



URZĄD DOZORU  
TECHNICZNEGO



# WYTYCZNE URZĘDU DOZORU TECHNICZNEGO NR 2/UC/2019/1

ZAWIESZENIA I PODPARCIA RUROCIĄGÓW PAROWYCH  
I TECHNOLOGICZNYCH ZASADY DIAGNOSTYKI, KONTROLI,  
NAPRAWY I REGULACJI

WYDANIE PIERWSZE



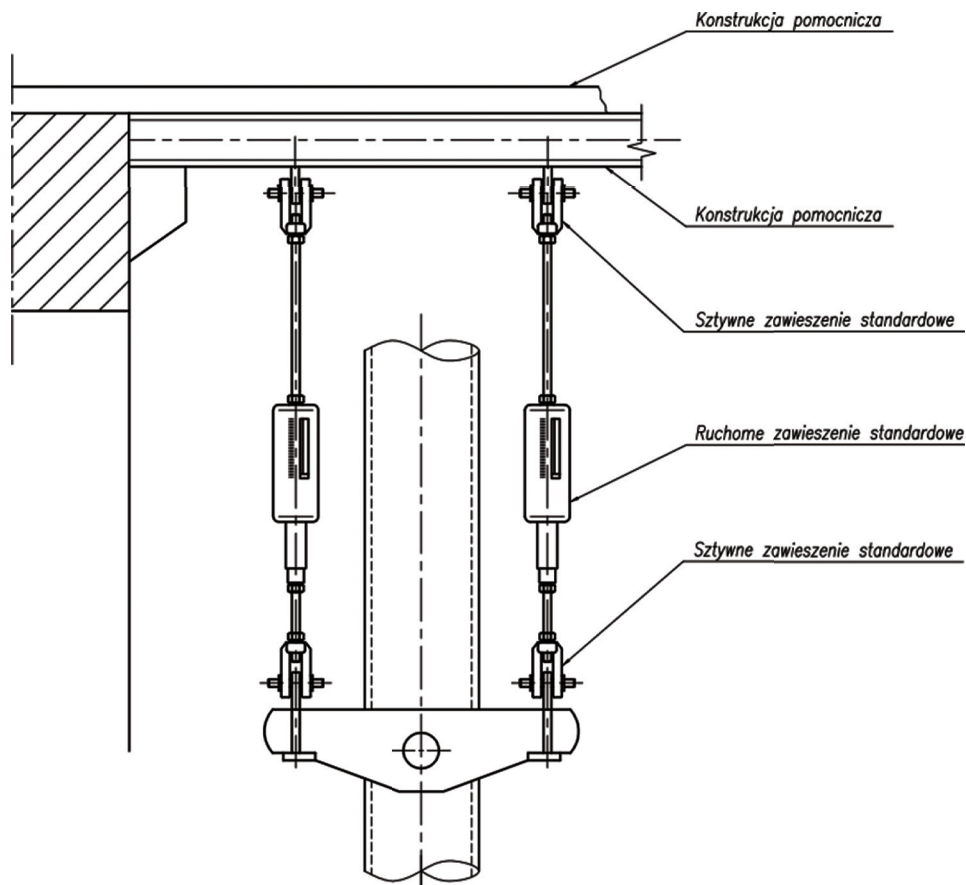
# Spis treści

1. Wstęp.....	4
2. Eksploatacja rurociągów energetycznych i zawieszń .....	5
2.1. Rurociągi parowe w bloku energetycznym.....	5
2.2. Warunki pracy rurociągów w energetyce.....	5
2.3. Charakterystyka systemu zawieszń i podparć rurociągów. ....	6
3. Klasyfikacja i rodzaje zawieszń.....	7
3.1. Grupy elementów wsporczych.....	7
3.2. Rodzaje zamocowań rurociągów. ....	7
3.2.1. Podparcia.....	7
3.2.2. Zawieszania.....	9
3.2.3. Tłumiki przemieszczeń.....	10
3.2.4. Stalowe konstrukcje drugorzędowe. ....	10
3.3. Klasyfikacja zamocowań oraz wymagania dotyczące dokumentacji wg EN 13480-3:2012 [10].....	11
4. Projektowanie zawieszń i podparć rurociągowych. ....	13
4.1. Ogólne warunki projektowania i wytwarzania .....	13
4.2. Projektowanie rurociągów wraz z elementami podparć i zawieszń.....	13
4.3. Zasady projektowania zamocowań rurociągów. ....	14
5. Diagnostyka układów zawieszń.....	17
5.1. Dokumentacja wstępna.....	17
5.2. Próby i badania na wykonanych „na gotowo” zawieszniach i podparciach rurociągowych.....	18
5.2.1. Sztywne zawieszania standardowe dopuszczone na podstawie prób kwalifikacyjnych typu.....	18
5.2.2. Sztywne zawieszania standardowe i zastrzały przegubowe (rozporowe) nieposiadające certyfikatu dopuszczenia typu.....	18
5.2.3. Standardowe zawieszania stałosilowe i sprężynowe dopuszczone na podstawie prób kwalifikacyjnych typu.....	18
5.3. Przeglądy okresowe.....	18
5.4. Pomiary geodezyjne przemieszczeń rurociągu.....	19
5.5. Pomiar nośności zawieszń.....	21
5.5.1. Metody wyznaczania rzeczywistej nośności zamocowań.....	21
5.6. Regulacja zawieszń.....	24
6. Graficzny schemat postępowania podczas diagnostyki zamocowań.....	25
7. Przykłady niezgodności.....	28
8. Literatura.....	30

# 1. Wstęp

Niniejsze wytyczne zostały opracowane w celu ustalenia wymagań technicznych dla zawiesznień i podparć rurociągów, jak również zasad diagnostyki oraz częstotliwości prowadzenia kontroli stanu technicznego zawiesznień i podparć rurociągów. Przestrzeganie zawartych w opracowaniu wytycznych nie tylko w znacznym stopniu poprawi stan wiedzy służb eksploatujących, lecz również pozytywnie wpłynie na poziom bezpieczeństwa pracy rurociągów.

Za zawieszania i podparcia rurociągu uważa się wszystkie elementy mocujące i przenoszące wszelkie obciążenia rurociągu na otaczającą konstrukcję budowlaną.



Rys. 1. Przykład zawieszenia sprężynowego i jego mocowania

Niniejsze opracowanie obejmuje swoim zakresem systemy zamocowań dla:

- rurociągów technologicznych do transportu materiałów niebezpiecznych o właściwościach trujących, żrących lub palnych, pod ciśnieniem wyższym niż 0,05 MPa i średnicy nominalnej większej niż DN 25, przeznaczonych do:
  - gazów sprężonych, gazów skroplonych, gazów rozpuszczonych pod ciśnieniem, par oraz tych cieczy, dla których nadciśnienie pary przy najwyższej dopuszczalnej temperaturze jest wyższe niż 0,05 MPa,
  - cieczy, których pary przy najwyższej dopuszczalnej temperaturze mają nadciśnienie niższe niż 0,05 MPa, jeżeli iloczyn nadciśnienia cieczy i średnicy nominalnej rurociągu jest większy niż 200 MPa,
- rurociągów pary łączącej kocioł z turbiną.

## 2. Eksploatacja rurociągów energetycznych i zawieszzeń

### 2.1. Rurociągi parowe w bloku energetycznym

Rurociągi pary łączące kocioł z turbiną obejmują:

#### 1) W bloku energetycznym:

- a) rurociąg prowadzący parę świeżą (pierwotnie przegrzaną) z przegrzewacza do części wysokoprężnej turbiny, pomiędzy głównym zaworem odcinającym parę lub złączem spawanym od strony kotła a złączem spawanym łączącym rurociąg z zaworem szybkozamykającym turbiny, bez tego zaworu,
- b) rurociąg prowadzący parę z wylotu części wysokoprężnej turbiny do przegrzewacza pary wtórnie przegrzanej, pomiędzy złączem łączącym rurociąg z zaworem zwrotnym na wylocie turbiny lub króćcem wylotowym z turbiny a złączem spawanym łączącym rurociąg z króćcem wlotowym przegrzewacza pary wtórnej,
- c) rurociąg obejściowy wraz ze stacją redukcyjno-schładzającą, łączący rurociąg pary świeżej, prowadzonej do turbiny, z rurociągiem pary wylotowej z części wysokoprężnej turbiny,
- d) rurociąg prowadzący parę wtórnie przegrzaną z kotła do części średnioprężnej turbiny wraz z odgałęzieniami, prowadzącymi parę do stacji zrzutowej i do zaworów bezpieczeństwa, pomiędzy złączem spawanym łączącym rurociąg z króćcem wylotowym kotła a złączem spawanym łączącym rurociąg z zaworem szybkozamykającym części średnioprężnej turbiny,
- e) rurociągi odgałęźne od wymienionych w podpunktach a-d, w tym do osprzętu zabezpieczającego, odwadniającego i odpowietrzającego – do pierwszej armatury zaporowej.

#### 2) W układzie kolektorowym:

- a) rurociąg między wylotem pary z przegrzewacza a kolektorem lub kolektorami,
- b) kolektor wraz z połączonymi rurociągami,
- c) rurociąg łączący kolektor z turbiną,
- d) rurociągi odgałęźne od wymienionych w podpunktach a-c, w tym do osprzętu zabezpieczającego, odwadniającego i odpowietrzającego – do pierwszej armatury zaporowej.

### 2.2. Warunki pracy rurociągów w energetyce

Parametry pracy głównych rurociągów energetycznych układu kocioł-turbina są bardzo wysokie (szczególnie rurociągów parowych, których parametry pracy wynoszą ok. 540°C i ok. 20 MPa). Duży zakres zmiany temperatury rurociągu – od stanu zimnego (postój) do stanu gorącego powoduje duże wydłużenia termiczne materiału, a w konsekwencji znaczne przemieszczenia rurociągu. Dodatkowo wysokie wartości ciśnienia pracy powodują powstawanie kolejnych naprężeń w rurociągu. Stąd też zawieszenia rurociągu są szczególnie ważnym elementem całej instalacji, ponieważ to właśnie one mają za zadanie przenieść ciężar wypełnienia rurociągu wraz z jego masą własną (uwzględniając połączone z nim wyposażenie) oraz działające na niego siły zewnętrzne i wewnętrzne (pochodzące od wydłużeń termicznych, naprężeń wywołanych ciśnieniem, parcia wiatru itp.) na otaczającą konstrukcję. Jednym z warunków bezpiecznej i bezawaryjnej pracy głównych rurociągów energetycznych jest poprawna praca wszystkich zamocowań, m.in. poprawnie dobrany system zawieszzeń kompensujących wydłużenia termiczne i niedopuszczenie do powstania dodatkowych naprężeń.

## 2.3. Charakterystyka systemu zawieszń i podparć rurociągów

**Podczas projektowania systemu zamocowań należy uwzględnić następujące zagadnienie w celu zapewnienia bezpiecznej pracy rurociągów:**

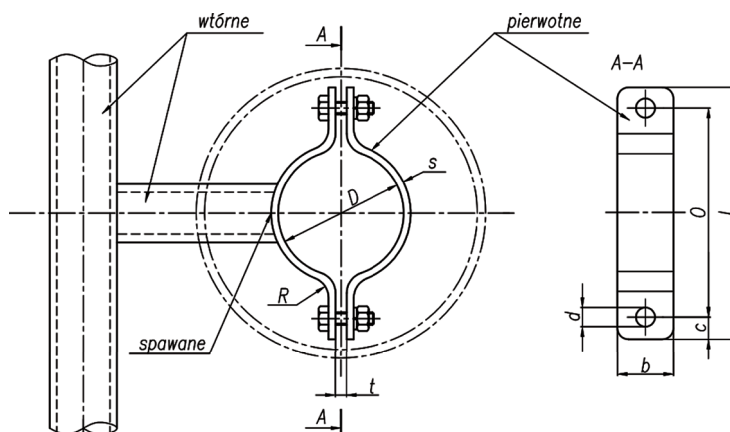
- zakres przestrzennych przemieszczeń rurociągu pomiędzy ustabilizowanym stanem roboczym (gorącym) a stanem postoju (zimnym), szczególnie w miejscach przewidzianych do montażu zamocowań,
- warunki pracy zamocowania (temperatura, zapylenie, wilgotność),
- wielkość siły reakcji zamocowań dla obu ww. stanów pracy rurociągu,
- przenoszenie dynamicznych obciążeń hydraulicznych wynikających z nieprawidłowo odwodnionego rurociągu.

**Dobór odpowiedniego zamocowania do określonych sił w obu stanach pracy wiąże się z:**

- określeniem typu zamocowania optymalnego do rozpatrywanego zastosowania (stałosiłowe, sprężynowe, stałe itp.),
- określeniem tzw. zakresu roboczego reakcji, jaki zamocowanie będzie musiało zapewnić,
- wyborem zamocowania z katalogów producentów lub zaprojektowaniem zamocowania, które będzie uwzględniało wszystkie ww. aspekty oraz warunki pracy.

**Zamocowanie rurociągu składa się z dwóch podstawowych elementów:**

- podparcia pierwotnego (np. stopy, obejmę) – elementu bezpośrednio stykającego się z rurociągiem,
- podparcia wtórnego (np. ceownika, kątownika) - elementu służącego, jako łącznik między podparciem pierwotnym a konstrukcją np. budynku.



Rys. 2. Podstawowe elementy podparć

**Podstawowe parametry charakteryzujące zawieszenie:**

- Typ zawieszenia – istnieje wiele typów zawieszń, które różnią się od siebie budową oraz zasadą działania. Podstawowe typy to zawiesznia sprężynowe: jednosprężynowe i dwusprężynowe oraz podpory sprężyste.
- Nośność zawieszenia – dobierana jest na podstawie obliczeń ciężaru rurociągu wraz z izolacją cieplną. Obliczenia te wykonywane są za pomocą specjalistycznych programów komputerowych.
- Zakres przemieszczeń roboczych zawieszenia – to obliczone przemieszczenia rurociągu w miejscu za-

montowania zawieszania. Zawieszania są dobierane i regulowane w taki sposób, aby zezwalały na przemieszczenia w miejscu ich zabudowania.

- Histereza zawieszania – można ją zobrazować graficznie jako pole zawarte wewnątrz krzywej opisanej zależnością sił reakcji zamocowania w funkcji przemieszczania się rurociągu w czasie pełnego cyklu zmian cieplnych warunków pracy bloku, tzn. od uruchomienia do odstawienia bloku. Pole to odwzorowuje pracę wykonaną dla pokonania oporów wewnętrznych zawieszania. Za poprawną wartość przyjmuje się histerezę o wartości nie większej niż 10% nośności zawieszania.

## 3. Klasyfikacja i rodzaje zawieszzeń

### 3.1. Grupy elementów wsporczych

**Elementy wsporcze, wchodzące w skład konstrukcji rurociągu i łączące go wraz z jego osprzętem z otaczającą konstrukcją, spełniają następujące zadania:**

- przenoszenie ciężaru rurociągu oraz zintegrowanego z nim sprzętu,
- kontrolowanie ruchu rurociągów,
- przenoszenie sił dynamicznych i statycznych rurociągu.

**Elementy wsporcze dzielą się na trzy podstawowe grupy:**

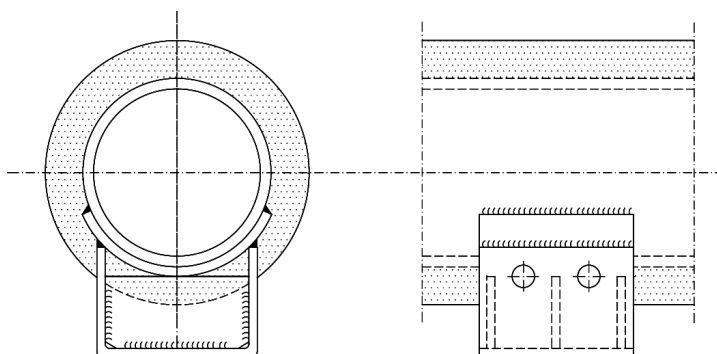
- sztywne,
- podatne,
- stalowe konstrukcje drugorzędowe.

### 3.2. Rodzaje zamocowań rurociągów

#### 3.2.1. Podparcia

- **Podparcia stałe (tzw. punkty stałe)**

Służą do silnego zamocowania rurociągu, aby zapobiec jego przesunięciom. Zapobiega wszelkim względnym obrotom rur i przemieszczeniom w punkcie zastosowania.



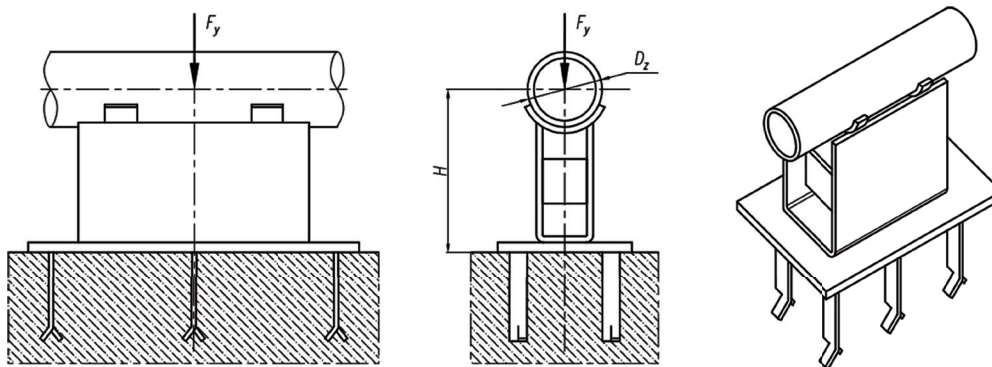
Rys.3. Przykład podparcia stałego poziomego

- **Podparcia ruchome**

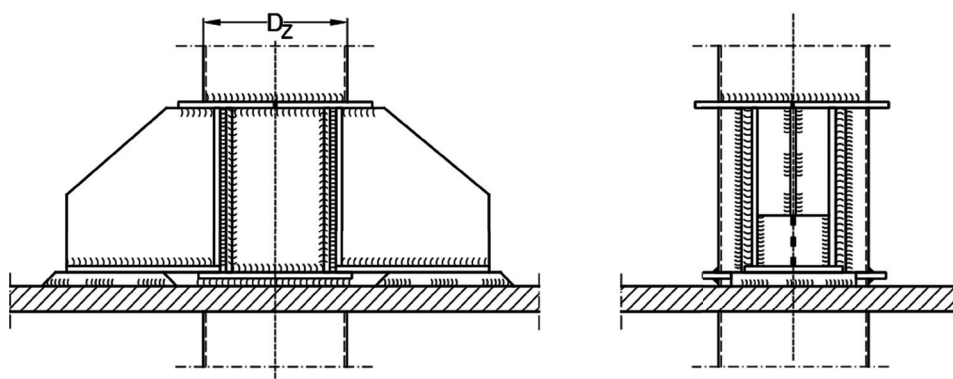
Podparcia te stosuje się w celu umożliwienia swobodnych przesunięć rurociągu spowodowanych jego rozszerzalnością liniową.

- **Podparcia ślizgowe (luźne)**

Podparcia te służą do redukcji obciążeń grawitacyjnych. Umożliwiają swobodne przesunięcie rurociągu spowodowane jego rozszerzalnością liniową.



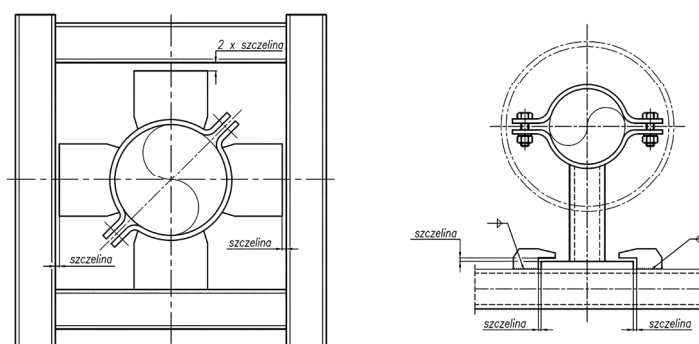
Rys. 4. Przykład podparcia ślizgowego przytwierdzonego do stropu żelbetonowego



Rys. 5. Przykład podparcia stałego na rurociągu pionowym

- **Podparcia prowadzone**

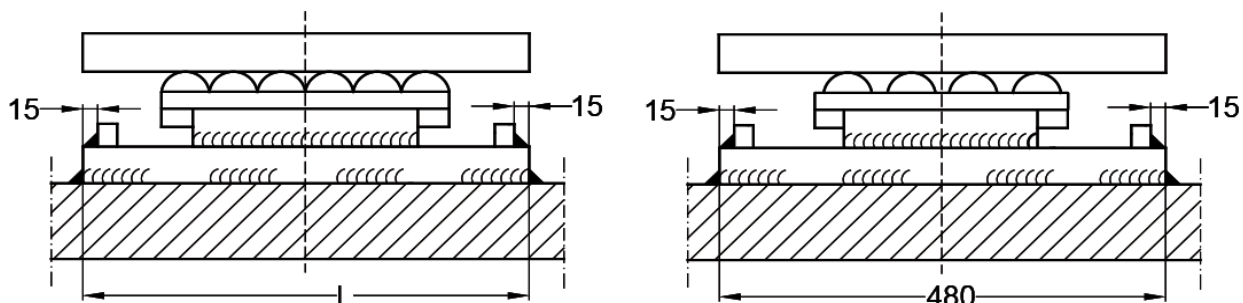
Podparcia te służą do redukcji obciążeń grawitacyjnych oraz termicznych. Pozwalają na przemieszczenie rurociągu we wcześniej określonym kierunku, uniemożliwiają natomiast ruch w jednym lub kilku kierunkach.



Rys. 6. Przykład podparć z prowadzeniem

- **Podparcia toczne**

Podpory te stosuje się zasadniczo tylko do rurociągów o średnicy powyżej 150 mm, ułożonych na konstrukcjach i wspornikach, w kanałach przechodnich i innych dostępnych miejscach, umożliwiających okresową ich kontrolę, konserwację oraz smarowanie wałków, rolek lub kulek tocznych wózków.



Rys. 7. Przykład podparcia kulowego

### 3.2.2. Zawieszania

- **Sprężynowe**

Stosowane są na rurociągach pionowych i poziomych, służą do redukcji obciążeń grawitacyjnych oraz termicznych poprzez przeniesienie obciążeń pionowych. Są używane głównie w sytuacjach, gdy inne podparcia mogłyby spowodować uszkodzenie rurociągu na skutek pojawienia się dużych sił na podpory. Pozwalają na pionowe przemieszczenia i są montowane na podłożu lub zawieszane na wieszakach.

- **Stałościłowe**

Zawieszania takie stosowane są tam, gdzie występują duże przemieszczenia pionowe. Mają za zadanie przeniesienie niezmiennego obciążenia w określonym zakresie przemieszczenia. Bardzo ważne jest prawidłowe działanie zawieszenia stałościłowego w długim okresie jego pracy.

#### Właściwości techniczne zawieszenia stałościłowego:

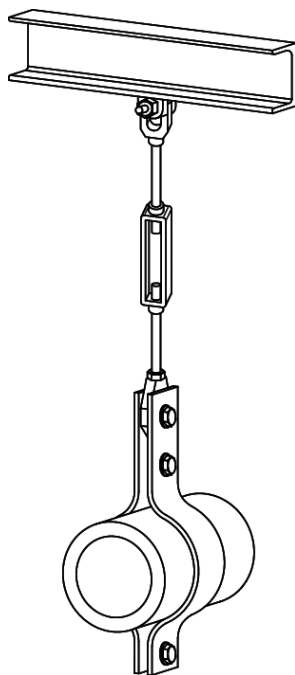
- zachowanie stałościłowości,
- symetryczność obciążenia i budowy,
- brak oddziaływania sił bocznych momentu sił na konstrukcję,
- bezpośredni odczyt obciążenia i przemieszczenia na odpowiednich skalach,
- możliwość nastaw obciążenia w granicach 40-100% obciążenia nominalnego,
- stosowanie specjalnych, wstępnie zrelaksowanych sprężyn,
- zachowanie stałościłowości w 10 000 cyklach pracy.

- **Bezsprężynowe (ciągna)**

Stosowane są na rurociągach poziomych, służą do odbierania obciążeń grawitacyjnych. Posiadają mniejszą sztywność niż podparcia ślizgowe, dlatego używane są tylko w miejscach, w których z uwagi na trasę rurociągu niemożliwe jest zastosowanie podparć innej budowy. Ich zadaniem jest ograniczenie przemieszczenia rurociągu w jednym kierunku.

### Wymogi dla cięgien:

- Charakterystyki cięgien powinny być podane przez producenta rurociągu.
- Cięgna powinny być wyposażone na końcach w łożyska kulkowe. Łożyska te powinny mieć niewielką swobodę ruchu umożliwiającą odchylenie rozpórki co najmniej o  $6^\circ$  od płaszczyzny roboczej.
- Cięgna powinny posiadać możliwość regulacji długości w zakresie co najmniej  $\pm 25$  mm.
- Cięgna powinny być montowane w sposób zapewniający zachowanie odpowiedniej sztywności całkowitej układu rurociągu.



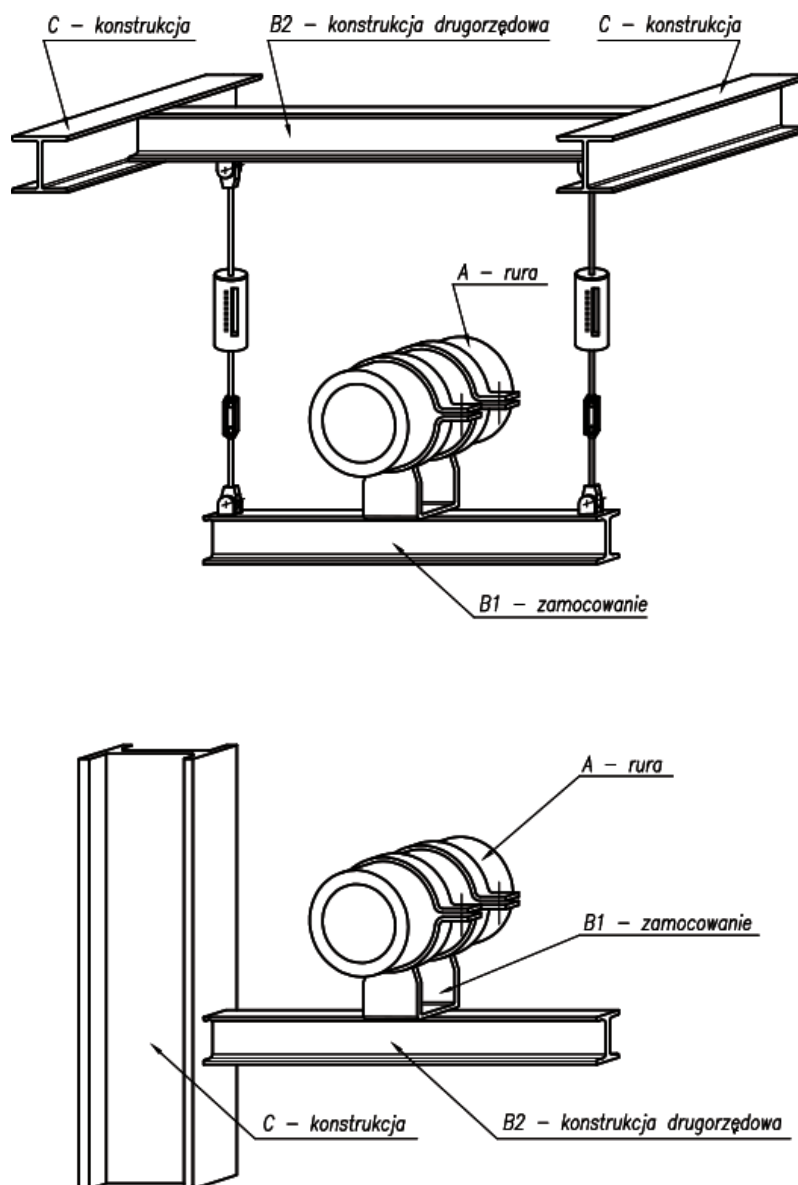
Rys. 8 Przykładowe zawieszenie z wykorzystaniem cięgna dynamicznego

### 3.2.3. Tłumiki przemieszczeń

Stosowane są głównie do rurociągów narażonych na gwałtowne przemieszczenia. Mają za zadanie ograniczyć obciążenia dynamiczne rurociągu, przy czym standardowe przemieszczenia, wynikające z ruchów termicznych, nie są przez nie redukowane. Gwałtowne przemieszczenia rurociągów mogą być spowodowane m.in. czynnikami zewnętrznymi, takimi jak uderzenie wodne czy trzęsienie ziemi. W sytuacji wystąpienia nagłego przemieszczenia, które przekraczałoby określoną prędkość, tłumik przemieszczeń natychmiastowo blokuje się, tworząc sztywne połączenie.

### 3.2.4. Stalowe konstrukcje drugorzędowe

Konstrukcja drugorzędowa składa się z elementów służących do przeniesienia obciążenia na konstrukcję główną. Konstrukcje te mogą być wykonane z różnych kształtek, np. ceowników, kątowników, teowników itp., w zależności od możliwości konstrukcyjnych i założeń projektanta.



Rys. 9 Przykłady mocowania podparć i zawieszek do konstrukcji.

### 3.3. Klasyfikacja zamocowań oraz wymagania dotyczące dokumentacji wg EN 13480-3:2017 [11]

Zawieszania klasyfikuje się zgodnie z klasyfikacją PED rurociągów [10]. Jeżeli rurociągi różnych kategorii zgodnie z dyrektywą PED mają wspólne podparcie, jego klasa musi odpowiadać wymaganiom najbardziej rygorystycznej klasy zamocowania.

Klasa rurociągu zgodna z PED	Klasa zamocowania
III	S3
II	S2
I i no*	S1
* w tym dobra praktyka inżynierska w danym państwie członkowskim zgodnie z art. 4.3 PED	

Tab. 1. Klasy rurociągów

	Dokumentacja	Klasa podparcia		
		S1	S2	S3
<b>Materiały</b>	Świadectwo wg EN 10204-3.1 (EN 10204:2004)	-	-	Y
	Świadectwo wg EN 10204-2.2 (EN 10204:2004)	Y	-	-
	Świadectwo dla materiałów spawalniczych (pomocniczych) Świadectwo wg EN 10204-2.2 (EN 10204:2004)	Y	Y	Y
	Wyroby płaskie, wyroby długie, rury, odkuwki	Y	Y	Y
	Świadectwo wg EN 10204-3.1 (EN 10204:2004), jeżeli $t > 300^{\circ}\text{C}$ Świadectwo wg EN 10204-2.2 (EN 10204:2004) jeżeli $t \leq 300^{\circ}\text{C}$	-	Y	Y
	Deklaracja zgodności zamówień wg EN 10204-2.1 (EN 10204:2004), jeżeli $t \leq 300^{\circ}\text{C}$	Y	-	-
	Komponenty połączeń (śruby, nakrętki, odkuwki)	a	a	Y
	Świadectwo wg EN 10204-3.1 (EN 10204:2004), jeżeli $t > 300^{\circ}\text{C}$ Oznakowanie (cechowanie) identyfikacyjne, jeżeli $t \leq 300^{\circ}\text{C}$	a	a	a
	Małe części (podkładki, zawlecзки itp.) <sup>b</sup>	-	-	-
<b>Konstrukcja</b>	Rysunek, plan lub inne sposoby (np. katalog) określenia typu i identyfikacji każdego zamocowania	X	X	X
	Rysunek każdego zamocowania <sup>c</sup>	-	X	X
	Udowodnienie wytrzymałości mechanicznej poprzez analizę badań lub powołanie się na standardową konstrukcję	-	Y	Y
<b>Wytwarzanie</b>	Rejestry zatwierdzenia spawacza zgodnie z EN 13480-4	-	Y	Y
	Raporty z zatwierdzania procedur spawania zgodnie z EN 13480-4	-	Y	Y
<b>Kontrola</b>	Raport kontroli badań zgodnie z EN 13480-3, załącznik 1	-	X	X
<b>Konserwacja</b>	Instrukcje konserwacji	X	X	X
<b>Certyfikacja</b>	Świadectwo zgodności producenta zgodnie z EN 13480-3, klauzula 13	X	X	X
<p><i>X – Dokumenty wymagane</i>  <i>Y – Dokumenty dostępne do wglądu</i>  <i>a – oznakowanie identyfikacyjne na elementach łączonych,</i>  <i>b – dokumentacja nie jest wymagana</i>  <i>c – w przypadku zamocowań udokumentowanych przez badanie typu wystarczą dane katalogowe lub normy zakładowe wytwórcy</i></p>				

Tab. 2. Klasy podparć rurociągów

## 4. Projektowanie zawieszzeń i podparć rurowciągowych.

### 4.1. Ogólne warunki projektowania i wytwarzania

Rurociągi oraz ich elementy należy projektować i wytwarzać w sposób zapewniający bezpieczeństwo ich użytkowania w założonym czasie, w warunkach dających się racjonalnie przewidzieć.

Wytwarzający rurowciąg jest zobowiązany do przeprowadzenia analizy zagrożeń wytwarzanych rurowciągów oraz ich elementów z uwzględnieniem warunków pracy oraz właściwości transportowanego czynnika.

Wytwarzający powinien zastosować poniższe zasady:

- usunąć lub zminimalizować zagrożenia tak dalece, jak jest to praktycznie możliwe i uzasadnione,
- zastosować odpowiednie środki chroniące przed zagrożeniami, które nie zostały usunięte,
- poinformować użytkowników o zagrożeniach, których nie udało się usunąć oraz określić niezbędne środki redukujące ryzyko wystąpienia zagrożenia podczas montażu, a później użytkowania rurowciągu oraz jego elementów.

### 4.2 Projektowanie rurowciągów wraz z elementami podparć i zawieszzeń.

Przy projektowaniu rurowciągu oraz jego elementów należy zastosować odpowiedni współczynnik bezpieczeństwa, uwzględniając wszystkie potencjalne zagrożenia. Projekt rurowciągu i jego elementów powinien uwzględniać zarówno obciążenia jakimi będą poddane w trakcie ich eksploatacji, oraz inne warunki, dające się racjonalnie przewidzieć. Szczególnie należy uwzględnić:

- ciśnienie wewnętrzne i zewnętrzne,
- temperaturę transportowanego czynnika i otoczenia,
- ciśnienie statyczne, masę czynnika transportowanego i próbnego w warunkach eksploatacji oraz badań diagnostycznych,
- obciążenia występujące podczas eksploatacji, spowodowane siłami przyrody,
- obciążenia pochodzące od konstrukcji wsporczych i współpracujących urządzeń,
- korozję, zmęczenie, erozję, pełzanie itp.,
- rozkład płynów nietrwałych.

Należy uwzględnić możliwość oddziaływania różnych czynników w tym samym czasie, w tym prawdopodobieństwo jednoczesnego występowania.

Projekt rurowciągu oraz jego zamocowań powinien:

- zredukować ryzyko związane z występowaniem wysokich naprężeń spowodowanych niedopuszczalnymi przemieszczeniami lub nadmiernymi siłami, powstającymi np. na złączach lub elementach kompensacyjnych, poprzez zastosowanie takich środków jak podpory stałe i ruchome, ograniczniki przemieszczeń czy naciąg wstępny,
- zredukować ryzyko powstawania uszkodzeń spowodowanych uderzeniami hydraulicznymi lub korozją, mogącymi powstać w wyniku kondensacji pary w rurowciągach transportujących gaz, przez zastosowanie środków umożliwiających odprowadzenie cieczy i usuwanie osadów,

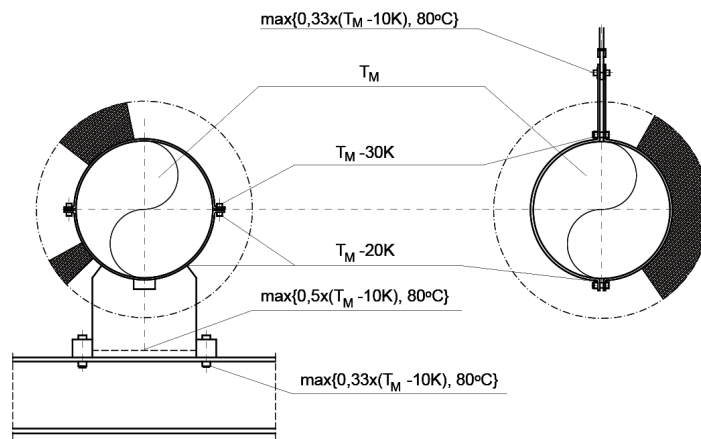
- zredukować ryzyko związane ze zmęczeniem materiału, mogące wystąpić na skutek drgań rurociągu,
- uwzględnić potencjalne uszkodzenia erozyjne,
- umożliwić przeprowadzenie niezbędnych badań w czasie eksploatacji z zapewnieniem ich bezpiecznego przeprowadzenia.

### 4.3. Zasady projektowania zamocowań rurociągów

Przy projektowaniu systemu zamocowań rurociągów należy stosować się do poniższych wymogów:

1. Do zakresu odpowiedzialności dostawcy rurociągu należy: zaprojektowanie konstrukcji (jeżeli jest on przez niego zaprojektowany), opracowanie koncepcji pracy układu oraz rozmieszczenie zamocowań rurociągowych. Niekiedy zadanie to wypełnia projektant rurociągu.
2. Zamocowania rurociągów o średnicy zewnętrznej większej niż 88,9 mm należy przedstawić zamawiającemu w celu ich akceptacji. Na rysunku muszą zostać zaprezentowane dane dotyczące występujących obciążeń oraz przemieszczeń. Ponadto należy przedstawić wykaz elementów składowych zamocowania. Projekt zamocowania powinien uwzględnić możliwość jego zamontowania.
3. Obciążenia do otaczającej konstrukcji budowlanej wolno wprowadzać jedynie w przewidzianych do tego miejscach. Przekroczenia w stosunku do uwzględnionych w projekcie maksymalnych sił wymagają ponownych przeliczeń statycznych oraz akceptacji zamawiającego. To samo dotyczy wprowadzonych dodatkowych punktów odbioru obciążenia.
4. Zawieszenia rurowe, jak również konstrukcje wsporcze przechodzące przez ciągi komunikacyjne nie powinny ograniczać poruszania się zarówno ludzi, jak i pojazdów (odległość min. 2,2 m).
5. Przy zawieszaniach ślizgowych (przesuwanych i tocznych) należy za pomocą odpowiednich środków konstrukcyjnych zapewnić, by przyjęta za podstawę obliczeń wartość współczynnika tarcia, także po długiej eksploatacji, nie została przekroczona. Powierzchnie ze specjalnych tworzyw ślizgowych należy chronić przed ryzykiem uszkodzenia.
6. Zawieszenia rurociągowie wraz z konstrukcjami pomocniczymi i wsporczymi należy wykonać w sposób uniemożliwiający gromadzenie się wody w kątach, narożach lub pustych przestrzeniach.
7. Szyny i płyty kotwowe oraz podobne pomoce połączeniowe montażu w konstrukcjach betonowych projektant powinien przedstawić z odpowiednim wyprzedzeniem, co umożliwi ich uwzględnienie w projekcie szalowania i zbrojenia. Dotyczy to także pustych rur, wsporników i podciągów.
8. W celu uproszczenia projektowania i montażu pierwszeństwo przed konstrukcjami niestandardowymi mają konstrukcje zawieszonych oraz podparć standardowych z typoszeregów dostępnych w katalogu producenta.
9. Przy projektowaniu zawieszonych i podparć należy uwzględnić ich położenie robocze wraz z przesunięciem na skutek wydłużenia termicznego. W przypadku zawieszonych wahadłowych na rysunku należy przedstawić ich odchylenie od pionu.
10. Zawieszenia wahadłowe w trakcie montażu należy zabudować pionowo, przy czym w obliczeniach dotyczących rurociągu należy uwzględnić siły wypadkowe powstające na skutek odchylenia w pozycji roboczej.
11. W pozycji roboczej wychylenia zawieszenia wahadłowego od pionu nie powinno przekraczać 4°.
12. Do skompensowania przemieszczeń pionowych spowodowanych rozszerzalnością cieplną, nieprzekraczających 50 mm, można stosować zawieszania/podparcia sprężynowe, jeżeli zmiany obciążenia pomiędzy obciążeniami w stanie zimnym i gorącym nie przekraczają 25% (w odniesieniu do obciążeń w stanie gorącym). Powyżej tych wartości należy stosować zawieszania/podparcia stałosiłowe.
13. Przy doborze zawieszonych i podparć należy uwzględnić rezerwy przemieszczeń. Dla zawieszonych czy podparć stałosiłowych należy przewidzieć rezerwę w wysokości 10% przemieszczenia zadanego, jednak nie mniej niż po 10 mm do każdej pozycji krańcowej. W obszarach rurociągów o małej sztywności należy uwzględnić zastosowanie większej rezerwy przemieszczeń. Rezerw przemieszczeń dla zawieszonych i podparć sprężynowych powinna wynosić 20% przemieszczenia zadanego, jednak nie mniej niż 5 mm.

14. W przypadku zawieszzeń i podparć stałosiłowych w odniesieniu do obciążenia zadanego należy uwzględnić możliwość późniejszego przeprowadzenia zmian obciążenia w granicach  $\pm 15\%$ , bez zmniejszania obustronnych rezerw przemieszczeń.
15. Przy tłumikach przemieszczeń i amortyzatorach drgań rezerwa przemieszczeń powinna wynosić min. 20 mm do każdej pozycji krańcowej.
16. Do montażu zamocowań sprężynowych należy przewidzieć stan obciążenia na zimno i blokadę w obu kierunkach ruchu. Zmiana obciążenia przy przejściu do stanu gorącego powinna zostać ujęta w obliczeniach rurociągu. Zawieszania stałosiłowe należy blokować w pozycji na zimno.
17. Zarówno dla podparć sprężynowych, jak i stałosiłowych należy ograniczyć siły poziome pochodzące od przesunięć bocznych do maks. 7% pionowego obciążenia głównego. W szczególnie uzasadnionych przypadkach, po wcześniejszym uzgodnieniu z inspektorem UDT oraz eksploatującym, dopuszczalne są nieznaczne przekroczenia.
18. Zawieszania sprężynowe i stałosiłowe, tłumiki przemieszczeń oraz amortyzatory drgań należy w miarę możliwości rozlokować w taki sposób, by umożliwić ich późniejszą kontrolę bez stosowania dodatkowych rusztowań. W szczególnie uzasadnionych przypadkach oraz po wcześniejszym uzgodnieniu z inspektorem UDT oraz eksploatującym dopuszczalne jest użycie drabin i przejezdnych podestów do kontroli stanu zawieszzeń i podparć.
19. Przy równoległym usytuowaniu dwóch tłumików przemieszczeń na jednej obejmie pionowej, dla obu należy przewidzieć rezerwę obciążenia min. 30%.
20. Do odbierania obciążeń od ścianek rurociągów transportujących gorące medium pod ciśnieniem o średnicy zewnętrznej  $\geq 168,3$  mm należy przewidzieć przyspawanie na pełny przetop czopów wsporczych wykonanych z rury lub pręta okrągłego. Odstępstwa od tego wymagają zgody zamawiającego.
21. Zamocowania rurociągów przewodzących medium o temperaturze roboczej  $T_M \leq 350^\circ\text{C}$  należy obliczyć (względnie dobrać) przy założeniu temperatury wg rys. 10:
  - elementy usytuowane w obrębie izolacji cieplnej:
    - dla części bezpośrednio stykającej się z rurociągiem, przyjmując za  $T = T_M$ ,
    - obszary niemające bezpośredniego kontaktu z rurą, przyjmując za  $T = T_M - 20$  K,
    - dla śrub i nakrętek, przyjmując za  $T = T_M - 30$  K,
  - elementy usytuowane poza obrębem izolacji cieplnej:
    - dla konstrukcji bezpośrednio związanych z częściami stykającymi się z rurą:
 
$$T = \max \{0,5 \times (T = T_M - 10 \text{ K}); 80^\circ\text{C}\},$$
    - dla sworzni, śrub i nakrętek na mocowaniach ciernych (np. do konstrukcji nośnych):
 
$$T = \max \{0,33 \times (T = T_M - 10 \text{ K}); 80^\circ\text{C}\}.$$
22. Przy zawieszaniach rurowych na rurociągach o temperaturze roboczej medium  $> 350^\circ\text{C}$  wszystkie usytuowane w obrębie izolacji cieplnej elementy należy obliczać i dobierać dla temperatury  $T_M$ .
23. Zawieszania rurociągowo o połączeniach śrubowych należy odpowiednio zabezpieczać. Dopuszczalnymi zabezpieczeniami są: blachy i podkładki zabezpieczające, nakrętki zabezpieczające i kontrolujące.
24. Klamry dźwigarowe do mocowania zawieszzeń rurowych na belkach złożonych dopuszczalne są tylko wtedy, gdy obciążenie skręcające belki nie przekracza dopuszczalnego zakresu. Mocowanie klamrami małych rurociągów (o średnicy zew.  $\leq 60,3$  mm) nie wymaga przedstawiania obliczeń.
25. Dla podparć z prowadzeniem i luźnych należy przewidzieć odpowiedni luz dla stanu roboczego w celu wyeliminowania dodatkowych obciążeń. Jeżeli podparcia ślizgowe instalowane są na wolnym powietrzu lub w pomieszczeniach zapyłonych, należy zadbać o odpowiednie środki ochronne przed zanieczyszczeniem powierzchni ślizgowych. Położenie konstrukcji ślizgowej powinno być odpowiednio zabezpieczone przed zmianą pozycji. Stosowanie specjalnych materiałów ślizgowych dopuszczalne jest tylko tam, gdzie nie istnieje groźba zmiany ich właściwości na skutek przewodzenia lub promieniowania ciepła, zanieczyszczenia lub innego wpływu otoczenia.



Rys.10. Temperatura obliczeniowa przy temperaturze roboczej medium  $\leq 350^{\circ}\text{C}$

26. Zawieszenia wahadłowe należy wykonać w taki sposób, by pomiędzy dwoma przegubami mogły się swobodnie poruszać. Do ustawienia i regulacji rurociągu należy przewidzieć nakrętki napinające (rzymskie). Ciężna można przedłużać poprzez elementy gwintowane. Spawanie cięgien ze sobą jest niedopuszczalne.
27. Połączenia jarzmowe w obrębie wysokich ciśnień jest niedopuszczalne, natomiast ich zastosowanie w obrębie niskich ciśnień wymaga uprzedniego uzgodnienia.
28. Zawieszenia rurowe należy mocować przy użyciu obejm. Bezpośrednie przyspawanie do ścianek rury dozwolone jest dla:
  - okrągłych czopów wsporczych i knag (podpórek kątowych). Jako część składową rurociągu trzeba je uprzednio poddać obróbce cieplnej, co należy do zakresu odpowiedzialności dostawcy rurociągu,
  - zawieszń (np. łap wspornikowych, siodła rurowych) na nisko obciążonych niestopowych rurociągach, eksploatowanych w temperaturach  $\leq 50^{\circ}\text{C}$  (np. rurociąg wody chłodzącej, powietrza roboczego itp.).
29. W sytuacji kiedy nie ma możliwości uniknięcia łączenia zawieszenia rurowego poprzez przyspawanie do ścianki rurociągu ciśnieniowej spoiny na przewodach ze stali stopowej należy dokładnie oszlifować (w sposób wolny od karbu) i przygotować do badań nieniszczący (należy uwzględnić możliwość ich powtarzania). Odmiennie rozszerzalności cieplne należy uwzględnić metodami konstrukcyjnymi.
30. Elementy wsporcze należy wykonać w taki sposób, by obejmy miały z nimi gładki styk (powinny gładko przylegać). Obejmy nie mogą wskutek zbyt dużego luzu prześlizgiwać się pod nimi.
31. Przenoszenie ciepła od ścianki rury, poprzez zawieszenia rurociągu, na konstrukcję budowlaną powinno być możliwie jak najmniejsze.
32. Zawieszenia rurociągowo należy instalować w taki sposób, by pomiędzy ścianką rury ciśnieniowej a obejmującym rurę elementem nie miał miejsca żaden ruch względny, negatywnie oddziaływający na prawidłowe działanie zawieszenia rurociągu.
33. W rejonie wprowadzenia obciążeń należy wykluczyć możliwość odkształcenia plastycznego (trwałego) rurociągu przez obejmy. Na rurociągach izolowanych śruby mocujące nie powinny wystawać ponad izolację. Na przewodach pionowych, podporach stałych rurociągu i prowadzonych (o średnicach zewnętrznych  $\geq 88,9$  mm) zawieszenia należy zabezpieczyć przed przesuwaniami przyspawanymi klockami oporowymi, knagami (podpórkami kontowymi) lub czopami z pręta okrągłego.
34. Śruby kotwiące i połączenia śrubowe konstrukcji wsporczych należy tak usytuować, by mogły być sprawdzane i ewentualnie dociągane.
35. W przypadku mocowania zawieszń rurowych do konstrukcji budowlanych takie połączenia z zasady należy uwzględnić w projekcie budynku i statyki.
36. W przypadku przeprowadzania modernizacji rurociągu polegającej na zmianie konstrukcji, materiału bądź grubości rurociągu lub jego elementu należy założyć zmianę obciążenia statycznego i dynamicznego wynikającą z wprowadzonej zmiany ciężaru wymienianego elementu rurociągu.

## 5. Diagnostyka układów zawieszzeń

Prawidłowa praca rurociągów parowych i technologicznych eksploatowanych przez długi okres czasu zależy od wielu składowych. Jedną z nich jest prowadzenie diagnostyki układu zawieszzeń i podparć poprzez regularne przeglądy, wykonywanie regulacji oraz naprawy w systemie zawieszzeń. Zaniedbania w prowadzeniu takich kontroli mogą prowadzić do lokalnych spiętrzeń naprężeń w ścianie (powłoce) rurociągu, co mogą powodować jego przyspieszone zużycie. Po stosunkowo niedługim czasie pracy (poniżej czasu obliczeniowego) procesy te mogą powodować pojawienie się na elementach rurociągów zmian pełzaniowych. Najczęściej w takim przypadku czynnikiem sprzyjającym uszkodzeniu jest wadliwie działający system zawieszzeń.

W niniejszym rozdziale przedstawiono kolejne składowe procesu diagnostyki układu zawieszzeń i podparć na rurociągach parowych, jak również technologicznych. Przebieg postępowania podczas prowadzenia pełnej diagnostyki układu zawieszzeń składa się z przedstawionych poniżej procesów:

- analiza dokumentacji projektowej rurociągu,
- inwentaryzacja zawieszzeń na obiekcie (ustalenie stanu rzeczywistego),
- pomiary geodezyjne przemieszczeń rurociągu,
- pomiary nośności zawieszzeń,
- opracowanie ilościowe i jakościowe stanu technicznego zamocowań,
- symulacyjne obliczenia rozkładu naprężeń (samokompensacja) w rurociągu,
- opracowanie wniosków z diagnostyki i opinii,
- optymalizacja instalacji.

### 5.1. Dokumentacja wstępna

Wykonanie analizy układu zamocowań wiąże się ze zgromadzeniem dokumentacji projektowej instalacji oraz dokumentacji technicznej rozpatrywanych zawieszzeń i podparć. Podstawowa dokumentacja techniczna, jaką powinny posiadać poszczególne zamocowania rurociągu, przedstawiono poniżej:

- a) zawieszenia standardowe dopuszczone na podstawie prób kwalifikacyjnych typu – certyfikat badania typu,
- b) zawieszenia rurociągowie nieposiadające certyfikatu dopuszczenia typu:
  - opisy funkcji,
  - karty danych projektowo-konstrukcyjnych: minimalne i maksymalne nastawy obciążeń, przemieszczenia całkowite, tolerancje funkcjonalne i wymiarowe, temperatury robocze, temperatury otoczenia,
  - rysunki zestawieniowe i szczegółowe wraz z wykazami części z podaniem materiałów oraz nr pozycji (usytuowania) danego zawieszenia,
  - operacyjne plany spawania (WPS – welding procedure specification),
  - specyfikacja wszystkich dokumentów wraz ze stanowiskami kontrolnymi, niezbędnymi do identyfikacji danego zawieszenia rurociągowego.

## 5.2. Próby i badania na wykonanych „na gotowo” zawieszaniach i podparciach rurociągowych

### 5.2.1. Sztywne zawieszania standardowe dopuszczone na podstawie prób kwalifikacyjnych typu

Za przeprowadzenie obowiązkowej kontroli i prób opisanych certyfikatem dopuszczenia typu odpowiedzialny jest producent, w szczególności powinien on:

- a) ocenić prawidłowość znakowania,
- b) dokonać wizualnej kontroli kompletności wykonania,
- c) skontrolować ochronę przeciwkorozyjną.

### 5.2.2. Sztywne zawieszania standardowe i zastrzały przegubowe (rozporowe) nieposiadające certyfikatu dopuszczenia typu

W obecności inspektora nadzoru na każdej dostarczanej partii należy przeprowadzić losowe kontrole na podstawie zatwierdzonej dokumentacji wstępnej (dopuszczeniowej):

- a) 100-procentowa kontrola oznakowania,
- b) kontrola znakowania zastosowanych materiałów i ich świadectw,
- c) sprawdzenie funkcjonalności części połączeniowych i gwintów,
- c) 5-procentowa kontrola wymiarów skojarzonych na poszczególnych elementach konstrukcyjnych,
- d) kontrola zabezpieczenia przeciwkorozyjnego (ze sprawdzeniem grubości warstwy).

### 5.2.3. Standardowe zawieszania stałosiłowe i sprężynowe dopuszczone na podstawie prób kwalifikacyjnych typu

W obecności inspektora nadzoru na każdej dostarczanej partii należy przeprowadzić losowe kontrole na podstawie zatwierdzonej dokumentacji wstępnej (dopuszczeniowej):

- a) wizualna kontrola kompletności wykonania,
- b) kontrola części połączeniowych i gwintów,
- c) kontrola funkcjonalności pod obciążeniem nastawczym wraz ze sporządzeniem wykresu obciążeń/przemieszczeń dla każdego zawieszenia stałosiłowego oraz przynajmniej 10 zarejestrowanych parametrów obciążeń/przemieszczeń na każdy kierunek przemieszczania łącznie z wartościami minimalnymi i maksymalnymi. Prędkość przemieszczania  $< 1$  mm/sek. Wartości minimalne/maksymalne, nastawione obciążenie oraz tolerowane odchylenia w procentach należy zaprotokołować na wykresie,
- d) próba funkcjonalności (działania) w zakresie przemieszczania nominalnego przeprowadzana na wszystkich zawieszaniach/podparciach. Dla 2% z każdej serii, przynajmniej dla 3 sztuk należy sporządzić wykresy obciążeń/przemieszczeń.

## 5.3. Przeglądy okresowe

Przeglądy okresowe rurociągu mają za zadanie ustalenie, w jakim stanie znajdują się zamocowania, izolacja i trasa rurociągu. Przeglądy należy prowadzić z częstością co 2000 – 3000 godzin pracy. W stanie zimnym

(po 5-dniowym przestoju) oraz w stanie gorącym (po 5-dniowej pracy na pełnych parametrach), a także po każdej próbie wodnej i każdym uderzeniu hydraulicznym.

Diagnostykę systemu zamocowań rozpoczyna analiza dokumentacji projektowej rurociągu. Analiza ta ma na celu ustalenie:

- wartości naprężeń w elementach rurociągu,
- wartości momentów, reakcji oraz przemieszczeń,
- rozmieszczenia i rodzaju zamocowań,
- wartości i kierunków spadów,
- przydatności zamocowań do wykonywania próby wodnej.

Użytkownik danego obiektu zawsze powinien posiadać pełną dokumentację zawierającą rozmieszczenia, typy i wartości sił przenoszonych przez zamocowania.

Kolejnym etapem przeglądu systemu zamocowań jest przeprowadzenie oględzin stanu rzeczywistego zawiesznień i podparć na obiekcie. W trakcie wykonywania inwentaryzacji należy sprawdzić następujące czynności:

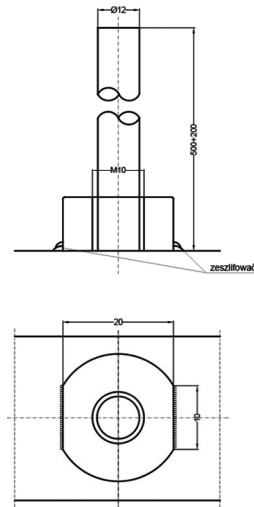
- zgodność i kompletność liczby zamocowań z dokumentacją projektową, w tym zgodność rozmieszczenia zamocowań rozpatrywanego układu,
- zgodność typów istniejących zamocowań z typami zamocowań wg dokumentacji,
- obecność obcych elementów stałych i nagromadzonego pyłu z elementów sprężystych, a zwłaszcza stałosiłowych,
- ewentualne blokady zawiesznień sprężynowych (nowych i po doraźnej próbie ciśnieniowej),
- smarowanie łożysk w przegubach zawiesznień stałosiłowych,
- kontrolę wyregulowania (nastaw) zawiesznień stałosiłowych,
- pomiary przemieszczeń rurociągu w miejscach zawiesznień i podparć,
- pomiary ugięcia roboczego sprężyn zawiesznień sprężynowych jedno- i dwucięgnowych,
- pomiary sił w ciągnach zawiesznień rurociągu,
- sporządzenie protokołu z wykazem zmierzonych wielkości i stwierdzonych usterek mechanicznych,
- obliczenie procentowych odchyłek wyników od wartości projektowych,
- usunięcie stwierdzonych usterek mechanicznych,
- regulację zawiesznień w stanie zimnym rurociągu,
- regulację zawiesznień w stanie roboczym rurociągu.

Zawiesznienia rurociągowy, na których występują ruchy względne, należy poddawać regularnym kontrolom. Powinny być one uregulowane w instrukcji kontrolnej dla całej instalacji. Należy tu w szczególności określić zakres kontroli, ich częstotliwość, konieczność posługiwania się wykazami kontrolnymi, kompetencje poszczególnych komórek/osób kontrolujących oraz sposób dokumentowania przebiegu kontroli.

## 5.4. Pomiary geodezyjne przemieszczeń rurociągu

Prowadzenie pomiarów geodezyjnych przemieszczeń rurociągu ma na celu sprawdzenie zgodności jego trasy w stanach ustalonych rzeczywistych (stan zimny, stan gorący) z przeanalizowanymi wcześniej danymi projektowymi dla rurociągu. Wynikiem prowadzenia pomiarów jest obliczenie histerezy przemieszczeń, co pozwala ocenić pracę zawiesznień. W metodzie geodezyjnych pomiarów położenia rurociągu wykorzystuje się specjalnie zamocowane repery.

Sposób mocowania reperów przedstawiono na rysunku poniżej. Polega na zamocowaniu co najmniej trzech reperów na poziomych odcinkach o długości ok. 10 m. Miejsce montażu to środek i krańce odcinków, w pobliżu spoin obwodowych kolan, po stronie kolana.



Rys.11. Sposób zabudowy reperów do pomiarów przemieszczeń rurociągów metodą geodezyjną [3]

W przypadku odcinków o długości ponad 10 m wskazane jest zabudowanie więcej niż trzech reperów. Rozmieszczenie reperów należy uzgodnić z przedsiębiorstwem sprawującym nadzór nad rurociągami. Położenie punktów pomiarowych należy nanieść na rysunek rurociągu i odpowiednio je ponumerować.

Pomiary wykonuje się w stanach zimnym i gorącym (5 dni postoju, 5 dni pracy) co najmniej raz na 2000-3000 godzin pracy, w trzech płaszczyznach: XYZ. Otrzymane w wyniku pomiarów dane służą do wyznaczenia histerezy przemieszczeń. Dla każdego punktu pomiarowego oblicza się przemieszczenie  $\Delta$  (mm) w trzech kierunkach:

$$\Delta x = x_z - x_t$$

$$\Delta y = y_z - y_t$$

$$\Delta z = z_z - z_t$$

gdzie: z – stan zimny, t – stan gorący

Przemieszczenia te należy porównać z wartościami obliczeniowymi  $\Delta x_0$ ,  $\Delta y_0$ ,  $\Delta z_0$  a następnie obliczyć histerezę **h** wg wzoru:

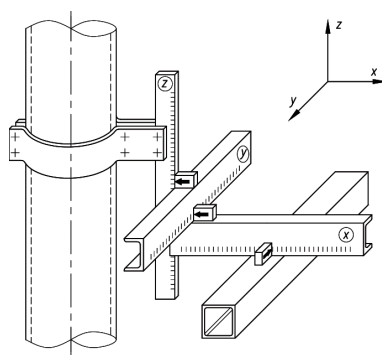
$$h_x = \frac{(\Delta x_0 - \Delta x)}{(\Delta x_0)} \times 100\%$$

Obliczona w ten sposób histereza nie powinna przekraczać 10%, natomiast ustalone kierunki przemieszczeń powinny odpowiadać kierunkom ustalonym w projekcie.

W przypadku wielokrotnego zarejestrowania przekroczeń dopuszczalnej histerezy należy uwzględnić konieczność przeprojektowania zamocowań rurociągu w celu zminimalizowania tych odchyłeń. Ewentualne przeprojektowanie zamocowań rurociągu należy uzgodnić z UDT.

W przypadku wykorzystania w obiekcie zamocowań sprężynowych należy bezwzględnie zabudować wskaźniki w osi pionowej, jak również, jeżeli jest taka możliwość, w pozostałych osiach. W takim przypadku pomiary należy wykonywać w terminach jak dla reperów [3].

W celu umożliwienia sprawdzania na bieżąco analizowanych parametrów w miejscach maksymalnych przemieszczeń wskazane jest zabudowanie wskaźników trójosiowych. Przykładowe rozwiązanie techniczne na przedstawiono na rys. 12.



Uwaga:  
Rysunek ideowy (nie uwzględnia rozwiązania konstrukcyjnego).

Rys.12. Trójosiowy wskaźnik przemieszczeń [dane producenta]

Wyniki pomiarów przemieszczeń rurociągu (oznaczenie rurociągu) metodą geodezyjną																		
Numer wskaźnika	Data pomiaru	Data odstawienia uruchomienia	Wyniki pomiarów, mm						Przemieszczenie, mm						Histereza, %			
			stan zimny			stan gorący			zmierzone			projektowe						
			$x_z$	$y_z$	$z_z$	$x_t$	$y_t$	$z_t$	$\Delta x$	$\Delta y$	$\Delta z$	$\Delta x_0$	$\Delta y_0$	$\Delta z_0$	$h_x$	$h_y$	$h_z$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	

Rys. 13. Przykładowa tabela służąca zapisaniu danych przy pomiarach geodezyjnych przemieszczeń oraz ich dalszej obróbce [3]

## 5.5. Pomiar nośności zawiesznień

Projektant rurociągu w miejscach jego zamocowania oblicza obciążenie, jakie powinno zostać przeniesione na zamocowanie. Na tej podstawie projektant dobiera zamocowanie i określa sposób jego regulacji. W trakcie diagnostyki układu zawiesznień może wystąpić trudność w określeniu obciążeń projektowych, a na dalszym etapie brak możliwości określenia prawidłowego stanu regulacji zawieszenia (przy braku dostatecznych danych w dokumentacji projektowej). W takiej sytuacji wyznaczenie wartości obciążeń zamocowań rurociągu w stanach zimnym i gorącym uzyskujemy poprzez bezpośredni pomiar reakcji w obu tych stanach. Wyznaczenie rzeczywistej nośności zamocowań ( $F_{rz}$ ) wykonuje się na kilka sposobów przedstawionych w dalszej części opracowania.

### 5.5.1. Metody wyznaczania rzeczywistej nośności zamocowań

Poniżej przedstawiono i krótko omówiono sposoby wyznaczania rzeczywistej nośności zamocowań ( $F_{rz}$ ):

1. Odczytanie siły z tabliczki znamionowej zamocowania:

Metoda wiąże się z ograniczeniami związanymi z faktem, że nie wszyscy producenci przewidują tabliczkę, ponadto istniejące tabliczki mogą być nieczytelne. Odczytane wartości siły z tabliczki są poglą-

dowe ze względu na to, że materiał sprężyn zamocowań poddanych długotrwałym obciążeniom lub chwilowym przeciążeniom zmienia pierwotne własności i wynik może być obarczony błędem, dlatego zalecane jest w miarę możliwości wyznaczenie siły poprzez pomiar obciążeń.

2. Obliczenie siły  $F$  [N] z zależności:

$$F = k \times L \text{ [N]}$$

gdzie:  $k$  – stała sprężyny [N/m]

$L$  – wartość wydłużenia/skrócenia sprężyny [m]

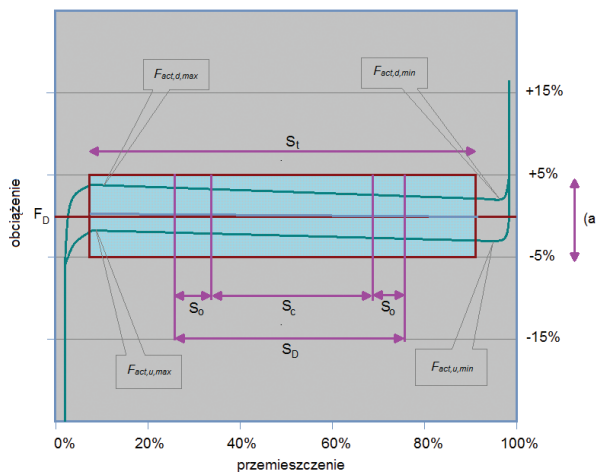
3. Pomiar siły (obciążenia)  $F_{rz}$  z zastosowaniem dynamometru lub czujników sił, sprężonych z mostkiem tensometrycznym (dotyczy zamocowań, których konstrukcja umożliwia zastosowanie metody pomiarowej):

Metodę pomiaru sił z wykorzystaniem siłomierzy tensometrycznych stosuje się w celu określenia rzeczywistej nośności zamocowań, kiedy niemożliwa jest inna metoda kontroli, lub w celu sprawdzenia poprawności wyników wyznaczenia danej siły inną metodą. Zasada pomiaru polega na zamontowaniu siłomierzy tensometrycznych tak, aby całkowite obciążenie (siła) zamocowania zostało przeniesione na czujnik tensometryczny. Najczęściej pomiary wykonuje się przy wykorzystaniu siłomierza tensometrycznego klasy 0,5. Powinien on się cechować pełną kompensacją temperaturową, odróżniać obciążenia ściskające (+) od rozciągających (-), aby mógł być używany do pomiaru reakcji podparć oraz zawieszień.

Analiza wyników otrzymanych po przeprowadzeniu pomiarów siły wiąże się z porównaniem wartości mierzonych z wartościami projektowymi oraz różni się w zależności od rodzaju badanego zawieszenia.

#### Zawieszania i podparcia stałosiłowe

Poniżej przedstawiono pojęcia istotne dla funkcjonowania zawieszenia lub podparcia stałosiłowego w odniesieniu do wykresu siła-przemieszczenie.

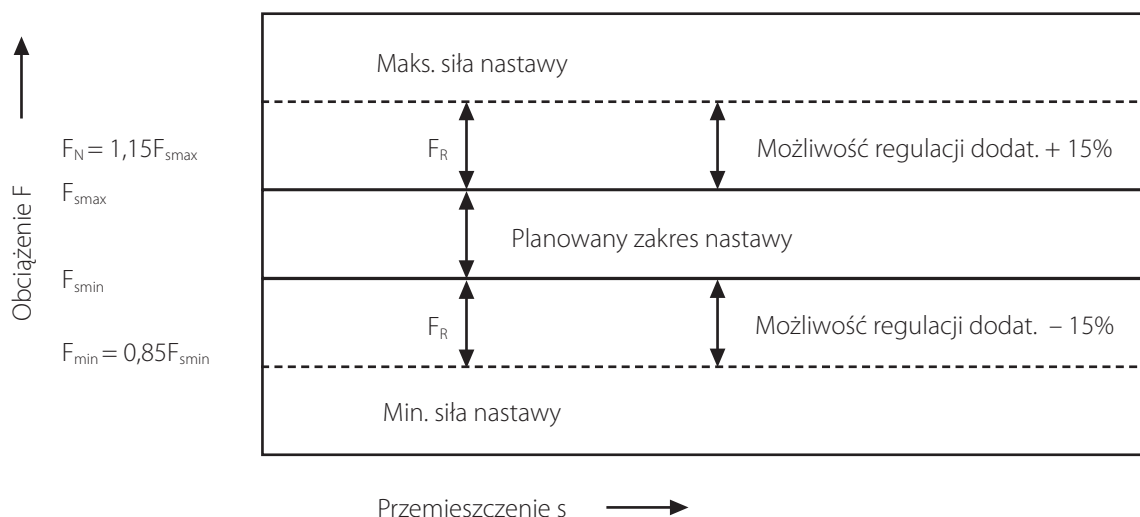


$F_{act}$  – siła rzeczywista zmierzona na stanowisku próbnym  
 $F_{act,d,max}$  – maks. siła rzeczywista (przemieszczenie w dół-)  
 $F_{act,d,min}$  – min. siła rzeczywista (przemieszczenie w dół-)  
 $F_{act,u,max}$  – maks. siła rzeczywista (przemieszczenie w górę +)  
 $F_{act,u,min}$  – min. siła rzeczywista (przemieszczenie w górę +)  
 $F_D$  – obciążenie projektowe, obejmujące ciężar elementów pomocniczych  
 (a) – pole tolerancji  
 $S_t$  – całkowite przemieszczenie projektowe  
 $S_c$  – obliczone przemieszczenie  
 $S_o$  – wymagany wybieg  
 $S_D$  – przemieszczenie projektowe

Rys. 14 Charakterystyka zamocowania stałosiłowego na wykresie siła-przemieszczenie [8]

Zaleca się, aby odchyłki pionowej siły ściskającej i pionowej siły rozciągającej nie przekraczały 5% obciążenia projektowego  $F_D$ , tj.:

$$\frac{|F_D - F_{act,d,max}|}{F_D} \leq 0,05 \quad \text{oraz} \quad \frac{|F_D - F_{act,u,min}|}{F_D} \leq 0,05$$



$F_R$  – obciążenie rezerwowe (możliwość regulacji dodatkowej)

$F_N$  – obciążenie nominalne (maksymalna siła nastawy)

Rys.15. Zakres regulacji zawiesznień stałosiłowych [11]

W stanie zablokowanym zawieszienia stałosiłowe przy prostopadłym obciążaniu, a podparcia stałosiłowe przy prostopadłym nacisku muszą wytrzymać minimum  $2,5 \times F_N$  bez oznak odkształcenia trwałego.

### Zawieszienia i podparcia sprężynowe

Poniżej przedstawiono pojęcia istotne dla funkcjonowania zawieszienia lub podparcia sprężynowego w odniesieniu do wykresu siła-przemieszczenie.

$F_{ist\ o}$  = siła rzeczywista przy obciążeniu

$F_K$  = obciążenie na zimno

$F_w$  = obciążenie na gorąco

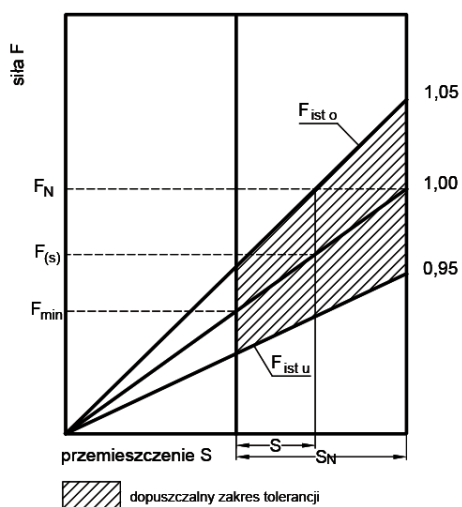
$F_{ist\ u}$  = siła rzeczywista przy odciążeniu

$S_s$  – planowany zakres przemieszczenia

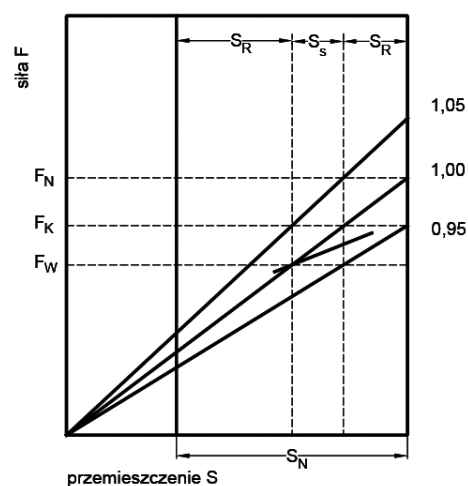
$F_{(s)}$  = siła teoretyczna w zależności od przemieszczenia

$S_R$  – przemieszczenie rezerwowe (możliwość regulacji dodatkowej)

$S_N$  – przemieszczenie nominalne (maksymalny zakres zmian położenia)



Rys.16. Charakterystyka siła/przemieszczenie dla podparć i zawiesznień sprężynowych [11]



Rys. 17. Zakres nastawy zawiesznień sprężynowych [11]

W stanie zablokowanym zawieszenia sprężynowe przy prostopadłym obciążeniu, a podparcia sprężynowe przy prostopadłym nacisku muszą wytrzymać minimum  $2,5 \times F_N$  bez oznak odkształcenia trwałego. Zaleca się aby odchyłki pionowej siły ściskającej i pionowej siły rozciągającej nie przekraczały 5% siły  $F_{(s)}$ , tj.:

$$\frac{|F_{(s)} - F_{\text{ist o}}|}{F_{(s)}} \leq 0,05 \quad \text{i} \quad \frac{|F_{(s)} - F_{\text{ist u}}|}{F_{(s)}} \leq 0,05$$

Zawieszenia i podparcia o zmiennym obciążeniu (proporcjonalne) stosowane przy relatywnie małych pionowych przemieszczeniach rurociągu powinny być stosowane, gdy dopuszczalna jest zmiana obciążenia do 25% obciążenia projektowego podczas przemieszczania rurociągu. Większa zmiana może być dopuszczalna, jeżeli pozwala na to analiza rurociągu.

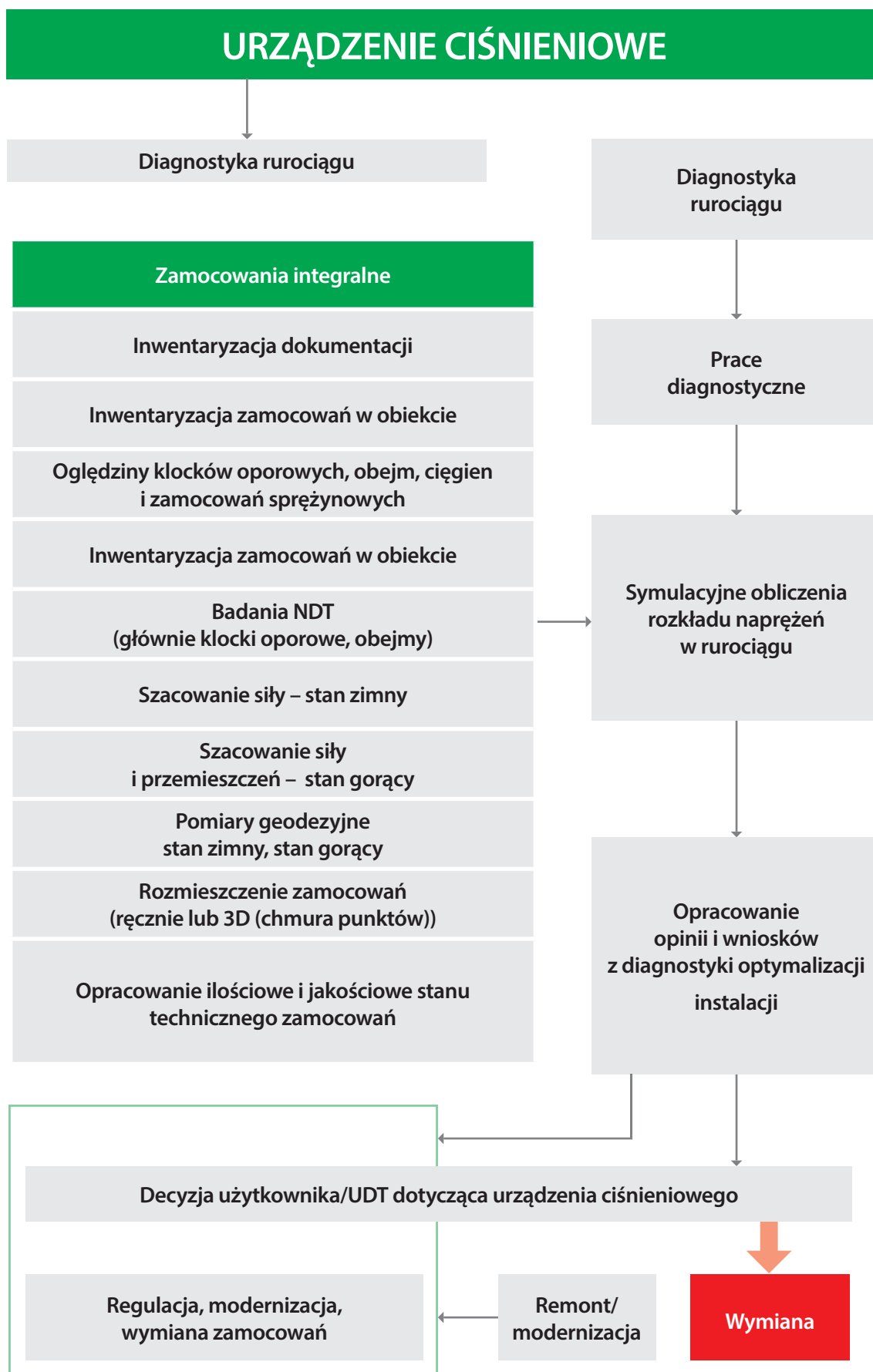
Podpory sprężynowe powinny być zdolne do przeniesienia obciążeń poprzecznych do 30% obciążenia nominalnego. Rzeczywista sztywność sprężyny (stała sprężyny) nie powinna przekraczać  $\pm 5\%$  sztywności nominalnej dla klasy zamocowań  $S_1$  i  $S_2$  oraz  $\pm 10\%$  dla klasy zamocowania  $S_3$ . Zamocowania powinny mieć zapewniony wybieg przy przekroczeniu obliczonego przemieszczenia rurociągu w warunkach projektowych. Wybieg ten powinien wynosić min. 10% obliczonego przemieszczenia, lecz nie mniej niż 5 mm.

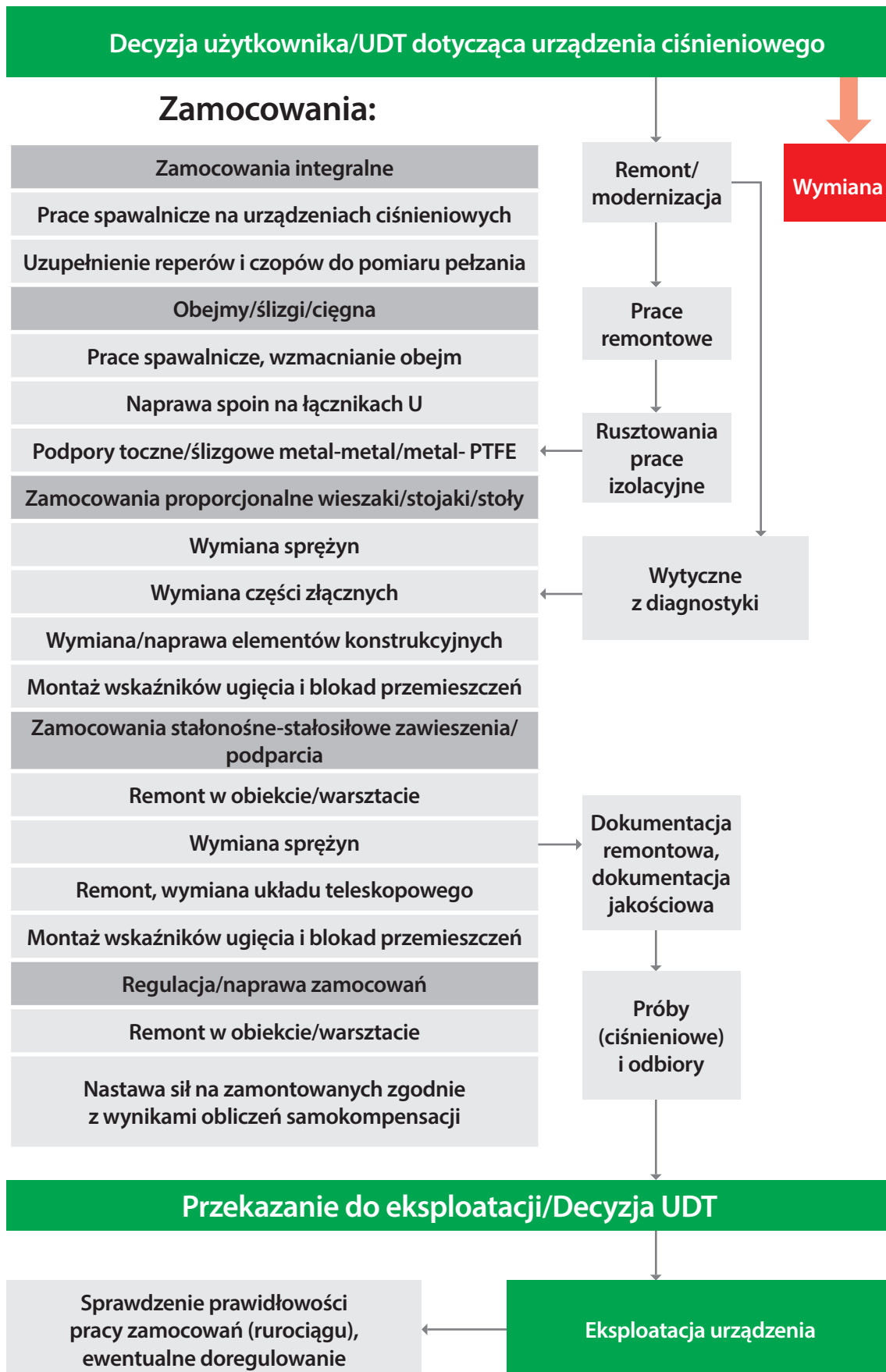
Zamocowania sprężynowe powinny być wyposażone w urządzenia blokujące przemieszczenie w górę i w dół. Sprężyny powinny utrzymywać nastawione obciążenie przez cały okres żywotności projektowej układu rurociągowego, nieprzekraczające  $\pm 2,5\%$  nastawionego obciążenia, przy zmianach spowodowanych starzeniem.

## 5.6. Regulacja zawiesznień

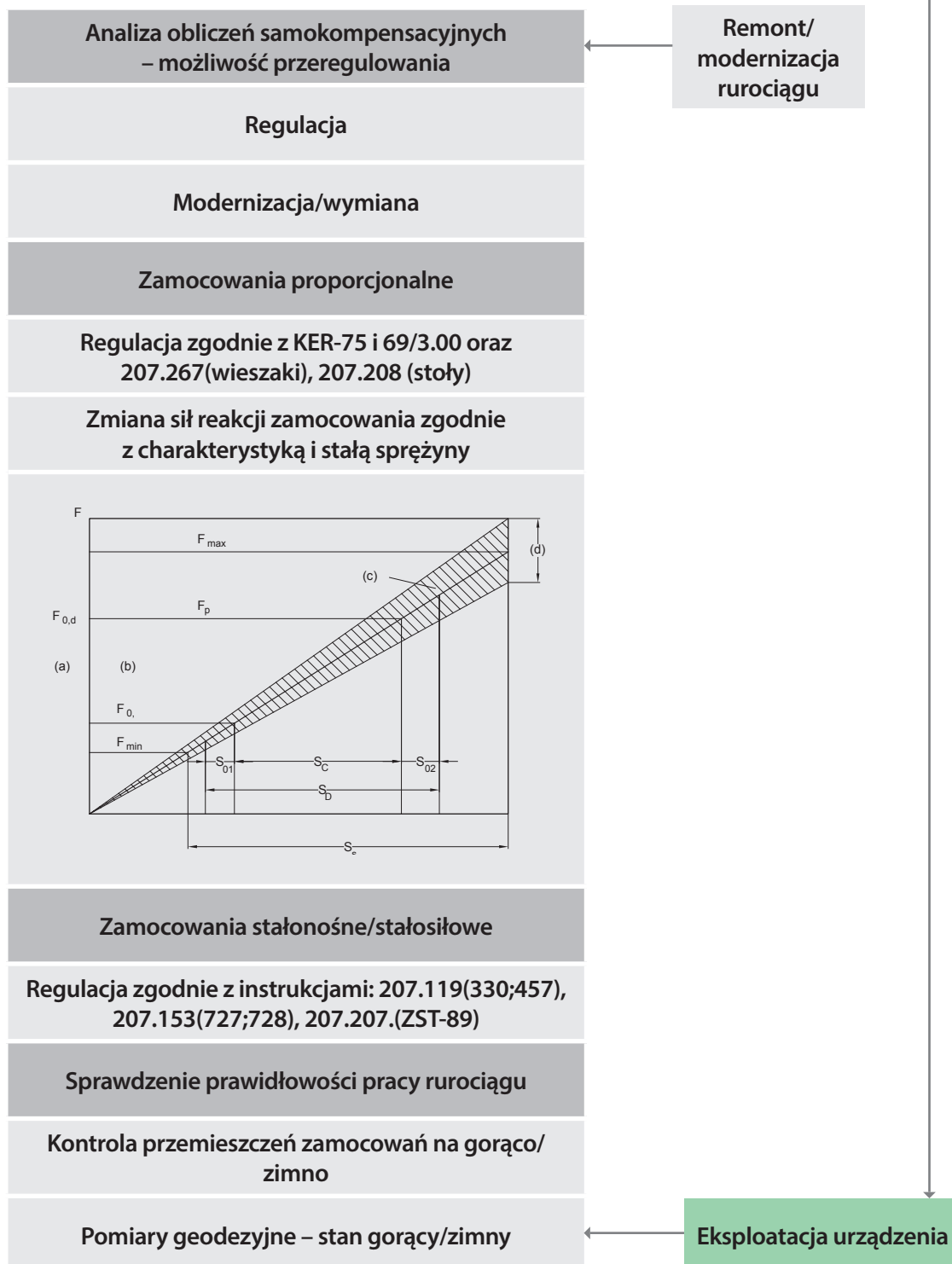
Przyczynami nieodpowiedniej reakcji zamocowań mogą być: niezgodność rozmieszczenia zamocowań z projektem, niewłaściwa regulacja podczas montażu, nieodpowiedni stan i zużycie zamocowań. Po usunięciu ewentualnych niesprawności zamocowań należy wykonać regulację metodą kolejnych przybliżeń w dwóch etapach: na zimno i na gorąco. Regulację wykonuje się poprzez zmianę długości cięgien, aż do uzyskania zgodności reakcji z projektową, lub przez zmniejszenie różnicy pierwotnej między reakcjami (rzeczywistą i projektową) tego zamocowania o 50-60%, a następnie między kolejnymi itd. Należy przy tym pamiętać, że przy zmianie reakcji jednego zamocowania zmieniają się reakcje sąsiednich wskutek odkształcenia sprężystego rurociągu, ponadto zmianie ulegają spady.

## 6. Graficzny schemat postępowania podczas diagnostyki zamocowań





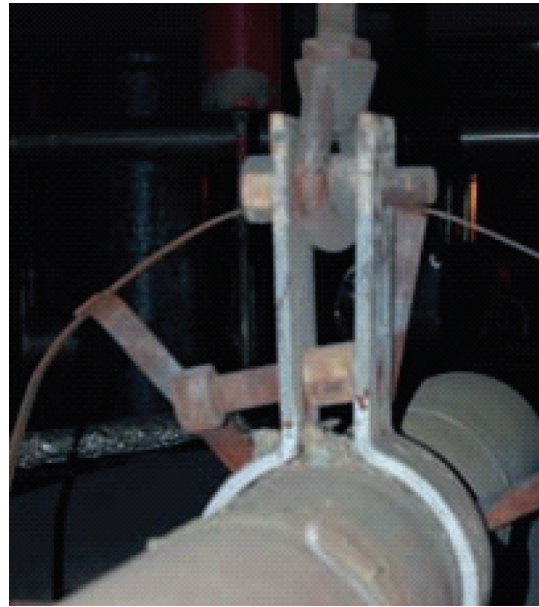
## URZĄDZENIE CIŚNIENIOWE



## 7. Przykłady niezgodności



Zerwana obejma na rurociągu



Brak nakrętki w obejmie



Niezdjęta blokada na zawieszeniu jednosprężynowym



Pęknięta sprężyna



Nieprawidłowy montaż



Brak śrub



Przyspawany ślizg



Źle zbudowane zawieszenie sprężyste



Podparcie poza zakresem sprężyste

## 8. Literatura

1. Bęczkowski W., *Rurociągi energetyczne*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1963.
2. Brunné W., *Badania rzeczywistych reakcji zamocowań głównych rurociągów parowych*, „Energetyka” 1993, nr 12, s. 420-423.
3. Brunné W., *Wytyczne nadzoru stanu głównych rurociągów elektrowni*, „Biuletyn Pro Novum” 1996, nr 2, s. 291-297.
4. Brunné W., *Zamocowania rurociągów wysokoprężnych i wysokotemperaturowych po długotrwałej eksploatacji*, „Dozór Techniczny” 2007, nr 2, s. 30-34.
5. Dobosiewicz J., *Wytyczne oceny stanu zamocowań głównych rurociągów bloków energetycznych*, „Energetyka” 1994, nr 7, s. 253-255.
6. Jasiński A., Kwiecień M., *Bezpieczeństwo w zawieszeniu. Remont i regulacja systemu zamocowań*, „Energetyka Ciepła i Zawodowa” 2013, nr 4, s. 66-74.
7. Jasiński A., *Diagnostyka rurociągów wysokoprężnych*, „Energetyka Ciepła i Zawodowa” 2010, nr 11, s. 46-49.
8. Kwiecień M., *Stan techniczny systemów zamocowań kluczem do bezawaryjnej i długoterminowej pracy rurociągów*, „Biuletyn Naukowo-Badawczy Energopomiaru” 2013, nr 4, s. 74-86.
9. Łopata S., Gargula M., *Badania i numeryczna symulacja warunków pracy zawieszenia rurociągów przemysłowych*, „Czasopismo Techniczne” 2008, nr 5, s. 210-221.
10. Meissner A., *Montaż rurociągów energetycznych*, Arkady, Warszawa 1965 [tu: rozdz. 5, *Podpory i zawieszenia*, s. 227-237].
11. Norma PN-EN 13480-3:2017-10: Rurociągi przemysłowe metalowe – Część 3: Projektowanie i obliczenia.
12. Wytyczna VGB (Technische Vereinigung der Grosskraftwerksbetreiber E.V.), wyd. 1, 1996.
13. Zaczekiewicz T., *Diagnostyka zamocowań rurociągów i komór kotłowych w energetyce*, „Energetyka” 2010, nr 1, s. 122-130.
14. Ziolo M., *Instalacje rurociągowie w przemyśle chemicznym*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1969.



