

## **ZASADY DOBORU I MONTAŻU**

# **OSIOWYCH KOMPENSATORÓW MIESZKOWYCH**

### **PRODUCENT:**

Zakład Elementów Sprężystych i Lotniczych Sp. z o.o.

03-829 Warszawa, ul. Podskarbińska 32/34 lok.44

tel. (0 22) 810 56 49,

fax. (0 22) 810 80 14,

[www.kompensatory-mieszkowe.pl](http://www.kompensatory-mieszkowe.pl),

[Info@kompensatory-mieszkowe.pl](mailto:Info@kompensatory-mieszkowe.pl).

Warszawa, luty 2012r.

## SPIS TREŚCI

	strona
1. Przedmiot instrukcji	5
2. Podstawowe parametry pracy kompensatorów	5
3. Podstawowe dane techniczne	5
4. Warunki techniczne doboru osiowych kompensatorów mieszkowych	6
5. Siły działające na podpory stałe	8
6. Opory hydrauliczne	13
7. Warunki montażu osiowych kompensatorów mieszkowych	13
8. Warunki doboru kompensatorów osiowych dla różnych warunków pracy	14
9. Wskazówki ogólne	15
10. Piśmiennictwo	17
Rysunek 1 – Schematyczne przykłady lokalizacji osiowych kompensatorów mieszkowych na rurociągach poziomych	18
Rysunek 2 – Schematyczne przykłady lokalizacji osiowych kompensatorów mieszkowych na rurociągach pionowych	19
Rysunek 3 – Schematyczny przykład montażu kompensatora mieszkowego przy podporze stałej oraz między podporami stałymi	20
Rysunek 4 – Schematyczne przykłady wykonania naciągu wstępnego osiowego kompensatora mieszkowego	21
Rysunek 5 – Schematyczny przykład montażu szeregowego osiowych kompensatorów mieszkowych z osłoną zewnętrzną mieszka i ogranicznikami wydłużeń oraz zasada montażu tego typu kompensatorów na rurociągach pionowych	22
Rysunek 6 – Schematyczne przykłady rozwiązania podpory kierunkowej	23

**Oznaczenia:**

- a - pole powierzchni czynnej kompensatora według danych katalogowych [ $\text{cm}^2$ ],
- b - pole powierzchni czynnej rurociągu [ $\text{m}^2$ ],
- $c_s$  - jednostkowa, katalogowa sztywność kompensatora mieszkwego [ $\text{N/mm}$ ],
- $D_z$  - średnica zewnętrzna rurociągu [ $\text{mm}$ ],
- $f_c$  - siła od masy czynnika wypełniającego odcinek rurociągu pionowego [ $\text{N}$ ],
- $f_k$  - siła od masy osiowego kompensatora mieszkwego [ $\text{N}$ ],
- $f_o$  - siła odśrodkowa spowodowana przepływem czynnika przez łuk rurociągu [ $\text{N}$ ],
- $f_p$  - siła osiowa od ciśnienia czynnika wywierana przez mieszek na rurociąg [ $\text{N}$ ],
- $f_r$  - siła od masy odcinka rurociągu pionowego (bez czynnika) [ $\text{N}$ ],
- $f_s$  - siła sprężystości mieszka kompensacyjnego [ $\text{N}$ ],
- $f_t$  - siła tarcia rurociągu na podporach ruchomych [ $\text{N}$ ],
- g - przyspieszenie ziemskie [ $\text{m/s}^2$ ],
- H - długość (wysokość) kompensowanego odcinka rurociągu pionowego [ $\text{m}$ ],
- L - długość kompensowanego odcinka rurociągu poziomego [ $\text{m}$ ],
- $L_c$  - katalogowa długość całkowita kompensatora mieszkwego w stanie swobodnym (bez naciągu wstępnego) [ $\text{mm}$ ],
- $L_{wb}$  - całkowita długość kompensatora z uwzględnieniem obliczeniowego naciągu wstępnego [ $\text{mm}$ ],
- $\Delta L$  - katalogowa (maksymalna) zdolność kompensacyjna kompensatora przy nominalnych parametrach pracy gwarantująca katalogową trwałość zmęczeniową [ $\text{mm}$ ],
- $\Delta L_{dop}$  - dopuszczalna, maksymalna zdolność kompensacyjna dla większej od katalogowej trwałości zmęczeniowej kompensatora [ $\text{mm}$ ],
- $\Delta L_k$  - obliczeniowa wartość kompensacji dla odcinka rurociągu (sumaryczna  $\pm$ ), która nie powinna być większa od katalogowej zdolności kompensacyjnej dla kompensatora ( $\Delta L_k \leq \Delta L$ ) [ $\text{mm}$ ],
- $\Delta L_n$  - obliczeniowa wartość naciągu wstępnego dla danego kompensatora [ $\text{mm}$ ],
- $m_c$  - masa czynnika wypełniającego odpowiedni odcinek rurociągu pionowego [ $\text{kg}$ ],
- $m_k$  - masa całkowita (katalogowa) kompensatora mieszkwego [ $\text{kg}$ ],
- $m_r$  - masa odpowiedniego odcinka rurociągu pionowego (bez czynnika) [ $\text{kg}$ ],
- $N_c$  - obliczeniowa, większa od nominalnej (1000 cykli zmęczeniowych) trwałość zmęczeniowa kompensatora mieszkwego [liczba cykli zmęczeniowych],
- $N_n$  - katalogowa trwałość zmęczeniowa kompensatora mieszkwego dla nominalnych warunków pracy (ciśnienia, temperatury i zdolności kompensacyjnej), która dla przedmiotowych kompensatorów wynosi  $N_n = 1000$  [cykli zmęczeniowych]
- q - jednostkowa masa całkowita rurociągu łącznie z izolacją cieplną i czynnikiem wypełniającym [ $\text{kg/m}$ ],
- $p_p$  - maksymalne (katalogowe) ciśnienie próbne dla kompensatora [ $\text{Mpa}$ ],
- $p_p$  (obl) - ciśnienie próbne dla kompensatora w projektowanym punkcie obliczeniowym

- $p_{p(obl)} \leq p_p$  [Mpa],
- $p_r$  - maksymalne (katalogowe) ciśnienie robocze dla kompensatora [Mpa],
- $p_{r(obl)}$  - ciśnienie robocze dla kompensatora w projektowanym punkcie obliczeniowym  
 $p_{r(obl)} \leq p_r$  [Mpa],
- $p_{rk}$  - maksymalne ciśnienie robocze skorygowane dla kompensatora [Mpa],
- $p_1 \dots p_4$  - ciśnienie statyczne w określonych punktach rurociągu pionowego [Mpa],
- $t_m$  - temperatura otoczenia podczas montażu kompensatora [°C],
- $t_{min}$  - minimalna temperatura (czynnika lub otoczenia) w jakie może znaleźć się rurociąg uwzględniając przypadki awarii w okresie niskich temperatur zewnętrznych [°C],
- $t_{max}$  - maksymalna temperatura czynnika przepływającego przez rurociąg [°C],
- $\Delta t$  - różnica temperatury [°C],
- $\Delta t_u$  - różnica temperatury rurociągu określona zależnością:  $\Delta t_u = t_m - t_{min}$  [°C],
- $V$  - maksymalna prędkość przepływu czynnika przez rurociąg [m/s],
- $\alpha$  - współczynnik rozszerzalności liniowej rurociągu kompensowanego [mm/m °C],
- $\beta$  - odchylenie kątowe łuku rurowego [°],
- $\mu$  - bezwymiarowy współczynnik tarcia zależny od rodzaju stykających się materiałów,
- $\rho$  - gęstość czynnika przepływającego przez rurociąg [kg/m<sup>3</sup>].

## **1. PRZEDMIOT INSTRUKCJI**

Przedmiotem instrukcji są ogólne zasady stosowania i montażu osiowych kompensatorów mieszkwych produkowanych przez Zakład Elementów Sprężystych i Lotniczych Spółka z o.o. przeznaczonych do kompensacji liniowych wydłużeń termicznych rurociągów ciepłowniczych, technologicznych itp.

## **2. PODSTAWOWE PARAMETRY PRACY PRZEDMIOTOWYCH KOMPENSATORÓW**

### **2.1. Nominalna temperatura pracy**

do +150°C (423K).

Dla wyższych temperatur pracy należy uwzględnić odpowiednie współczynniki korygujące zdolność kompensacyjną i maksymalne ciśnienie robocze.

### **2.2. Maksymalne ciśnienie robocze ( $p_r$ )**

$p_r = 0,6$  MPa dla typów oznaczonych w symbolu liczbą „6”,

$p_r = 1,0$  MPa dla typów oznaczonych w symbolu liczbą „10”,

$p_r = 1,6$  MPa dla typów oznaczonych w symbolu liczbą „16”.

### **2.3. Maksymalne ciśnienie próbne**

$p_p = 0,9$  MPa dla typów oznaczonych w symbolu liczbą „6”,

$p_p = 1,6$  MPa dla typów oznaczonych w symbolu liczbą „10”,

$p_p = 2,4$  MPa dla typów oznaczonych w symbolu liczbą „16”.

## **3. PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE**

**3.1.** Podstawowe parametry wymiarowe przedmiotowych kompensatorów zawarto w kartach katalogowych wytwórcy – ZESiL Sp. z o.o.

**3.2.** Podstawowe własności techniczno eksploatacyjne przedmiotowych kompensatorów zawarto w kartach katalogowych wytwórcy – ZESiL Sp. z o.o.

Przedstawione tam maksymalne zdolności kompensacyjne wszystkich typowielkości obowiązują dla maksymalnych, ciśnieniowych parametrów pracy oraz nominalnej temperaturze pracy.

**3.3.** Wielościennie mieszki sprężyste przedmiotowych kompensatorów wykonywane są ze stali odpornej na korozję w gatunku 1H18N9T (1.4541 wg PN-EN 10088-2:1998).

**3.4.** Króćce przyłączeniowe przedmiotowych kompensatorów wykonywane są standardowo z rur ze stali węglowej w gatunku R 35: bez szwu wg PN-80/H-74219 dla średnic nominalnych do DN 500, oraz ze szwem wg PN-79/H-74244 dla średnic nominalnych DN > 500. Takie rozwiązanie ułatwia technologiczne łączenie przez spawanie kompensatorów z rurociągami kompensowanymi.

**3.5.** Wewnątrz kompensatorów wbudowane mogą być osłony mieszka, których zadaniem jest ochrona wewnętrznej przestrzeni mieszka przed osadzaniem się zanieczyszczeń mechanicznych. Przepływ czynnika przez tego rodzaju kompensatory może odbywać się tylko

w jednym kierunku oznaczonym strzałkami wytłoczonymi na pierścieniach zewnętrznych łączących mieszek z króćcem kompensatora.

Oslony takie są montowane na życzenie odbiorców wyłącznie w kompensatorach osiowych o średnicach nominalnych DN 80 ÷ 350. Kompensatory takie mają w oznaczeniu typu literę „S” tj: KR 80-16S ÷ KR 350-16S.

#### **4. WARUNKI TECHNICZNE DOBORU OSIOWYCH KOMPENSATORÓW MIESZKOWYCH**

Osiowe kompensatory mieszkwowe służą do kompensacji wydłużeń liniowych rurociągów wskutek zmian temperatury. Konstrukcja kompensatorów tego typu oparta na mieszkach sprężystych, których sztywność jest znacznie mniejsza od sztywności rurociągów kompensowanych, wymaga montowania ich wyłącznie na prostych odcinkach rurociągów unieruchomionych z dwóch stron podporami stałymi. Nie mogą być montowane na załamaniach i innych odcinkach samokompensujących się.

Przykładowe schematy montażowe osiowych kompensatorów mieszkwych na rurociągach poziomych i pionowych przedstawiono na rysunkach nr: 1; 2; 3; 4 i 5.

Przy doborze osiowych kompensatorów mieszkwych na rurociągach należy uwzględnić następujące zagadnienia:

**4.1. Dobór właściwego odcinka przewidzianego do kompensacji.**

**4.1.1.** Podstawową czynnością wstępną właściwego doboru jest określenie długości odcinka rurociągu, którego zmiany długości spowodowane maksymalnymi zmianami temperatury, mają być skompensowane przez elementy o ograniczonej zdolności kompensacyjnej. Wiąże się to z prawidłowym podziałem rurociągu na odcinki kompensowane (zaprojektowaniem rozstawu podpór stałych) tak, aby przy maksymalnych zmianach temperatury nie została przekroczona zdolność kompensacyjna elementów kompensujących.

Jako maksymalną różnicę temperatur dla rurociągów należy przyjmować:

$$\Delta t = t_{\max} - t_{\min} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (1)$$

Oznaczenia i jednostki stosowane w metodyce obliczeń wyszczególniono na str. 3 i 4.

Zawarte w katalogu Zakładu Elementów Sprężystych i Lotniczych Spół z o.o. wartości zdolności kompensacyjnych osiowych kompensatorów mieszkwych gwarantują ich trwałość zmęczeniową przez 1000 pełnych cykli pracy (katalogowa wartość rozciągnięcia + ściśnięcia) przy maksymalnym ciśnieniu roboczym i temperaturze ok 20°C. Warunkiem takiej żywotności kompensatora jest prawidłowe ustalenie naciągu wstępnego podczas montażu rurociągu przy danej temperaturze otoczenia.

Zmiany długości rurociągu w zależności od zmiany temperatury należy obliczać wg zależności:

$$\Delta L_k = \alpha \cdot L \cdot \Delta t \quad [\text{mm}] \quad (2)$$

Ze względu na odmiennosć zasad obliczeniowych dla rurociągów poziomych i pionowych długość kompensowanego rurociągu poziomego wynosi „L”, natomiast pionowego „H” wg oznaczeń (str 3 i 4)

Tablica 1

Wartości współczynnika rozszerzalności liniowej „ $\alpha$ ” [mm/m °C] rurociągu kompensowanego

Materiał rurociągu	Zakres temperatury od 20°C do		
	100°C	200°C	300°C
Stal ferrytyczna	0,0111	0,0121	0,0129
Stal odporna na korozję	0,0155	0,0165	0,0170

**4.1.2.** Przy projektowaniu kompensacji rurociągów ciepłowniczych i innych należy przestrzegać zasady, aby między dwoma podporami stałymi znajdował się jeden osiowy kompensator mieszkwych pojedynczy lub podwójny typu 2KR. Jeżeli osiowe kompensatory mieszkwych, pojedyncze wyposażone są w ograniczniki ograniczające ich ściśnięcie i rozciągnięcie dopuszcza się szeregowy ich montaż między dwoma podporami stałymi według przykładowego rozwiązania przedstawionego na rysunku 5. W takim rozwiązaniu standardowo wykonywane są kompensatory KR20 ÷ KR65.

**4.1.3.** Ze względu na niebezpieczeństwo zniszczenia kompensatora wskutek nawet jednorazowego niedopuszczalnego ściśnięcia lub rozciągnięcia (większego od wartości nominalnych), obliczenie i dobór elementów kompensacyjnych należy przeprowadzić w sposób gwarantujący nie przekroczenie zdolności kompensacyjnej urządzenia w skrajnych warunkach pracy.

#### **4.2. Liniowe prowadzenie rurociągu.**

**4.2.1.** Z uwagi na to, że sztywność kompensatorów jest wielokrotnie mniejsza od kompensowanych przez nie rurociągów, a ich konstrukcja wrażliwa na odkształcenia poprzeczne (boczne) mogące powodować pod wpływem ciśnienia wewnętrznego wyboczenia kompensatorów i rurociągów kompensowanych, konieczny jest ich montaż między ruchomymi podporami prowadzącymi w osi rurociągu (podporami kierunkowymi). Konstrukcja podpory ruchomej powinna zabezpieczać powierzchnię zewnętrzną rury przewodowej przed bezpośrednim tarciem o podporę kierunkową.

Przykładowe (schematyczne) rozwiązania podpór kierunkowych przedstawiono na rysunku 6.

**4.2.2.** Podpory kierunkowe powinny być w sposób sztywny i trwałe utwierdzone w obudowie kanału ciepłowniczego lub w ścianie przy której biegnie rurociąg pionowy, aby zdolne były przenosić siły poprzeczne określone w tablicy 4.

W przypadku dużych sił osiowych (składowe siły podano w pkt. 5) gdy występuje możliwość wyboczenia rurociągu poziomego poza podporami kierunkowymi w okolicy kompensatora mieszkwych, wszystkie podpory ruchome rurociągu należy wykonywać jako kierunkowe.

We wszystkich jednak przypadkach – niezależnie od obliczeniowych sił osiowych działających na poziomy rurociąg – należy stosować po dwie podpory kierunkowe z każdej strony kompensatora osiowego lub tylko po jednej stronie, gdy kompensator jest umiejscowiony w bezpośrednim sąsiedztwie podpory stałej wg schematycznych zasad przedstawionych na rysunku 3:

- - pierwsza w odległości ok  $4D_z$  od skrajnej fali mieszka,
- - druga w odległości ok  $14 D_z$  od pierwszej podpory kierunkowej.

**4.2.3.** Jeśli wszystkie podpory ruchome rurociągu poziomego zaprojektowano jako kierunkowe, rozstaw podpory trzeciej i dalszych licząc od kompensatora powinien być zgodny z wytycznymi w tym zakresie dla podpór ruchomych.

**4.2.4.** Bez względu na wielkość sił osiowych, dla zapewnienia osiowego prowadzenia kompensowanych rurociągów pionowych należy stosować wyłącznie podpory kierunkowe o zdolności przenoszenia sił poprzecznych wg tablicy 4.

**4.2.5.** Pomiędzy pierwszymi dwoma podporami kierunkowymi (licząc od kompensatora) nie mogą się znajdować żadne odgałęzienia mogące powodować wyboczenia rurociągu na tym odcinku.

**4.2.6.** Dla zapewnienia przesuwania ślizgowego rurociągu w podporach kierunkowych należy zachować odpowiedni luz wynoszący ok  $3 \div 4$  mm między płaskownikami przyspawanymi do rurociągu kompensowanego i wewnętrzną powierzchnią podpory kierunkowej.

**4.2.7.** Przed przyspawaniem kompensatora rurociąg kompensowany powinien być umieszczony w utwierdzonych podporach kierunkowych, a końcówki rurociągu do których będzie przyspawany osiowy kompensator mieszkwych powinny znajdować się w jednej osi.

**4.2.8.** Zaleca się montaż kompensatorów osiowych w bezpośrednim sąsiedztwie podpór stałych co powoduje sztywne utwierdzenie jednego króćca przyłączeniowego. W tym przypadku podpory kierunkowe występują tylko po jednej stronie swobodnego króćca kompensatora. Jeżeli jest to niemożliwe, kompensator osiowy może być umiejscowiony w dowolnym miejscu rurociągu prostego między podporami stałymi z zachowaniem wszystkich warunków prowadzenia rurociągów i odgałęzień.

## **5. SIŁY DZIAŁAJĄCE NA PODPORY STAŁE**

Projektując kompensację rurociągów z zastosowaniem osiowych kompensatorów mieszkwych, szczególnie ważne jest właściwe określenie sił działających na podpory stałe dzielące rurociąg na proste odcinki kompensowane.

W zależności od usytuowania podpór stałych oraz kompensatorów osiowych na rurociągu występują różne obciążenia podpór stałych siłami, których składnikami są:

**5.1.** Siła od obliczeniowego ciśnienia próbnego „ $p_p$  (obl)” czynnika w rurociągu wynikająca z powierzchni czynnej kompensatora i działająca osiowo na rurociąg. Wartość ciśnienia próbnego jest ściśle powiązana z wartością obliczeniowego ciśnienia roboczego „ $p_r$  (obl)” w projektowanym punkcie obliczeniowym rurociągu. Wartość ta powinna w każdym przypadku zastosowania odpowiadać rzeczywistej wartości ciśnienia w poszczególnych miejscach montażu kompensatorów osiowych na projektowanym rurociągu, a nie katalogowym wartościom „ $p_p$ ” i „ $p_r$ ”, które są wartościami maksymalnymi.

Wartość tej siły określana jest zależnością:

$$f_p = 100 \cdot a \cdot p_{p(obl)} \quad [N] \quad (3)$$



Oznaczenia i jednostki na str. 3 i 4.

**5.2.** Siła tarcia spowodowana tarciem rurociągu poziomego na podporach ruchomych (kierunkowych), działająca osiowo na rurociąg kompensowany jest określona zależnością:

$$f_t = 10 \cdot \mu \cdot q \cdot L \quad [\text{N}] \quad (4)$$

Oznaczenia i jednostki na str. 3 i 4.

**5.3.** Siła sprężystości niezbędna do ściśnięcia i rozciągnięcia mieszka kompensacyjnego działająca osiowo na rurociąg jest określana zależnością:

$$f_s = c_s \cdot \frac{\Delta L_k}{2} \quad [\text{N}] \quad (5)$$

Oznaczenia i jednostki na str. 3 i 4.

**5.4.** Siła odśrodkowa spowodowana przepływem czynnika przez łuk rurociągu działająca wzdłuż promienia łuku jest określana zależnością:

$$f_o = 2 \cdot b \cdot \rho \cdot V^2 \cdot \sin \frac{\beta}{2} \quad [\text{N}] \quad (6)$$

Oznaczenia i jednostki na str. 3 i 4.

**5.5.** Jeśli podpora stała jest umiejscowiona na łuku rurociągu (występuje na niej odchylenie kątowe rurociągu), siła odśrodkowa „ $f_o$ ” (wg pkt. 5.4.) działająca na taką podporę jest wypadkową sił składowych działających wzdłuż osi X i Y. W takim przypadku należy zwrócić szczególną uwagę na właściwe sumowanie poszczególnych składowych sił działających wzdłuż osi współrzędnych X i Y z których określa się wypadkową sumy sił składowych.

**5.6.** W rurociągu poziomym (np. sieci ciepłowniczej) wartość ciśnienia statycznego ma praktycznie wartość stałą na całej długości jeśli nie uwzględnić wymaganych spadków prowadzenia rurociągów, które mają minimalny wpływ na zmiany wartości ciśnienia statycznego, pomijalny w doborze kompensatorów.

**5.7.** Masa całkowita odcinka rurociągu poziomego (z izolacją cieplną i czynnikiem wypełniającym) obciąża proporcjonalnie wszystkie podpory: stałe i kierunkowe.

**5.8.** Jeśli na podporę stałą rurociągu poziomego działają siły symetryczne wzajemnie znoszące się (podpora odciążona), do jej zaprojektowania należy przyjmować jednostronnie działającą siłę tarcia jako skutek możliwej niejednoczesności działania tych sił przy zmiennej temperaturze przepływającego czynnika. Toteż w przytoczonych niżej przykładach, jak również w rzeczywistych rozwiązaniach nie występują podpory obciążone siłą o wartości równej zero. Przypadki takie praktycznie nie występują dla rurociągów pionowych

**5.9.** W rurociągu pionowym wypełnionym czynnikiem o masie właściwej „ $\rho$ ” wartość ciśnienia statycznego zmienia się proporcjonalnie do słupa cieczy w tym rurociągu. Ma to zasadnicze znaczenie w obliczeniach sił powodowanych ciśnieniem wewnątrz kompensatora, a wywieranych na podpory stałe, ze względu na możliwość dużego zróżnicowania tego ciśnienia na różnych poziomach rurociągu gdzie umiejscowiono osiowe kompensatory

mieszkwowe. Wartość ciśnienia statycznego na dowolnym poziomie „x” rurociągu pionowego powyżej („-”) lub poniżej („+”) punktu odniesienia określa zależność:

$$p_x = p_1 \pm \rho \cdot g \cdot H \cdot 10^{-6} \quad [\text{MPa}] \quad (7)$$

gdzie:

$p_1$  – ciśnienie statyczne w punkcie odniesienia (wg przykładów podanych na rys. 2 - u podstawy pionowego odcinka rurociągu) [MPa],

H - różnica wysokości między punktem odniesienia i poziomem „x” na rurociągu [m],

$\rho$  i g – jak w oznaczeniach na str. 3 i 4.

Z tego względu na rysunku 2 przedstawiającym schematyczne rozwiązania kompensacji rurociągów pionowych, przy każdym kompensatorze oznaczono różne wartości ciśnienia statycznego:  $p_1$ ;  $p_2$ ;  $p_3$  w oparciu o które należy obliczać wielkości sił od ciśnienia wywieranych na poszczególne podpory stałe.

**5.10.** Sposób mocowania rurociągu pionowego w podporach stałych oraz umiejscowienie kompensatorów mieszkwych powinien zapewniać obciążenia wyłącznie podpór stałych: masą całkowitą rurociągu pionowego z izolacją cieplną, masą czynnika wypełniającego ten rurociąg, masą armatury i innych urządzeń zamontowanych na tym rurociągu, w tym także kompensatorami mieszkwymi. Obciążenia siłami pochodzącymi do w/w składników w sposób różnorodny obciążać będą wyłącznie podpory stałe zależnie od lokalizacji osiowych kompensatorów mieszkwych, armatury zaporowej, itp. co przykładowo w sposób schematyczny przedstawiono w czterech przykładach na rysunku 2. Kompensatory mieszkwowe, ze względu na swoją małą sztywność jednostkową, nie mogą przenosić żadnych sił obciążających.

**5.11.** Podpory kierunkowe, które powinny być stosowane na całej długości kompensowanych rurociągów pionowych, mają za zadanie przenoszenie tylko poprzecznych sił wybożeniowych. W rurociągach pionowych nie występuje składowa siły tarcia rurociągu w podporach kierunkowych ze względu na brak obciążenia tych podpór siłami od masy rurociągu. Rurociąg kompensowany nie może być unieruchamiany w podporach kierunkowych (pośrednich).

**5.12.** Siła wywierana na odpowiednią podporę stałą przez masę odcinka rurociągu pionowego (bez czynnika) obciążającego tę podporę jest określana zależnością:

$$f_r = m_r \cdot g \quad [\text{N}] \quad (8)$$

**5.13.** Siła wywierana na odpowiednią podporę stałą przez masę kompensatora mieszkwego, na rurociągu pionowym, obciążającego tę podporę jest określana zależnością:

$$f_k = m_k \cdot g \quad [\text{N}] \quad (9)$$

**5.14.** Siła wywierana na odpowiednią podporę stałą przez masę czynnika wypełniającego odcinek rurociągu pionowego o wysokości  $H_x$  jest określana zależnością:

$$f_c = m_c \cdot g \quad [\text{N}] \quad (10)$$

gdzie:  $m_c = b \cdot H_x \cdot \rho$  [kg]

Oznaczenia i jednostki na str. 3 i 4.

**5.15.** Przy sumowaniu składowych sił działających na rurociągi i podpory stałe należy szczególnie starannie uwzględniać ich wektorowy charakter tj. wartość i kierunek działania poszczególnych składowych mających wpływ na wartości wypadkowe będące podstawą do projektowania całego układu kompensacyjnego rurociągów.

**5.16** Przykładowe schematy lokalizacji na rurociągach osiowych kompensatorów mieszkowych przedstawiono na rysunku 1 – dla rurociągów poziomych, oraz na rysunku 2 – dla rurociągów pionowych. Ze względu na zasadnicze różnice w zakresie metodyki obliczania obciążenia podpór stałych rurociągów poziomych i pionowych, poniżej przedstawiono je oddzielnie.

**5.16.1.** Przykładowe zestawienie sił obciążających podpory stałe rurociągów poziomych według schematycznych rozwiązań (przykłady 1 ÷ 4) przedstawiono na rysunku 1:

Przykład 1.

$$PS1 \rightarrow f_1 = f_{p(1)} + f_{s(1)}$$

$$PS2 \rightarrow f_2 = f_{p(1)} + f_{s(1)} + f_{t(1)} - f_{p(2)} - f_{t(2)}$$

$$PS3 \rightarrow f_{3(x)} = f_{p(2)} + f_{s(2)} + f_o \sin \beta/2 - (f_{p(3)} + f_{s(3)}) \cos \beta$$

$$\rightarrow f_{3(y)} = (f_{p(3)} + f_{s(3)}) \sin \beta - f_o \cos \beta/2$$

$$PS4 \rightarrow f_4 = f_{p(3)} + f_{t(3)} + f_{s(3)}$$

Przykład 2.

$$PS1 \rightarrow f_1 = f_{p(1)} + f_{s(1)} + f_{t(1)}$$

$$PS2 \rightarrow f_2 = f_{p(1)} + f_{s(1)} - f_{p(2)}$$

$$PS3 \rightarrow f_{3(x)} = f_{p(2)} + f_{t(2)} + f_{s(2)} + f_o \sin \beta/2 - (f_{p(3)} + f_{s(3)}) \cos \beta$$

$$\rightarrow f_{3(y)} = (f_{p(3)} + f_{s(3)}) \sin \beta - f_o \cos \beta/2$$

$$PS4 \rightarrow f_4 = f_{p(3)} + f_{t(3)} + f_{s(3)}$$

Przykład 3.

$$PS1 \rightarrow f_1 = f_{p(1)} + f_{s(1)}$$

$$PS2 \rightarrow f_2 = f_{p(1)} + f_{s(1)} + f_{t(1)} - f_{p(2)} - f_{s(2)}$$

$$PS3 \rightarrow f_{3(x)} = f_{p(2)} + f_{s(2)} + f_o \sin \beta/2 - (f_{p(3)} + f_{s(3)} + f_{t(3)}) \cos \beta$$

$$\rightarrow f_{3(y)} = (f_{p(3)} + f_{s(3)} + f_{t(3)}) \sin \beta - f_o \cos \beta/2$$

$$PS4 \rightarrow f_4 = f_{p(3)} + f_{s(3)}$$

Przykład 4.

$$PS1 \rightarrow f_1 = f_{p(1)} + f_{s(1)} + f_{t(1)}$$

$$PS2 \rightarrow f_2 = f_{p(1)} + f_{s(1)} - f_{p(2)}$$

$$PS3 \rightarrow f_{3(x)} = f_{p(2)} + f_{t(2)} + f_{s(2)} + f_o \sin \beta/2 - (f_{p(3)} + f_{s(3)} + f_{t(3)}) \cos \beta$$

$$\rightarrow f_{3(y)} = (f_{p(3)} + f_{s(3)} + f_{t(3)}) \sin \beta - f_o \cos \beta/2$$

$$PS4 \rightarrow f_4 = f_{p(3)} + f_{s(3)}$$

**5.16.2.** Przykładowe zestawienie sił obciążających podpory stałe (PS) rurociągów pionowych według schematycznych rozwiązań (przykłady (1 ÷ 4) przedstawionych na rysunku 2.

Dla określenia składowych sił obciążających podpory rurociągów pionowych przyjęto następujące zasady:

- siły oddziałujące na podpory stałe skierowane ku górze mają znak (+), a skierowane w dół znak (-),
- siły od ciśnienia wewnątrz elastycznego mieszka kompensatora oddziałują na podpory w obu kierunkach z jednakową wartością: ku górze (+) $f_p$ , ku dołowi (-) $f_p$ ,
- siły od masy własnej kompensatora mogą być zastąpione przez zwiększenie długości, a więc i masy, dwóch rurociągów przyłączeniowych, każdego o 0,5 długości kompensatora,
- siły od sprężystości mieszków mają zmienne kierunki i wartości zależne od wielkości rozciągnięcia lub ściśnięcia mieszka od położenia swobodnego; jako obciążenie podpory należy przyjmować największą sumaryczną wartość bezwzględną sił (F) przy maksymalnym rozciągnięciu lub ściśnięciu roboczym mieszka

#### Przykład 1.

$$PS1 \rightarrow F_1 = - f_p (k1) - f_s (k1) - f_r (h1) - f_c (h1 \div h4)$$

$$PS2 \rightarrow F_2 = f_p (k1) + (-) f_s (k1) - f_r (h2) - f_p (k2) - (+) f_s (k2)$$

$$PS3 \rightarrow F_3 = f_p (k2) + (-) f_s (k2) - f_r (h3) - f_p (k3) - (+) f_s (k3)$$

$$PS4 \rightarrow F_4 = f_p (k3) \pm f_s (k3) - f_k (h3)$$

#### Przykład 2.

$$PS1 \rightarrow F_1 = - f_p (k1) - f_s (k1) - f_r (h1) - f_c (h1 \div h4)$$

$$PS2 \rightarrow F_2 = f_p (k1) + (-) f_s (k1) - f_r (h2) - f_p (k2) - (+) f_s (k2)$$

$$PS3 \rightarrow F_3 = f_p (k2) + (-) f_s (k2) - f_r (h3) - f_p (k3) - (+) f_s (k3)$$

$$PS4 \rightarrow F_4 = f_p (k3) \pm f_s (k3) - f_r (h4)$$

Dla podpór PS2 i PS3 w przykładach 1 i 2 wykonywać obliczenia dla sił sprężystości mieszków ze znakami poza nawiasami oraz ze znakami w nawiasach i wybrać większą, bezwzględną wartość sumy sił wywieranych na podporę. Dla podpór PS4 obliczenia wykonać dla wartości  $f_{s(k3)}$  ze znakiem (+) i (-) i wybrać większą, bezwzględną wartość sumy sił wywieranych na podporę.

#### Przykład 3.

$$PS1 \rightarrow F_1 = - f_p (k1) - f_s (k1) - f_r (h1) - f_c (h1 \div h3)$$

$$PS2 \rightarrow F_2 = f_p (k1) \pm f_s (k1) - f_r (h2 + h3)$$

Dla pionu możliwy jest przypadek opróżnienia rurociągu z wyjątkiem odcinka nad armaturą odcinającą w położeniu zamkniętym, co spowoduje obciążenie podpory PS2 słupem wody o wysokości  $h3$ . W tym przypadku obciążenie tej podpory będzie następujące:

$$PS2 \rightarrow F_2 = - f_s (k1) - f_r (h2 + h3) - f_c (h3)$$

#### Przykład 4.

$$PS1 \rightarrow F_1 = - f_p (k1) - f_s (k1) - f_r (h1 + h2) - f_c (h1 \div h2)$$

$$PS2 \rightarrow F_2 = f_{p(k1)} \pm f_{s(k1)} - f_{r(h3)}$$

W tym przypadku opróżnienie rurociągu z wyjątkiem odcinka nad armaturą odcinającą w położeniu zamkniętym nie powoduje obciążenie słupem wody o wysokości  $h_2 + h_3$  dolną podporę PS1, analogicznie jak przy w położeniu otwartym armatury.

Dla podpór PS2 w przykładach 3 i 4 obliczenia wykonać dla wartości  $f_{s(k3)}$  ze znakiem (+) i (-) i wybrać większą, bezwzględną wartość sumy sił wywieranych na podporę.

Z oczywistych względów powyższe przykłady nie wyczerpują wszystkich możliwych układów kompensacyjnych lecz podają podstawowe zasady określania obliczeniowych obciążeń podpór stałych przy stosowaniu osiowych kompensatorów mieszkwych.

## **6. OPORY HYDRAULICZNE**

Oporo hydrauliczne przepływu czynnika przez osiowe kompensatory mieszkwie praktycznie niewiele odbiegają od oporów hydraulicznych przewodu rurowego. Występujące, w przypadku kompensatorów bez wewnętrznych osłon mieszka, niewielkie zakłócenia przepływu spowodowane falistą powierzchnią mieszka mogą być pomijane w obliczeniach technicznych, a kompensator traktowany w tym zakresie jako przewód rurowy na którym został zamontowany.

## **7. WARUNKI MONTAŻU OSIOWYCH KOMPENSATORÓW MIESZKOWYCH**

**7.1.** Montaż osiowych kompensatorów mieszkwych może być dokonywany na rurociągach poziomych, pionowych umieszczanych wzdłuż ścian obiektów lub w kanałach ciepłowniczych przechodnich i nieprzechodnich.

Kompensatory tego typu nie wymagają żadnej konserwacji zapewniając całkowitą szczelność układu podczas eksploatacji, a ich żywotność nie jest mniejsza niż żywotność innych elementów sieci i instalacji ciepłowniczych.

Jeżeli istnieje niebezpieczeństwo zanieczyszczenia mieszka sprężystego kompensatora nie izolowanego cieplnie, powinien być on zabezpieczony (osłoną) przed ewentualnymi zanieczyszczeniami mechanicznymi, które dostając się do przestrzeni między falami mieszka może spowodować jego uszkodzenie.

Jeśli kompensator mieszkwowy jest izolowany cieplnie, należy wykonać pod izolację osłony zabezpieczające przed wnikaniem izolacji w przestrzeń między falami mieszka.

**7.2.** Podczas montażu osiowych kompensatorów mieszkwych szczególną uwagę należy zwrócić na:

**7.2.1.** Prawidłowe wykonanie naciągu wstępnego „na zimno” określonego długością wbudowania przy obliczeniowej temperaturze montażu kompensatora.

Długość wbudowania jest określona zależnością:

$$L_{wb} = L_c + \frac{\Delta L_k}{2} - \frac{\Delta L_k}{\Delta t} \cdot \Delta t_u \quad [\text{mm}] \quad (11)$$

$\Delta t$  – według wzoru (1)

Pozostałe oznaczenia i jednostki na str. 3 i 4.

Naciąg wstępny kompensatora można wykonać po uprzednim przyspawaniu rurociągu z dwóch stron kompensatora i pozostawienie przerwy w rurociągu długości:

$$L_n = L_{wb} - L_c \quad [\text{mm}] \quad (12)$$

korzystnie między podporami kierunkowymi jak przedstawiono to schematycznie w przykładzie 1 na rysunku 4. Dociąganie rurociągu przyspawanego do swobodnego króćca kompensatora do rurociągu utwierdzonego w podporze stałej można wykonać przy pomocy ściągaczy umocowanych do uchwyty przyspawanych do końcówek dociąganych rurociągu.

Przedstawiony schematyczny przykład 2 na rysunku 4 podaje możliwość wykonania w całości rurociągu łącznie z kompensatorem osiowym. W tym przypadku rurociąg jest utwierdzony tylko w jednej podporze stałej. Utwierdzenie rurociągu w drugiej podporze stałej następuje po wykonaniu wstępnego naciągu kompensatora tj. po uzyskaniu przez kompensator obliczeniowej długości wbudowania „ $L_{wb}$ ”.

Najprostszą metodą kontroli naciągu wstępnego kompensatora osiowego jest pomiar długości wbudowania, który powinien być zgodny z wartością obliczeniową zawartą w projekcie.

**7.2.2.** Ustawienie kompensatora w rurociągu zgodnie z przepływem czynnika grzejnego dotyczy wyłącznie kompensatorów z wewnętrznymi osłonami mieszka, które na zewnętrznych pierścieniach mają oznaczony wymagany kierunek przepływu czynnika. Dla kompensatorów bez takich wewnętrznych osłon mieszka kierunek przepływu czynnika przez kompensator jest dowolny.

**7.2.3.** Przy montażu osiowych kompensatorów z osłonami zewnętrznymi mieszka na rurociągach pionowych należy przestrzegać zasady, aby ruchomy króciec kompensatora do którego przyspawany jest zewnętrzny pierścień oporowy, był skierowany ku dołowi jak to przedstawiono na rysunku nr 5. Taki sposób montażu wyklucza możliwość dostawania się zanieczyszczeń mechanicznych między osłonę zewnętrzną i mieszek sprężysty, co w skrajnych przypadkach może prowadzić do uszkodzenia kompensatora.

## **8. WARUNKI DOBORU OSIOWYCH KOMPENSATORÓW MIESZKOWYCH DLA RÓŻNYCH WARUNKÓW PRACY**

**8.1.** Dane techniczne kompensatorów mieszkwych podane w katalogu wytwórcy gwarantują ich trwałość przez 1000 pełnych cykli zmęczeniowych przy maksymalnej zdolności kompensacyjnej, maksymalnym ciśnieniu roboczym w temperaturze pokojowej. Mogą być one stosowane dla parametrów odbiegających od nominalnych, jednak w takich przypadkach niezbędne jest uwzględnianie odpowiednich współczynników korygujących parametry kompensatora do nowych warunków roboczych.

**8.2.** Jako generalną zasadę należy przyjąć, że wyroby te nie mogą być stosowane dla wyższego ciśnienia od wartości katalogowej „ $p_r$ ” oraz dla większych od katalogowych wartości zdolności kompensacyjnych „ $\Delta L$ ”.

**8.3.** W przypadku zastosowania kompensatora dla temperatury wyższej od  $+20 \pm 5^\circ\text{C}$ , ich trwałość zmęczeniowa zmniejszy się do wartości określonej zależnością:

$$N_c = 1000 \cdot T_f \quad [\text{ilość cykli zmęczeniowych}] \quad (13)$$

gdzie „ $T_f$ ” jest współczynnikiem korygującym trwałość zmęczeniową kompensatora w funkcji temperatury roboczej. Wartości tego współczynnika podano w tablicy 2.

Tablica 2

Wartości współczynnika korygującego „ $T_f$ ”

Temperatura robocza [°C]	20	100	150	200	250	300
Wartość współczynnika [ $T_f$ ]	1,0	0,9	0,85	0,8	0,75	0,67

**8.4.** W przypadku stosowania osiowych kompensatorów mieszkwych w temperaturach wyższych od +150°C należy uwzględnić współczynnik „ $W_k$ ”, którego wartości podano w tablicy 3, korygujący ciśnienie robocze według zależności:

$$p_{rk} = p_r \cdot W_k \quad [\text{MPa}] \quad (14)$$

Tablica 3

Wartości współczynnika korygującego „ $W_k$ ”

Temperatura robocza [°C]	150	200	250	300
Wartość współczynnika [ $W_k$ ]	1,0	0,9	0,85	0,8

**8.5.** W przypadku gdy zastosowanie kompensatora w instalacji lub innych urządzeniach wymaga większej niż 1000 cykli trwałości zmęczeniowej, można to osiągnąć kosztem zmniejszenia nominalnej (katalogowej) zdolności kompensacyjnej. Dopuszczalną zdolność kompensacyjną dla wymaganej, zwiększonej trwałości zmęczeniowej określa zależność charakterystyczna dla kompensatorów produkcji WSK „PZL Warszawa II” S.A:

$$\Delta L_{dop} = \Delta L \cdot 3,45 \sqrt{\frac{1000}{N_c}} \quad [\text{mm}] \quad (15)$$

Oznaczenia i jednostki na str. 3 i 4.

## 9. WSKAZÓWKI OGÓLNE

**9.1.** Spawanie kompensatorów mieszkwych z rurociągami należy wykonywać szczególnie ostrożnie nie dopuszczając do nagrzewania cienkościennego mieszka sprężystego. Podczas spawania należy osłonić mieszek sprężysty przed ewentualnymi odpryskami ciekłego metalu.

**9.2.** Po zakończeniu montażu kompensatorów mieszkwych, przed założeniem osłon zabezpieczających mieszek przed zanieczyszczeniami mechanicznymi lub pod izolację cieplną, należy zwrócić szczególną uwagę na czystość przestrzeni między fałami mieszka, usuwając wszelkie ewentualne zanieczyszczenia.

**9.3.** Króćce kompensatorów zabezpieczyć antykorozyjnie podobnie jak cały rurociąg. Nie zabezpieczać (NIE MALOWAĆ) mieszków sprężystych kompensatorów, które są wykonywane ze stali odpornej na korozję.

**9.4.** Kompensatory mieszkwowe należy transportować i przechowywać w opakowaniach zabezpieczających cienkościenne mieszki sprężyste przed wzajemnym obijaniem i deformacją. Wszystkie kompensatory mieszkwowe fabrycznie są owijane tekturą falistą.

Niedopuszczalne jest rzucanie, zginanie, skręcanie lub niekontrolowane ściskanie lub rozciąganie tych wyrobów. Jakiegokolwiek zgięcie, zgniecenie czy nacięcie mieszka sprężystego dyskwalifikuje wyrób do zastosowania.



Tablica 4

Wartości maksymalnych sił poprzecznych (reakcji) na podporę kierunkową w funkcji ciśnienia w rurociągu dla osiowych kompensatorów mieszkwych o średnicach DN 32 ÷ DN 1000

DN	Wartość siły poprzecznej [N] w funkcji ciśnienia:			
	0,6 [MPa]	1,0 [MPa]	1,6 [MPa]	2,4 [MPa]
<b>32</b>	152	197	249	305
<b>40</b>	188	243	307	376
<b>50</b>	282	364	461	564
<b>65</b>	393	508	642	787
<b>80</b>	565	730	923	1 130
<b>100</b>	826	1 067	1 349	1 652
<b>125</b>	1 123	1 450	1 834	2 246
<b>150</b>	1 530	1 975	2 499	3 060
<b>200</b>	2 821	3 641	4 606	5 641
<b>250</b>	4 986	6 437	8 142	9 971
<b>300</b>	6 464	8 345	10 556	12 929
<b>350</b>	7 444	9 610	12 156	14 887
<b>400</b>	9 136	11 794	14 918	18 271
<b>450</b>	10 790	13 930	17 620	21 580
<b>500</b>	12 860	16 602	21 000	25 720
<b>600</b>	16 736	21 606	27 330	33 472
<b>700</b>	22 470	29 009	36 693	44 940
<b>800</b>	27 976	36 116	45 684	55 951
<b>900</b>	33 401	43 120	54 543	66 802
<b>1000</b>	39 195	50 600	64 005	78 389

**Uwagi:**

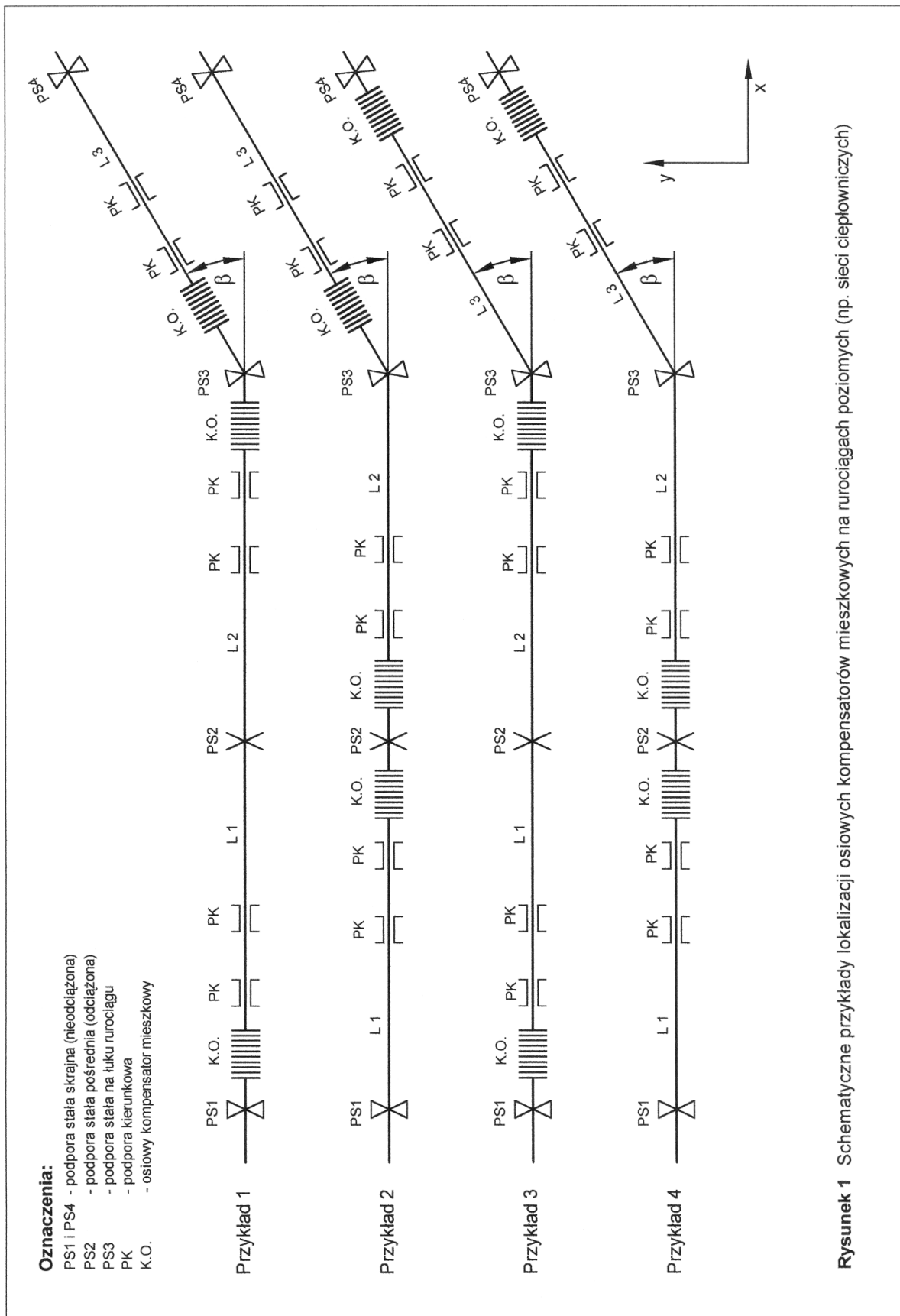
1. Dla ciśnień nie wyszczególnionych w tablicy (w zakresie do 2,4 MPa) wartości sił należy interpolować.
2. Wartości sił zostały określone dla grubości ścianek rurociągów równych grubościom ścianek króćców przyłączeniowych kompensatorów deklarowanym przez producenta.

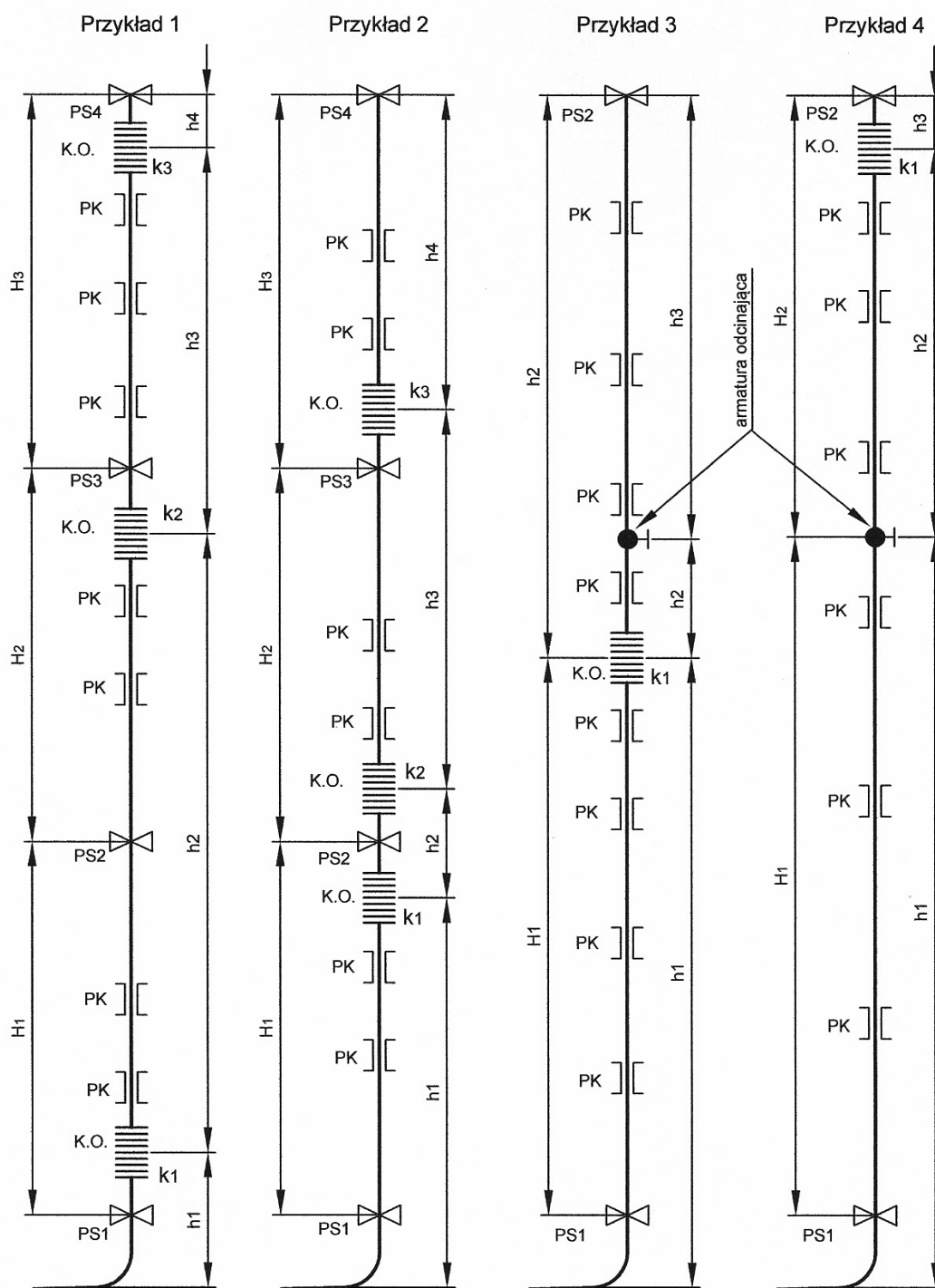
**9.5.** Próbę ciśnieniową rurociągów z kompensatorami mieszkwymi wykonywać zgodnie z PN-92/M-34031 dla ciśnienia próbnego odpowiadającego wartościom obliczeniowym, lecz nie wyższego niż „p<sub>p</sub>”.

**9.6.** W przypadku sieci dwu lub wieloprzewodowych z zastosowaniem kompensatorów osiowych, celem uniknięcia nadmiernego przewymiarowania wspólnych podpór stałych, zaleca się wykonywanie prób ciśnienia oddzielnie dla każdego rurociągu. Szczegółowa metodyka tak wykonywanej próby ciśnieniowej powinna być zawarta w dokumentacji technicznej sieci rurociągów.

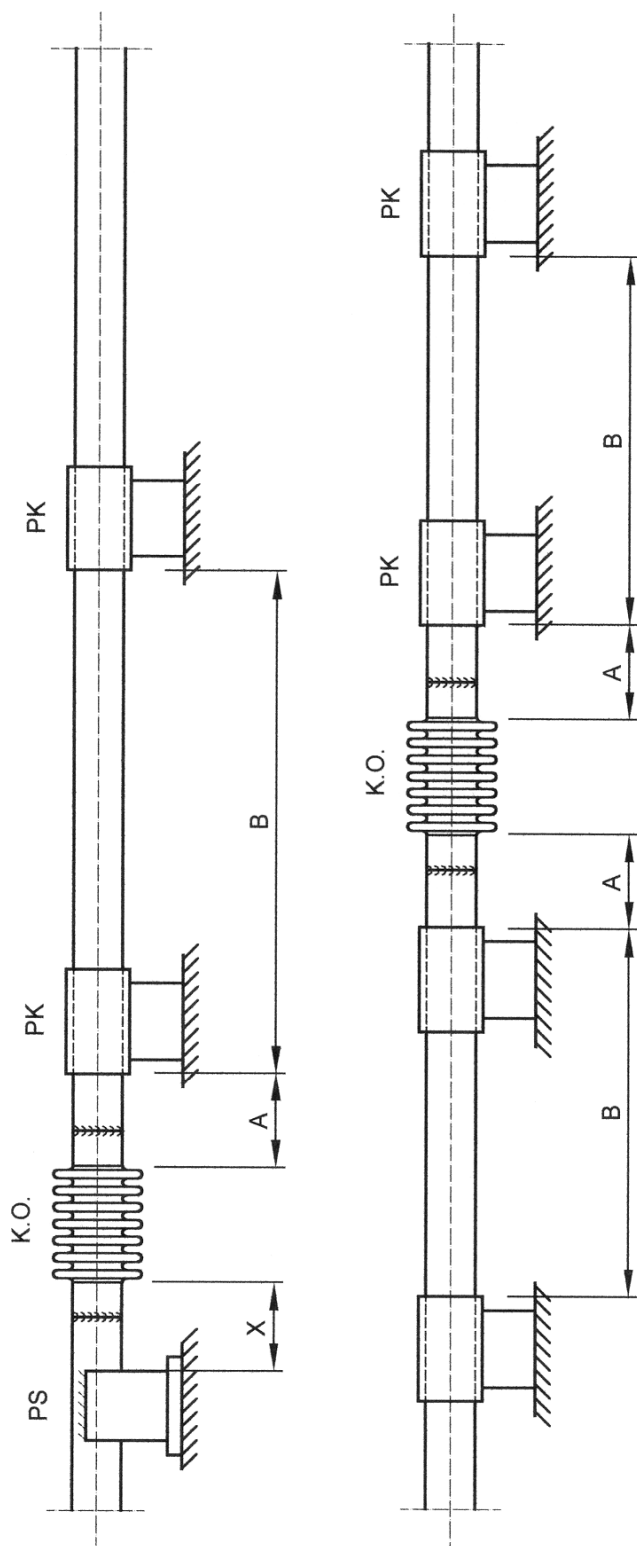
## **10. PIŚMIENNICTWO:**

- 10.1. B. Kozłowski, J. Rokosz – „Instrukcja doboru i montażu osiowych kompensatorów mieszkwych”
- 10.2. J Kwapisz – „Analiza wyników badań ciśnieniowych i zmęczeniowych kompensatorów osiowych i kątowych w latach 1983 – 86”
- 10.3. Katalog „Kompensatoren” firmy HYDRA Metallschlauch – Fabrik Pforzheim Vorm Hch. Witzenmann GmbH (1971)
- 10.4. Katalog „Kompensatoren” firmy WITZENMANN GmbH Metallschlauch – Fabrik Pforzheim (1990)





**Rysunek 2** Schematyczne przykłady lokalizacji osiowych kompensatorów mieszkowych na rurociągach pionowych (oznaczenia jak na rysunku 1)

**Oznaczenia:**

PS - podpora stała

PK - podpora kierunkowa

K.O. - osiowy kompensator mieszkowy

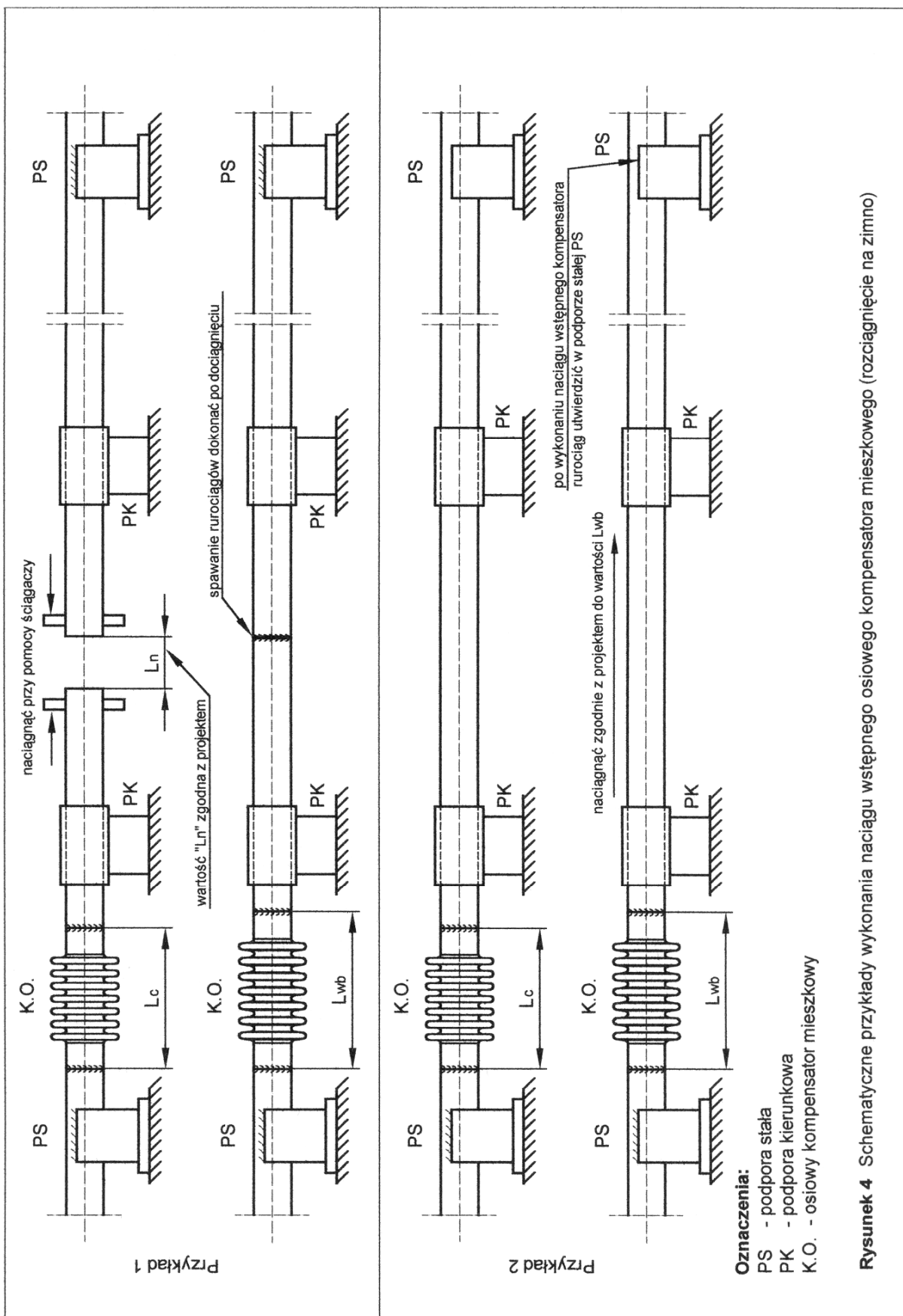
A = 4Dz

B = 14D

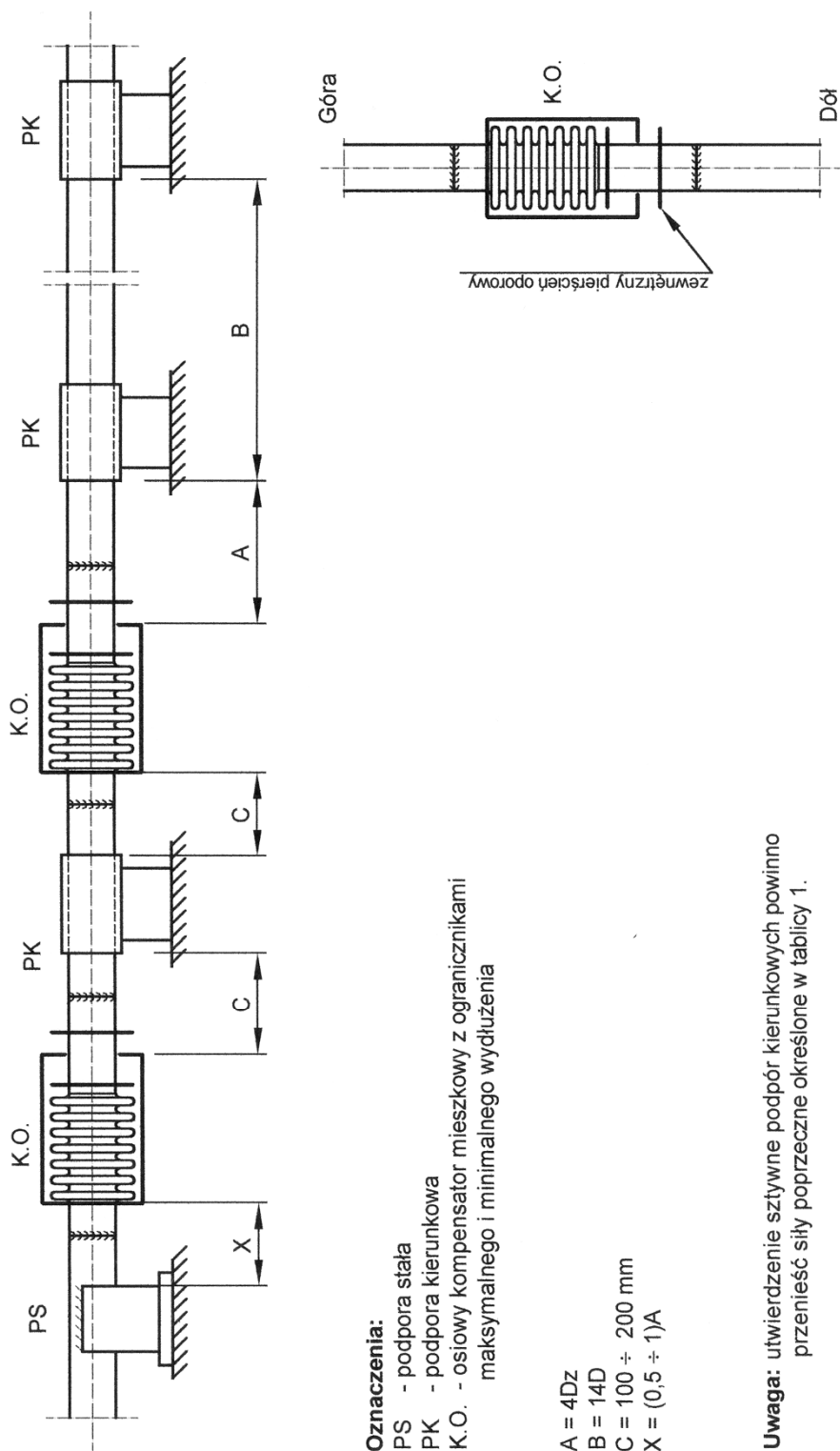
X = (0,5 ÷ 1)A

**Uwaga:** utwierdzenie sztywne podpór kierunkowych powinno  
przenieść siły poprzeczne określone w tabelicy 1.

**Rysunek 3** Schematyczny przykład montażu kompensatora mieszkowego przy podporze stałej oraz między podporami stałymi

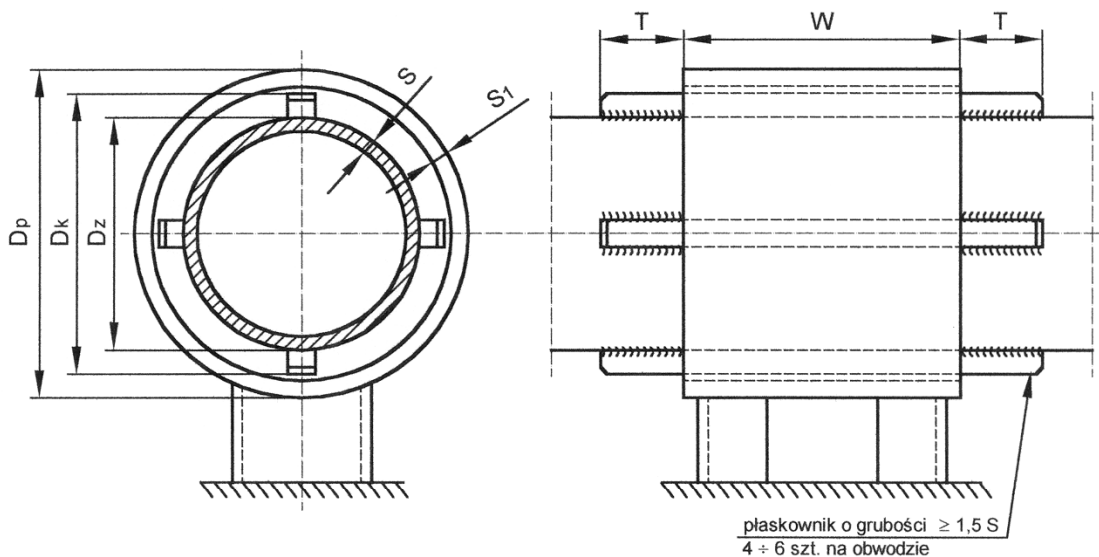


**Rysunek 4** Schematyczne przykłady wykonania naciągu wstępnego kompensatora mieszkowego (rozciągnięcie na zimno)



**Rysunek 5** Schematyczny przykład montażu szeregowego osiowych kompensatorów mieszkowych z osłoną zewnętrzną mieszka i ogranicznikami wydłużeń oraz zasada montażu tego typu kompensatorów na rurociągach pionowych

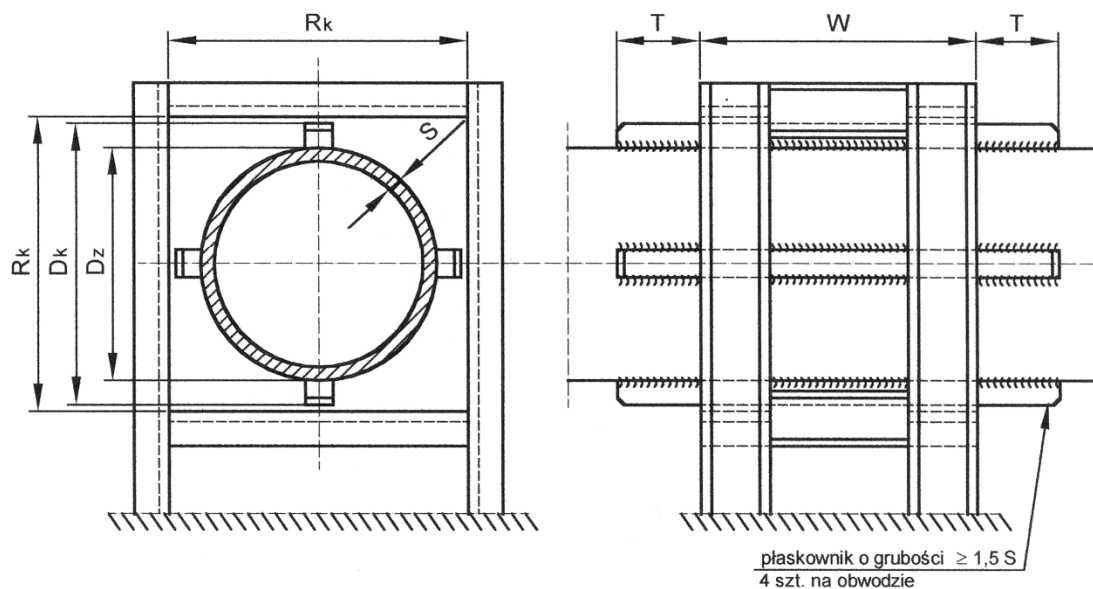
Przykład 1 - podpora "tulejowa"

**Oznaczenia:**

Dz - średnica zewnętrzna rury przewodowej  
 Dp - średnica zewnętrzna rurowej tulei  
 prowadzącej  
 Dk =  $Dp - 2S1 - (3 \div 4 \text{ mm})$

S - grubość ścianki rury przewodowej  
 S1 - grubość ścianki tulei prowadzącej  $\geq S$   
 $W = (1,5 \div 3)Dz$  w zależności od średnicy rurociągu  
 $T = 30 \div 50 \text{ mm}$  (w zależności od  $\Delta L_k$ )

Przykład 2 - podpora "klatkowa" (wykonana z kształtowników)

**Oznaczenia:**

Dz - średnica zewnętrzna rury przewodowej  
 Rk - wymiar "klatki" podpory kierunkowej  
 Dk =  $Rk - (3 \div 4 \text{ mm})$

S - grubość ścianki rury przewodowej  
 $W = (1,5 \div 3)Dz$  w zależności od Dz  
 $T = 30 \div 50 \text{ mm}$  (w zależności od  $\Delta L_k$ )

**Rysunek 6** Schematyczne przykłady rozwiązania podpory kierunkowej