ $\frac{l}{d} > 0,015$	$Z = Z_a + \lambda Z_0$ Z_0 i λ jak dla lp. 28 Z_0 jak dla lp. 29																								
31		kryza ostrokrawędziowa zbieżna	$Z = Z_0 \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right) + \left(1 - \frac{d^2}{D_0^2} \right) + T \sqrt{Z_0 \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right) \left(1 - \frac{d^2}{D_0^2} \right)}$ Z_0 wg następującego zestawienia																								
			<table><tr><td>$\frac{l}{d}$</td><td>0,01</td><td>0,02</td><td>0,03</td><td>0,04</td><td>0,05</td><td>0,06</td><td>0,08</td><td>0,12</td><td>$\geq 0,16$</td></tr><tr><td>Z_0</td><td>0,46</td><td>0,42</td><td>0,38</td><td>0,35</td><td>0,29</td><td>0,23</td><td>0,16</td><td></td><td>0,13</td></tr></table>	$\frac{l}{d}$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,12	$\geq 0,16$	Z_0	0,46	0,42	0,38	0,35	0,29	0,23	0,16		0,13				
			$\frac{l}{d}$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,12	$\geq 0,16$															
Z_0	0,46	0,42	0,38	0,35	0,29	0,23	0,16		0,13																		
32		kryza zaokrąglona zbieżna	$Z = Z_0 \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right) + \left(1 - \frac{d^2}{D_0^2} \right) + 2 \sqrt{Z_0 \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right) \left(1 - \frac{d^2}{D_0^2} \right)}$ Z_0 wg następującego zestawienia																								
			<table><tr><td>$\frac{l}{d}$</td><td>0</td><td>0,01</td><td>0,02</td><td>0,03</td><td>0,04</td><td>0,05</td><td>0,06</td><td>0,08</td><td>0,12</td><td>0,16</td><td>$\geq 0,2$</td></tr><tr><td>Z_0</td><td>0,50</td><td>0,44</td><td>0,37</td><td>0,31</td><td>0,26</td><td>0,22</td><td>0,19</td><td>0,15</td><td>0,09</td><td>0,06</td><td>0,03</td></tr></table>	$\frac{l}{d}$	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,12	0,16	$\geq 0,2$	Z_0	0,50	0,44	0,37	0,31	0,26	0,22	0,19	0,15	0,09	0,06	0,03
			$\frac{l}{d}$	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,12	0,16	$\geq 0,2$													
Z_0	0,50	0,44	0,37	0,31	0,26	0,22	0,19	0,15	0,09	0,06	0,03																
33		dyfuzor stożkowy $0^\circ < \alpha < 40^\circ$	$Z = Z_0 + Z_T$ $Z_0 = 1,2 \lg \frac{D}{d} \sqrt{\lg \frac{D}{d} \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right)^2}$ $Z_T = \frac{\lambda}{8 \sin \frac{\alpha}{2}} \left[1 - \left(\frac{d^2}{D^2} \right)^2 \right]$																								
34		dyfuzor paraboliczny $0,1 \leq \frac{d^2}{D^2} < 0,9$	$Z = ABC$ $A = 1,43 - 1,3 \frac{d^2}{D^2}; B = \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right)^{2,2}$ C wg następującego zestawienia																								
			<table><tr><td>$\frac{l}{D}$</td><td>0</td><td>0,5</td><td>1,0</td><td>1,5</td><td>2,0</td><td>2,5</td><td>3,0</td><td>3,5</td><td>4,0</td></tr><tr><td>C</td><td>1,02</td><td>0,75</td><td>0,62</td><td>0,53</td><td>0,47</td><td>0,43</td><td>0,40</td><td>0,38</td><td>0,37</td></tr></table>	$\frac{l}{D}$	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	C	1,02	0,75	0,62	0,53	0,47	0,43	0,40	0,38	0,37				
			$\frac{l}{D}$	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0															
C	1,02	0,75	0,62	0,53	0,47	0,43	0,40	0,38	0,37																		
35		dyfuzor stożkowy z prowadnicami prostymi	ilość prowadnic $n = f(\alpha_0); n+1 = \frac{d}{\alpha_0} = \frac{D}{h}$																								
			<table><tr><td>α</td><td>30°</td><td>45°</td><td>60°</td><td>90°</td><td>120°</td></tr><tr><td>n</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>6</td><td>6 + 8</td></tr></table>	α	30°	45°	60°	90°	120°	n	2	4	6	6	6 + 8												
			α	30°	45°	60°	90°	120°																			
n	2	4	6	6	6 + 8																						
$Z = 0,65 Z_0; Z_0$ jak Z dla lp. 33																											

cd. tabl. 1-3

Lp.	Element		Współczynnik miejscowych strat ciśnienia Z
	kształt	nazwa	
36		wylot swobodny	Z wg następującego zestawienia
			$\frac{l}{d}$
			α
			$\frac{l}{d}$
			α
			$\frac{l}{d}$
			α
37		wylot z dyfuzora na ekran $\frac{l}{d} = 1$	Z wg następującego zestawienia
			α
			d/H
			α
			d/H
			α
			d/H
38		wylot z zaokrągleniem	Z wg następującego zestawienia
			$\frac{r}{d}$
			H/d
			$\frac{r}{d}$
			H/d
39		wylot z dyfuzora z zaokrągleniem	przy $\alpha = 14^\circ$; $\frac{l}{d} = 2,5$; $\frac{r}{d} = 0,7$
			Z wg następującego zestawienia
			$\frac{H}{d}$
40		wylot z nasady półsferycznej $R=d$	otwory okrągłe: $Z = 1,0$ dla $\frac{F_{otw}}{F_d} = 3,9$
			otwory szczelinowe: $Z = 2,0$ dla $\frac{F_{otw}}{F_d} = 1,4$
41		wylot z rury perforowanej	$Z = 0,9$ dla $\frac{F_{otw}}{F_d} = 4,7$

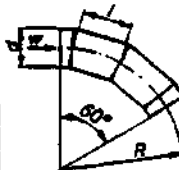
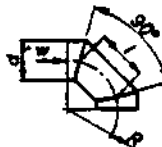
Tablica 1-4. Kolana glete

Lp.	Element		Współczynnik miejscowych strat ciśnienia Z									
	kształt	nazwa										
1		kolano gładkie rura gładka $0,5 < \frac{R}{d} < 1,5$ $0 < \alpha \leq 180^\circ$ $Re \geq 2 \cdot 10^5$	$Z = Z_T + Z_M$ $Z_T = 0,0175 \lambda \frac{R}{d} \alpha_0$; $Z_M = AB$ A, B wg następującego zestawienia									
			α	$\leq 70^\circ$	90°	$\geq 100^\circ$	$\frac{R}{d}$	$0,5 + 1,0$				
			A	$0,9 \sin \alpha$	1,0	$0,7 + 0,35 \frac{\alpha}{90}$	B	$0,21 \left(\frac{d}{R}\right)^{1,5}$				
2		kolano gładkie rura chropowata $0,55 < \frac{R}{d} < 1,5$ $0^\circ < \alpha \leq 180^\circ$	$Z = Z_T + CZ_M$; $e = \frac{k}{d}$ Z_T, Z_M jak dla lp. 1 C wg następującego zestawienia									
			Re	$3 \cdot 10^3 < Re < 4 \cdot 10^4$		$4 \cdot 10^4 < Re < 2 \cdot 10^5$		$Re > 2 \cdot 10^5$				
			$e \leq 0,001$	64 λ gładkie		64 λ chropowate		$1 + e \cdot 10^3$				
			$e > 0,001$	64 λ gładkie		$\approx 128 \lambda$ gładkie		≈ 2				
3		kolano gładkie rura gładka $\frac{R}{d} > 1,5$ $0^\circ < \alpha \leq 180^\circ$ $Re \geq 2 \cdot 10^5$	$Z = Z_T + Z_M$ $Z_T = 0,0175 \lambda \frac{R}{d} \alpha$ $Z_M = 1,0,21 \sqrt{\frac{d}{R}}$ A wg następującego zestawienia									
			α	$\leq 70^\circ$	90°	$\geq 100^\circ$						
			A	$0,9 \sin \alpha$	1,0	$0,7 + 0,35 \frac{\alpha}{90}$						
4		kolano gładkie rura chropowata $\frac{R}{d} > 1,5$ $0^\circ < \alpha \leq 180^\circ$	$Z = Z_T + CZ_M$; Z_T, Z_M jak dla lp. 3 C wg następującego zestawienia									
			Re	$3 \cdot 10^3 < Re < 4 \cdot 10^4$		$4 \cdot 10^4 < Re < 2 \cdot 10^5$		$Re \geq 2 \cdot 10^5$				
			$e \leq 0,001$	64 λ gładkie		64 λ GI $\cdot (1 + e^2 \cdot 10^6)$		$1 + e^2 \cdot 10^6$				
			$e > 0,001$	64 λ gładkie		$\approx 128 \lambda$ gładkie		$2 \approx$				
5		kolano gładkie w węźniku $50 < Re < 2 \cdot 10^4$ $\frac{R}{d} \geq 1,5$	$Z = 0,0175 \lambda \frac{R}{d} \alpha$ $50 < Re \sqrt{\frac{d}{2R}} < 600 \rightarrow \lambda = 20 Re^{-0,65} \left(\frac{d}{2R}\right)^{0,175}$ $600 < Re \sqrt{\frac{d}{2R}} < 1400 \rightarrow \lambda = 10,4 Re^{-0,55} \left(\frac{d}{2R}\right)^{0,225}$ $1400 < Re \sqrt{\frac{d}{2R}} < 5000 \rightarrow \lambda = 5 Re^{-0,45} \left(\frac{d}{2R}\right)^{0,275}$									
6		kolano podwójnie płaskie	$Z = EZ_0$ Z_0 jak Z dla lp. 1 lub 2, przy czym $Z_T = 2 \left(\frac{1}{d} 0,035 \frac{R}{d} \alpha\right) \lambda$ $E = 1,4$ przy $\frac{l}{d} = 0$ oraz $E = 2,0$ przy $\frac{l}{d} \geq 1,0$									

cd. tabl. 1-4

Lp.	Element		Współczynnik miejscowych strat ciśnienia Z
	kształt	nazwa	
7		kolano przemienne płaskie kompensa- torowe	$Z = FZ_0$ Z_0 jak Z dla lp. 1 lub 2, przy czym $Z_T = 2\left(\frac{1}{d} + 0,035 \frac{R}{d}\right)\lambda$ $F = 6,0$ przy $\frac{1}{d} = 0$ oraz $F = 4,0$ przy $\frac{1}{d} \geq 1,0$
8		kolano przemienne podwójne płaskie	$Z = GZ_0$ Z_0 jak Z dla lp. 1 lub 2, przy czym $Z_T = \left(\frac{1}{d} + 0,035 \frac{R}{d}\right)\lambda$ $G = 3,0$ przy $\frac{1}{d} = 0$ oraz $G = 2,0$ przy $\frac{1}{d} \geq 1,0$
9		kolano przemienne podwójne przeźrzeni- ne	$Z = HZ_0$ Z_0 jak Z dla lp. 1 lub 2, przy czym $Z_T = \left(\frac{1}{d} + 0,035 \frac{R}{d}\right)\lambda$ $H = 2,5$ przy $\frac{1}{d} = 0$ oraz $H = 2,0$ przy $\frac{1}{d} \geq 1,0$

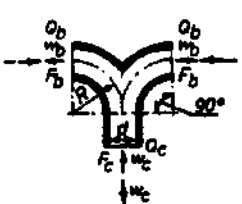
Tablica 1-5. Kolana segmentowe i fałdowane

Element			Współczynnik miejscowych strat ciśnienia Z																								
kształt	nazwa																										
1		kolano segmento- we poje- dyncze $R = 3d$	$\left. \begin{array}{l} \text{Rury gładkie: } Re \geq 2 \cdot 10^5; \quad Z = Z_M + Z_T \\ \text{Rury chropowate} \quad Z = CZ_M + Z_T \end{array} \right\} \text{ przy czym}$ $Z_T = \frac{1}{d}; \quad Z_M = 0,11$ C jak w tabl. 4 lp. 2																								
2		kolano segmento- we poje- dyncze $R = 2,3d$	Z jak w lp. 1, lecz $Z_M = 0,15$																								
3		kolano segmento- we po- dwójne $R = 3d$	Z jak w lp. 1, lecz $Z_T = 2\lambda \frac{1}{d}$																								
4		kolano segmen- towe po- jedyncze	$\left. \begin{array}{l} \text{Rury gładkie: } Re \geq 2 \cdot 10^5 \quad Z = Z_M + Z_T \\ \text{Rury chropowate} \quad Z = CZ_M + Z_T \end{array} \right\} \text{ przy czym}$ $Z_T = \lambda \frac{1}{d} C$ jak w tabl. 4 lp. 2 Z_M wg następującego zestawienia																								
			<table><tr><td>$\frac{R}{d}$</td><td>0</td><td>0,24</td><td>0,48</td><td>0,70</td><td>0,97</td><td>1,2</td><td>2,35</td><td>3,6</td><td>4,6</td><td>6,0</td><td>7,25</td></tr><tr><td>Z_M</td><td>1,1</td><td>0,95</td><td>0,72</td><td>0,6</td><td>0,42</td><td>0,38</td><td>0,32</td><td>0,38</td><td>0,41</td><td>0,41</td><td>0,41</td></tr></table>	$\frac{R}{d}$	0	0,24	0,48	0,70	0,97	1,2	2,35	3,6	4,6	6,0	7,25	Z_M	1,1	0,95	0,72	0,6	0,42	0,38	0,32	0,38	0,41	0,41	0,41
$\frac{R}{d}$	0	0,24	0,48	0,70	0,97	1,2	2,35	3,6	4,6	6,0	7,25																
Z_M	1,1	0,95	0,72	0,6	0,42	0,38	0,32	0,38	0,41	0,41	0,41																

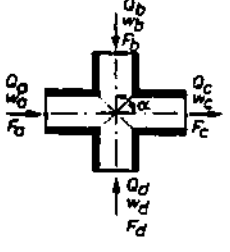
cd. tabl. 1-6

Lp.	Element		Współczynnik miejscowych strat ciśnienia Z																																																																																																																																
	kształt	nazwa																																																																																																																																	
2		trójkąt skośny zbieżny $F_a = F_c$ $F_a + F_b > F_c$ $\alpha = 45^\circ$	$Z_{h-c} = 1 + \left(\frac{Q_b}{Q_c} \frac{F_c}{F_h} \right)^2 - 2 \left(1 - \frac{Q_b}{Q_c} \right) - 1,41 \frac{F_c}{F_b} \left(\frac{Q_b}{Q_c} \right)^2$ $Z_{a-c} = 1 - \left(1 - \frac{Q_b}{Q_c} \right)^2 - 1,41 \frac{F_c}{F_h} \left(\frac{Q_b}{Q_c} \right)^2$ względem prędkości w_c																																																																																																																																
3		trójkąt skośny zbieżny $F_a = F_c$ $F_a + F_b > F_c$ $\alpha = 60^\circ$	$Z_{h-c} = 1 + \left(\frac{Q_b}{Q_c} \frac{F_c}{F_h} \right)^2 - 2 \left(1 - \frac{Q_b}{Q_c} \right) - \frac{F_c}{F_b} \left(\frac{Q_b}{Q_c} \right)^2$ $Z_{a-c} = 1 - \left(1 - \frac{Q_b}{Q_c} \right)^2 - \frac{F_c}{F_h} \left(\frac{Q_b}{Q_c} \right)^2$ względem prędkości w_c																																																																																																																																
4		trójkąt prosty zbieżny $F_a = F_c$ $F_a + F_b > F_c$ $\alpha = 90^\circ$	$Z_{h-c} = A \left[\left(1 + \frac{Q_b}{Q_c} \frac{F_c}{F_h} \right)^2 - 2 \left(1 - \frac{Q_b}{Q_c} \right) \right]$ $Z_{a-c} = 1,55 \frac{Q_b}{Q_c} - \left(\frac{Q_b}{Q_c} \right)^2 ; \text{ względem prędkości } w_c$ A wg następującego zestawienia <table><tr><td>$\frac{F_b}{F_c}$</td><td>0 ÷ 0,2</td><td>0,3 ÷ 0,4</td><td>0,6</td><td>0,8</td><td>1,0</td></tr><tr><td>A</td><td>1,00</td><td>0,75</td><td>0,70</td><td>0,65</td><td>0,60</td></tr></table>	$\frac{F_b}{F_c}$	0 ÷ 0,2	0,3 ÷ 0,4	0,6	0,8	1,0	A	1,00	0,75	0,70	0,65	0,60																																																																																																																				
$\frac{F_b}{F_c}$	0 ÷ 0,2	0,3 ÷ 0,4	0,6	0,8	1,0																																																																																																																														
A	1,00	0,75	0,70	0,65	0,60																																																																																																																														
5		trójkąt skośny rozbieżny $F_a = F_c$ $F_a + F_b > F_c$ $0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ (dla $\alpha = 90^\circ$ patrz wykres)	$Z_{c-h} = A \cdot Z_0 = A \left[1 + \left(\frac{w_b}{w_c} \right)^2 - 2 \frac{w_b}{w_c} \cos \alpha \right]$ względem prędkości w_c przy czym A i Z_0 wg następującego zestawienia <table><tr><th rowspan="2">$\frac{w_b}{w_c}$</th><th colspan="4">Z_0</th><th rowspan="2">A</th></tr><tr><th>$\alpha = 15^\circ$</th><th>$\alpha = 30^\circ$</th><th>$\alpha = 45^\circ$</th><th>$\alpha = 60^\circ$</th></tr><tr><td>0</td><td>1,0</td><td>1,0</td><td>1,0</td><td>1,0</td><td rowspan="10">1,0</td></tr><tr><td>0,1</td><td>0,92</td><td>0,94</td><td>0,97</td><td>1,0</td></tr><tr><td>0,2</td><td>0,85</td><td>0,70</td><td>0,75</td><td>0,84</td></tr><tr><td>0,4</td><td>0,38</td><td>0,46</td><td>0,60</td><td>0,76</td></tr><tr><td>0,6</td><td>0,20</td><td>0,31</td><td>0,50</td><td>0,65</td></tr><tr><td>0,8</td><td>0,09</td><td>0,25</td><td>0,51</td><td>0,60</td></tr><tr><td>1,0</td><td>0,07</td><td>0,27</td><td>0,58</td><td>1,00</td></tr><tr><td>1,2</td><td>0,12</td><td>0,36</td><td>0,74</td><td>1,23</td></tr><tr><td>1,4</td><td>0,24</td><td>0,70</td><td>0,99</td><td>1,54</td></tr><tr><td>1,6</td><td>0,46</td><td>0,80</td><td>1,30</td><td>1,98</td></tr><tr><td>2,0</td><td>1,10</td><td>1,52</td><td>2,16</td><td>3,00</td><td rowspan="10">0,9</td></tr><tr><td>2,6</td><td>2,75</td><td>3,23</td><td>4,10</td><td>5,15</td></tr><tr><td>3,0</td><td>7,20</td><td>7,40</td><td>7,80</td><td>8,10</td></tr><tr><td>4,0</td><td>14,1</td><td>14,2</td><td>14,6</td><td>15,0</td></tr><tr><td>5,0</td><td>23,2</td><td>23,5</td><td>23,8</td><td>24,0</td></tr><tr><td>6,0</td><td>34,2</td><td>34,6</td><td>35,0</td><td>35,0</td></tr><tr><td>8,0</td><td>62,0</td><td>62,7</td><td>63,0</td><td>63,0</td></tr><tr><td>10</td><td>98,0</td><td>98,3</td><td>98,6</td><td>99,0</td></tr><tr><td colspan="6">$Z_{c-a} = 0,4 \left(1 - \frac{w_b}{w_c} \right)^2 \text{ względem prędkości } w_c$ Z_{c-a} wg następującego zestawienia <table><tr><td>$\frac{w_b}{w_c}$</td><td>0</td><td>0,1</td><td>0,2</td><td>0,3</td><td>0,4</td><td>0,5</td><td>0,6</td><td>0,8</td><td>1,0</td></tr><tr><td>Z_{c-a}</td><td>0,4</td><td>0,32</td><td>0,26</td><td>0,20</td><td>0,15</td><td>0,10</td><td>0,06</td><td>0,02</td><td>0,00</td></tr></table></td></tr></table>	$\frac{w_b}{w_c}$	Z_0				A	$\alpha = 15^\circ$	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,1	0,92	0,94	0,97	1,0	0,2	0,85	0,70	0,75	0,84	0,4	0,38	0,46	0,60	0,76	0,6	0,20	0,31	0,50	0,65	0,8	0,09	0,25	0,51	0,60	1,0	0,07	0,27	0,58	1,00	1,2	0,12	0,36	0,74	1,23	1,4	0,24	0,70	0,99	1,54	1,6	0,46	0,80	1,30	1,98	2,0	1,10	1,52	2,16	3,00	0,9	2,6	2,75	3,23	4,10	5,15	3,0	7,20	7,40	7,80	8,10	4,0	14,1	14,2	14,6	15,0	5,0	23,2	23,5	23,8	24,0	6,0	34,2	34,6	35,0	35,0	8,0	62,0	62,7	63,0	63,0	10	98,0	98,3	98,6	99,0	$Z_{c-a} = 0,4 \left(1 - \frac{w_b}{w_c} \right)^2 \text{ względem prędkości } w_c$ Z_{c-a} wg następującego zestawienia <table><tr><td>$\frac{w_b}{w_c}$</td><td>0</td><td>0,1</td><td>0,2</td><td>0,3</td><td>0,4</td><td>0,5</td><td>0,6</td><td>0,8</td><td>1,0</td></tr><tr><td>Z_{c-a}</td><td>0,4</td><td>0,32</td><td>0,26</td><td>0,20</td><td>0,15</td><td>0,10</td><td>0,06</td><td>0,02</td><td>0,00</td></tr></table>						$\frac{w_b}{w_c}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	Z_{c-a}	0,4	0,32	0,26	0,20	0,15	0,10	0,06	0,02	0,00
$\frac{w_b}{w_c}$	Z_0				A																																																																																																																														
	$\alpha = 15^\circ$	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 60^\circ$																																																																																																																															
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0																																																																																																																														
0,1	0,92	0,94	0,97	1,0																																																																																																																															
0,2	0,85	0,70	0,75	0,84																																																																																																																															
0,4	0,38	0,46	0,60	0,76																																																																																																																															
0,6	0,20	0,31	0,50	0,65																																																																																																																															
0,8	0,09	0,25	0,51	0,60																																																																																																																															
1,0	0,07	0,27	0,58	1,00																																																																																																																															
1,2	0,12	0,36	0,74	1,23																																																																																																																															
1,4	0,24	0,70	0,99	1,54																																																																																																																															
1,6	0,46	0,80	1,30	1,98																																																																																																																															
2,0	1,10	1,52	2,16	3,00	0,9																																																																																																																														
2,6	2,75	3,23	4,10	5,15																																																																																																																															
3,0	7,20	7,40	7,80	8,10																																																																																																																															
4,0	14,1	14,2	14,6	15,0																																																																																																																															
5,0	23,2	23,5	23,8	24,0																																																																																																																															
6,0	34,2	34,6	35,0	35,0																																																																																																																															
8,0	62,0	62,7	63,0	63,0																																																																																																																															
10	98,0	98,3	98,6	99,0																																																																																																																															
$Z_{c-a} = 0,4 \left(1 - \frac{w_b}{w_c} \right)^2 \text{ względem prędkości } w_c$ Z_{c-a} wg następującego zestawienia <table><tr><td>$\frac{w_b}{w_c}$</td><td>0</td><td>0,1</td><td>0,2</td><td>0,3</td><td>0,4</td><td>0,5</td><td>0,6</td><td>0,8</td><td>1,0</td></tr><tr><td>Z_{c-a}</td><td>0,4</td><td>0,32</td><td>0,26</td><td>0,20</td><td>0,15</td><td>0,10</td><td>0,06</td><td>0,02</td><td>0,00</td></tr></table>						$\frac{w_b}{w_c}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	Z_{c-a}	0,4	0,32	0,26	0,20	0,15	0,10	0,06	0,02	0,00																																																																																																										
$\frac{w_b}{w_c}$	0	0,1	0,2	0,3		0,4	0,5	0,6	0,8	1,0																																																																																																																									
Z_{c-a}	0,4	0,32	0,26	0,20	0,15	0,10	0,06	0,02	0,00																																																																																																																										

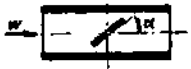
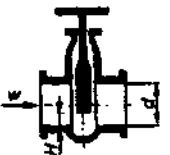
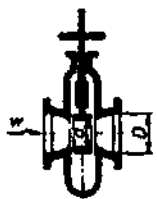
cd. tabl. 1-6

Lp.	Element		Współczynnik miejscowych strat ciśnienia Z																																																																																																																																																																																																																																																
	kształt	nazwa																																																																																																																																																																																																																																																	
6		Trójkąt rozbieżny $F_a + F_b = F_c$ $0^\circ < \alpha < 90^\circ$	$Z_{c-b} = 1 + \left(\frac{w_b}{w_c}\right)^2 - 2 \frac{w_b}{w_c} \cos \alpha - A \left(\frac{w_b}{w_c}\right)^2$ przy czym A wg następującego zestawienia <table><tr><th>α</th><th>15°</th><th>30°</th><th>45°</th><th>60°</th><th>90°</th></tr><tr><td>A</td><td>0,04</td><td>0,16</td><td>0,36</td><td>0,64</td><td>1,00</td></tr></table> Z_{c-b} wg następującego zestawienia <table><tr><th rowspan="2">α</th><th colspan="7">w_b/w_c</th></tr><tr><th>0,1</th><th>0,2</th><th>0,3</th><th>0,4</th><th>0,5</th><th>0,6</th><th>0,8</th></tr><tr><td>15°</td><td>0,81</td><td>0,65</td><td>0,51</td><td>0,38</td><td>0,28</td><td>0,19</td><td>0,06</td></tr><tr><td>30°</td><td>0,84</td><td>0,69</td><td>0,56</td><td>0,44</td><td>0,34</td><td>0,26</td><td>0,18</td></tr><tr><td>45°</td><td>0,87</td><td>0,74</td><td>0,63</td><td>0,54</td><td>0,46</td><td>0,38</td><td>0,28</td></tr><tr><td>60°</td><td>0,90</td><td>0,82</td><td>0,79</td><td>0,66</td><td>0,59</td><td>0,53</td><td>0,43</td></tr><tr><td>90°</td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,00</td></tr></table> Z_{c-b} wg następującego zestawienia <table><tr><th rowspan="2">α</th><th colspan="6">w_b/w_c</th></tr><tr><th>1,0</th><th>1,2</th><th>1,4</th><th>1,6</th><th>1,8</th><th>2,0</th></tr><tr><td>15°</td><td>0,03</td><td>0,06</td><td>0,13</td><td>0,35</td><td>0,63</td><td>0,98</td></tr><tr><td>30°</td><td>0,11</td><td>0,13</td><td>0,23</td><td>0,37</td><td>0,60</td><td>0,69</td></tr><tr><td>45°</td><td>0,23</td><td>0,22</td><td>0,29</td><td>0,38</td><td>0,53</td><td>0,73</td></tr><tr><td>60°</td><td>0,36</td><td>0,32</td><td>0,31</td><td>0,33</td><td>0,37</td><td>0,44</td></tr><tr><td>90°</td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,00</td></tr></table> Z_{c-a} wg następującego zestawienia: <table><tr><th rowspan="4">$\frac{w_a}{w_c}$</th><th rowspan="4"></th><th colspan="6">α</th></tr><tr><th colspan="2">$15^\circ-60^\circ$</th><th colspan="4">90°</th></tr><tr><th colspan="6">F_a/F_c</th></tr><tr><th>0÷1,0</th><th>0÷0,4</th><th>0,5</th><th>0,6</th><th>0,7</th><th>$\geq 0,8$</th></tr><tr><td>0</td><td rowspan="14">Z_{c-a}</td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,00</td></tr><tr><td>0,1</td><td>0,81</td><td>0,81</td><td>0,81</td><td>0,81</td><td>0,81</td><td>0,81</td></tr><tr><td>0,2</td><td>0,64</td><td>0,64</td><td>0,64</td><td>0,64</td><td>0,64</td><td>0,64</td></tr><tr><td>0,3</td><td>0,50</td><td>0,50</td><td>0,52</td><td>0,52</td><td>0,50</td><td>0,50</td></tr><tr><td>0,4</td><td>0,26</td><td>0,36</td><td>0,40</td><td>0,38</td><td>0,37</td><td>0,36</td></tr><tr><td>0,5</td><td>0,25</td><td>0,25</td><td>0,30</td><td>0,28</td><td>0,26</td><td>0,25</td></tr><tr><td>0,6</td><td>0,16</td><td>0,16</td><td>0,23</td><td>0,20</td><td>0,18</td><td>0,16</td></tr><tr><td>0,7</td><td>0,04</td><td>0,04</td><td>0,16</td><td>0,12</td><td>0,07</td><td>0,04</td></tr><tr><td>0,8</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,20</td><td>0,10</td><td>0,05</td><td>0,00</td></tr><tr><td>0,9</td><td>0,07</td><td>0,07</td><td>0,35</td><td>0,21</td><td>0,14</td><td>0,07</td></tr><tr><td>1,0</td><td>0,39</td><td>0,39</td><td>0,78</td><td>0,59</td><td>0,49</td><td>-</td></tr><tr><td>1,1</td><td>0,90</td><td>0,90</td><td>1,36</td><td>1,15</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>1,2</td><td>1,78</td><td>1,78</td><td>2,43</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>1,3</td><td>3,20</td><td>3,20</td><td>4,00</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr></table>	α	15°	30°	45°	60°	90°	A	0,04	0,16	0,36	0,64	1,00	α	w_b/w_c							0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	15°	0,81	0,65	0,51	0,38	0,28	0,19	0,06	30°	0,84	0,69	0,56	0,44	0,34	0,26	0,18	45°	0,87	0,74	0,63	0,54	0,46	0,38	0,28	60°	0,90	0,82	0,79	0,66	0,59	0,53	0,43	90°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	α	w_b/w_c						1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	15°	0,03	0,06	0,13	0,35	0,63	0,98	30°	0,11	0,13	0,23	0,37	0,60	0,69	45°	0,23	0,22	0,29	0,38	0,53	0,73	60°	0,36	0,32	0,31	0,33	0,37	0,44	90°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	$\frac{w_a}{w_c}$		α						$15^\circ-60^\circ$		90°				F_a/F_c						0÷1,0	0÷0,4	0,5	0,6	0,7	$\geq 0,8$	0	Z_{c-a}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,1	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,2	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,3	0,50	0,50	0,52	0,52	0,50	0,50	0,4	0,26	0,36	0,40	0,38	0,37	0,36	0,5	0,25	0,25	0,30	0,28	0,26	0,25	0,6	0,16	0,16	0,23	0,20	0,18	0,16	0,7	0,04	0,04	0,16	0,12	0,07	0,04	0,8	0,00	0,00	0,20	0,10	0,05	0,00	0,9	0,07	0,07	0,35	0,21	0,14	0,07	1,0	0,39	0,39	0,78	0,59	0,49	-	1,1	0,90	0,90	1,36	1,15	-	-	1,2	1,78	1,78	2,43	-	-	-	1,3	3,20	3,20	4,00	-	-	-
			α	15°	30°	45°	60°	90°																																																																																																																																																																																																																																											
			A	0,04	0,16	0,36	0,64	1,00																																																																																																																																																																																																																																											
			α	w_b/w_c																																																																																																																																																																																																																																															
				0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8																																																																																																																																																																																																																																									
			15°	0,81	0,65	0,51	0,38	0,28	0,19	0,06																																																																																																																																																																																																																																									
			30°	0,84	0,69	0,56	0,44	0,34	0,26	0,18																																																																																																																																																																																																																																									
			45°	0,87	0,74	0,63	0,54	0,46	0,38	0,28																																																																																																																																																																																																																																									
			60°	0,90	0,82	0,79	0,66	0,59	0,53	0,43																																																																																																																																																																																																																																									
			90°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00																																																																																																																																																																																																																																									
α	w_b/w_c																																																																																																																																																																																																																																																		
	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0																																																																																																																																																																																																																																													
15°	0,03	0,06	0,13	0,35	0,63	0,98																																																																																																																																																																																																																																													
30°	0,11	0,13	0,23	0,37	0,60	0,69																																																																																																																																																																																																																																													
45°	0,23	0,22	0,29	0,38	0,53	0,73																																																																																																																																																																																																																																													
60°	0,36	0,32	0,31	0,33	0,37	0,44																																																																																																																																																																																																																																													
90°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00																																																																																																																																																																																																																																													
$\frac{w_a}{w_c}$		α																																																																																																																																																																																																																																																	
		$15^\circ-60^\circ$		90°																																																																																																																																																																																																																																															
		F_a/F_c																																																																																																																																																																																																																																																	
		0÷1,0	0÷0,4	0,5	0,6	0,7	$\geq 0,8$																																																																																																																																																																																																																																												
0	Z_{c-a}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00																																																																																																																																																																																																																																												
0,1		0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81																																																																																																																																																																																																																																												
0,2		0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64																																																																																																																																																																																																																																												
0,3		0,50	0,50	0,52	0,52	0,50	0,50																																																																																																																																																																																																																																												
0,4		0,26	0,36	0,40	0,38	0,37	0,36																																																																																																																																																																																																																																												
0,5		0,25	0,25	0,30	0,28	0,26	0,25																																																																																																																																																																																																																																												
0,6		0,16	0,16	0,23	0,20	0,18	0,16																																																																																																																																																																																																																																												
0,7		0,04	0,04	0,16	0,12	0,07	0,04																																																																																																																																																																																																																																												
0,8		0,00	0,00	0,20	0,10	0,05	0,00																																																																																																																																																																																																																																												
0,9		0,07	0,07	0,35	0,21	0,14	0,07																																																																																																																																																																																																																																												
1,0		0,39	0,39	0,78	0,59	0,49	-																																																																																																																																																																																																																																												
1,1		0,90	0,90	1,36	1,15	-	-																																																																																																																																																																																																																																												
1,2		1,78	1,78	2,43	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																												
1,3		3,20	3,20	4,00	-	-	-																																																																																																																																																																																																																																												
7		trójkąt symetryczny wybieżny $\frac{R}{d} = 2,0$ (b-c) zbieżny (c-b) rozbieżny	Trójkąt zbieżny (połączenie strumieni Z_{b-c} względem prędkości w_b) $Z_{b-c} = Z_{c-b} \left(\frac{Q_c F_b}{Q_b F_c} \right)^2$ przy czym Z_{c-b} wg zestawienia Trójkąt rozbieżny (rozdzielenie strumienia), Z_{c-b} względem prędkości w_c , przy czym Z_{c-b} wg zestawienia:																																																																																																																																																																																																																																																
			<table><tr><th>$\frac{Q_b}{Q_c}$</th><th>0</th><th>0,1</th><th>0,2</th><th>0,3</th><th>0,4</th><th>0,5</th><th>0,6</th><th>0,7</th><th>0,8</th><th>0,9</th><th>1,0</th></tr><tr><td>Z_{c-b}</td><td>-0,13</td><td>-0,1</td><td>-0,7</td><td>-0,03</td><td>0</td><td>0,03</td><td>0,03</td><td>0,03</td><td>0,03</td><td>0,05</td><td>0,06</td></tr></table>	$\frac{Q_b}{Q_c}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	Z_{c-b}	-0,13	-0,1	-0,7	-0,03	0	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,06																																																																																																																																																																																																																								
			$\frac{Q_b}{Q_c}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0																																																																																																																																																																																																																																					
Z_{c-b}	-0,13	-0,1	-0,7	-0,03	0	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,06																																																																																																																																																																																																																																								

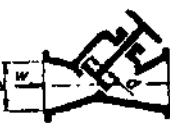
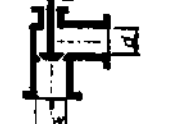
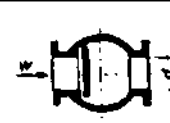
cd. tabl. 1-6

Lp.	Element		Współczynnik miejscowych strat ciśnienia Z
	kształt	nazwa	
8		czwórnik prosty $F_a = F_c$ $F_b = F_d$ $\alpha = 90^\circ$	$Z_{1-4} = 1 + \left(\frac{Q_b}{Q_c} \cdot \frac{F_c}{F_b} \right)^2 - 9 \left(\frac{Q_b}{Q_c} \right)^2 \frac{\left[\frac{Q_c}{Q_b} \left(1 + \frac{Q_d}{Q_b} \right) \right]^2}{4 - \left(1 + \frac{Q_d}{Q_b} \right) \frac{Q_b}{Q_c}}$ $Z_{a-c} = 1 + \left(\frac{Q_d}{Q_c} \right)^2 - \left(\frac{Q_d}{Q_c} \right)^2 \frac{1 + \frac{Q_d}{Q_c}}{\left(0,75 + 0,25 \frac{Q_d}{Q_c} \right)^2}$ Z_{b-c} i Z_{a-b} względem prędkości W_c Z_{d-c} jak Z_{b-c}, przy czym indeksy $d=b$. Z_{c-b} i Z_{c-a} dla rozdzielania strumieni jak Z wg tabl. 6 lp. 6

Tablica 1-7. Armatura

Lp.	Element		Współczynnik miejscowych strat ciśnienia Z												
	kształt	nazwa													
1		zasuwa	Z wg następującego zestawienia												
			$\frac{H}{d}$	0	0,125	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
			Z	∞	98	35	10	4,6	2,1	1,0	0,44	0,17	0,06	0	
2		zawór modyfikowy	Z wg następującego zestawienia												
			α	5°	10°	15°	20°	25°	30°	40°	50°	60°	65°	70°	90°
			Z	0,24	0,52	0,90	1,54	2,51	3,91	10,8	32,6	118	256	751	∞
3		kurek	Z wg następującego zestawienia												
			α	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	67°
			Z	0,05	0,31	0,88	1,84	3,45	6,15	11,2	20,7	41	95	275	∞
4		klapa	Z = 0,35 · 10 ^{0,0323 α} lub wg następującego zestawienia												
			α	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°
			Z	1,7	2,3	3,2	4,6	6,6	9,5	14	20	30	42	62	90
5		zasuwa równo-prężelowa	Z wg następującego zestawienia												
			$\frac{H}{d}$	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0			
			Z	30	22	12	5,3	2,8	1,5	0,8	0,3	0,15			
6		zasuwa przewężona z prowadnicą	Z wg następującego zestawienia												
			$\frac{D}{d}$	Z	$\frac{D}{d}$	Z	$\frac{D}{d}$	Z							
			80/65	0,41	175/150	0,25	350/200	4,90							
			80/80	0,15	200/125	2,88	350/250	1,18							
			100/80	0,47	200/150	0,81	400/300	0,81							
			125/80	2,48	200/175	0,20	450/300	1,90							
			125/100	0,47	250/150	3,69	450/350	0,60							
			150/100	1,90	250/200	0,47	500/300	3,69							
			175/100	4,90	300/200	1,90	500/350	1,36							
			175/125	1,19	300/250	0,32	500/400	0,47							

cd. tabl. 1-7

Lp.	Element		Współczynnik miejscowych strat ciśnienia Z										
	kształt	nazwa											
7		zawór grzybkowy normalny	Z wg następującego zestawienia										
			d, m	0, 013	0, 020	0, 040	0, 080	0, 100	0, 150	0, 200	0, 250	0, 300	0, 350
			Z	10, 8	8	4, 9	4, 0	4, 1	4, 4	4, 7	5, 1	5, 4	5, 5
8		zawór grzybkowy optywowy	Z wg następującego zestawienia										
			d, m	0, 025	0, 032	0, 040	0, 050	0, 065	0, 080	0, 100	0, 125	0, 150	0, 200
			Z	2, 1	2, 2	2, 3	2, 3	2, 4	2, 5	2, 4	2, 3	2, 1	2, 0
9		zawór grzybkowy skośny równoprzelotowy	Z wg następującego zestawienia										
			d, m	0, 025	0, 038	0, 050	0, 065	0, 075	0, 100	0, 125	0, 150	0, 200	0, 250
			Z	1, 04	0, 85	0, 73	0, 65	0, 60	0, 50	0, 46	0, 42	0, 36	0, 32
10		zawór grzybkowy skośny przewężony $\frac{d_2}{d_1} = 0, 3$	Z wg następującego zestawienia										
			d, m	0, 060	0, 080	0, 100	0, 150	0, 200	0, 250	0, 300	0, 350		
			Z	2, 7	2, 4	2, 2	1, 86	1, 65	1, 5	1, 4	1, 3		
11		zawór grzybkowy kątowy normalny	Z wg następującego zestawienia										
			d, m	0, 025	0, 038	0, 050	0, 065	0, 075	0, 100	0, 125	0, 150	0, 200	0, 250
			Z	2, 8	3, 0	3, 3	3, 5	3, 7	3, 9	3, 8	3, 3	2, 7	2, 0
12		zawór grzybkowy kątowy optywowy	Z wg następującego zestawienia										
			d, m	0, 025	0, 038	0, 050	0, 065	0, 075	0, 100	0, 125	0, 150	0, 200	0, 250
			Z	1, 6	1, 5	1, 7	1, 9	2, 0	2, 0	1, 9	1, 7	1, 5	1, 3
13		zawór zwrotny grzybkowy normalny	Z wg następującego zestawienia										
			d, m	0, 025	0, 032	0, 040	0, 050	0, 065	0, 080	0, 100	0, 125	0, 150	0, 200
			Z	4, 5	4, 8	5, 3	6, 0	6, 6	7, 4	7, 6	7, 2	6, 0	4, 5
14		zawór zwrotny grzybkowy optywowy	Z wg następującego zestawienia										
			d, m	0, 025	0, 032	0, 040	0, 050	0, 065	0, 080	0, 100	0, 125	0, 150	0, 200
			Z	2, 7	2, 8	3, 0	3, 3	3, 6	3, 9	4, 1	3, 9	3, 3	2, 6
15		zawór zwrotny grzybkowy skośny przewężony	Z wg następującego zestawienia										
			d, m	0, 025	0, 032	0, 040	0, 050	0, 065	0, 080	0, 100	0, 125	0, 150	0, 200
			Z	-	-	-	2, 0	2, 0	2, 0	1, 6	1, 6	2, 0	2, 5
16		zawór zwrotny kłapowy	Z wg następującego zestawienia										
			d, m	0, 025	0, 032	0, 040	0, 050	0, 065	0, 080	0, 100	0, 125	0, 150	0, 200
			Z	1, 9	1, 6	1, 5	1, 4	1, 4	1, 3	1, 2	1, 0	0, 9	0, 8

