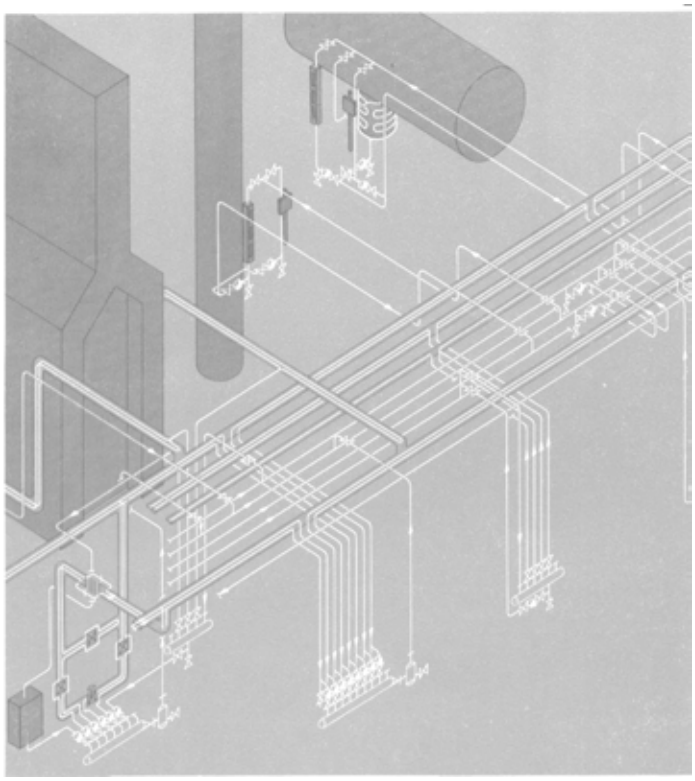
GESTRA Polonia Spółka z o.o.

Wilhelm Groeneveld

GESTRA
Systemy ogrzewania towarzyszącego dla instalacji przemysłowych



Podstawowe zasady • Doświadczenia • Schematy pomocnicze

GESTRA Polonia Spółka z o.o.
80-172 Gdańsk, ul. Schuberta 104;
tel. (058) 306 10 10, fax (058) 306 33 00,
e-mail: gestra@gestra.pl
http://www.gestra.pl

Wydanie 1 - w języku polskim - 2003

© - GESTRA Polonia 2003

Broszura ta, ani żadna jej część nie może być powielana ani rozpowszechniana za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich.

Wilhelm Groeneveld

GESTRA
Systemy ogrzewania towarzyszącego dla instalacji przemysłowych.

Podstawowe zasady • Doświadczenia • Schematy pomocnicze

Tłumaczenie z wydania 4-tego uzupełnionego w 1992 roku

Z wprowadzenia do wydania pierwszego

Systemy ogrzewania towarzyszącego odgrywają ważną rolę w zapewnieniu bezproblemowej pracy oraz wzmocnieniu bezpieczeństwa ruchowego różnych części instalacji przemysłowych. Ten fakt jest często zaniedbywany lub tylko częściowo uwzględniany.

Niniejsza broszura jest w zamierzeniu poradnikiem projektowania ogrzewania towarzyszącego. Zawarte są w niej podstawowe zasady, doświadczenia i schematy pomocnicze z dużą ilością przykładów zaczerpniętych z praktyki. Broszura ta kończy się rozdziałem o systemach ogrzewania towarzyszącego wykorzystujących ciekłe media grzewcze oraz działających w oparciu o wykorzystanie energii elektrycznej.

Brema, Styczeń 1976 GESTRA AG

Z wprowadzenia do wydania trzeciego

Publikacja 3-ciego uzupełnionego wydania w języku angielskim (5-tego uzupełnionego wydania w języku niemieckim) broszury „Systemy ogrzewania towarzyszącego dla instalacji przemysłowych” podkreśla bardzo dużą wagę tego tematu.

Jeżeli początkowo nacisk był położony na znaczenie systemów ogrzewania towarzyszącego pod względem bezpieczeństwa instalacji to dzisiaj równie ważne są aspekty ekonomiczne tych systemów.

Tablice dla doboru parogrzejek zostały poprawione pod kątem ekonomicznym w oparciu o stosowane obecnie grubości izolacji. Został dodany rozdział o przystosowaniu temperaturowo regulowanych systemów parowych do warunków zimowych.

Wzrost kosztów energii i większe znaczenie światowych zasobów energii podnosi znaczenie optymalnych konstrukcyjnie systemów pary i kondensatu.

Bremen, Listopad 1985 GESTRA AG

Spis treści

1. Powody stosowania ogrzewania towarzyszącego 5
2. Omówienie systemów ogrzewania parą dla różnych części instalacji 5
3. Wybór ciśnienia pary 8
4. Obliczenia systemu ogrzewania towarzyszącego 9
5. Wymiarowanie systemu dystrybucji pary 12
6. Wymiarowanie systemu zbiorczego kondensatu 12
7. Rozmieszczenie i montaż systemów ogrzewania towarzyszącego 13
8. Przykłady montażu systemu ogrzewania towarzyszącego 14
   - 8.1. Komory rozdzielaczy pary 14
   - 8.2. System zbiorczy kondensatu 16
   - 8.3. Maksymalna dopuszczalna długość parogrzejek 18
   - 8.4. Rozmieszczenie kompensacji rurowych 19
   - 8.5. Mocowanie parogrzejek 20
   - 8.6. Przekładka dystansowa parogrzejki – zabezpieczenie przed przegrzaniem 21
   - 8.7. Ogrzewanie towarzyszące z płaszczem grzewczym 23
   - 8.8. Podgrzewanie zaworów 24
   - 8.9. Podgrzewanie instalacji regulacyjnych i pompowych 26
   - 8.10. Podgrzewanie punktów pomiarowych, rurek impulsowych oprzyrządowania i szafek oprzyrządowania 27
   - 8.11. Podgrzewanie wskaźników poziomu i regulatorów 28
   - 8.12. Podgrzewanie manometrów 29
   - 8.13. Podgrzewanie biernych końcówek rurociągów produktu 30
   - 8.14. Stanowiska pomocnicze 31
   - 8.15. Odwadnianie bezpośrednie, odwadnianie wysoko ciśnieniowe 32
   - 8.16. Odwadnianie rurociągów parowych 33
   - 8.17. Odwadniacze zainstalowane na końcu parogrzejki 35
   - 8.18. Znakowanie rozdzielaczy pary i kolektorów zbiorczych kondensatu 38
9. Ekonomika konstrukcji systemu ogrzewania towarzyszącego 40
   - 9.1. Wykorzystanie pary z rozprężania 40
   - 9.2. Przystosowanie systemów pary do warunków zimowych 41
10. Systemy wysoko ciśnieniowej wody gorącej i ciekłych mediów grzewczych 42
11. Parowe czy elektryczne systemy ogrzewania towarzyszącego - porównanie 42

12 Dodatek 44

1. Powody stosowania ogrzewania towarzyszącego

Systemy ogrzewania towarzyszącego są używane dla podgrzania części instalacji przemysłowej, aby zabezpieczyć ją przed zamarzaniem – przygotowanie do warunków zimowych – lub aby zapewnić lepkość przetłaczanego przez rurociąg produktu na takim poziomie, który zabezpiecza przed hamowaniem przepływu. Oznacza to konieczność uzupełnienia strat ciepła podczas przesyłu produktu w taki sposób, aby utrzymana była jego temperatura. W niektórych przypadkach ogrzewanie towarzyszące musi również zapewnić podgrzanie produktów, które zostały schłodzone. W większości przypadków ogrzewanie za pomocą pary jest zasadniczo korzystne i niezawodne. Para jest zawsze bez wyjątku dostępna przy wystarczająco wysokiej jakości i rozsądnej cenie.

Dla wielu procesów węglowodorowych wymagane są temperatury z zakresu 200 do 400°C. Para grzewcza stosowana w systemach ogrzewania towarzyszącego przy temperaturze 138°C i ciśnieniu 2,5barg lub 190°C i 12barg nie zapewni efektu grzewczego podczas normalnej pracy. W tym przypadku ogrzewanie satelitarne zapewnia, że temperatura produktu nie spadnie poniżej założonego minimum, na przykład w przypadku uszkodzenia pompy produktu lub innych podobnych zakłóceń. Bezpieczeństwo instalacji oraz poprawność pomiarowa i regulacyjna zależą w dużym zakresie od jakości ogrzewania. Nadmierne lub niedostateczne podgrzewanie może prowadzić do katastrofalnych skutków.

2. Omówienie systemów ogrzewania parą dla różnych części instalacji

2.1 Ogólnie

Technolog z firmy inżynierskiej, który nadzoruje montaż instalacji określa te części tej instalacji, które mają być podgrzewane. To on wskazuje na jakim poziomie mają być utrzymywane temperatury produktu nawet w czasie zakłóceń, biorąc pod uwagę minimalne temperatury zewnętrzne i możliwości wpływu zakłóceń innych temperatur. Części instalacji, które muszą być podgrzewane, są znakowane na schemacie procesu i zaopatrzone w odpowiedni komentarz na specyfikacji rurociągów.

Oprzyrządowanie, punkty pomiarowe i linie impulsowe oprzyrządowania, które muszą być podgrzewane, również muszą być zaznaczone przez technologa na schematach oprzyrządowania i regulacji oraz opatrzone odpowiednimi informacjami na specjalnych listach specyfikacji.

2.2 Rurociągi procesowe ze stałym przepływem

Są to na przykład wszystkie rurociągi ciekłych węglowodorów. Rurociągi procesowe ze stałym przepływem są generalnie nie ogrzewane. Parogrzejki są jednakże niezbędne ze względu na konieczność podgrzewania:

2.2.1 wszystkich przyłączy odwodnień i kieszeni wodnych na rurociągach produktu, jeżeli produkt zawiera swobodną wodę,
2.2.2 wszystkich kieszeni wodnych, jeżeli temperatura krzepnięcia produktu jest powyżej -10°C i jeżeli rurociągi nie są ani odwadniane ani opróżniane podczas okresów postoju,
2.2.3 rurociągów produktu pomiędzy kolumnami (wieżami) technologicznymi, jeżeli punkt krzepnięcia leży pomiędzy –10°C a +25°C, dla wszystkich biernych końcówek rurociągów produktu oraz zwłaszcza dla długich rurociągów.

2.3 Rurociągi procesowe o nieciągłym przepływie

Podczas normalnej pracy instalacji te rurociągi są używane jedynie okresowo. One muszą być podgrzewane, jeżeli punkt krzepnięcia produktu leży powyżej -10°C oraz jeżeli, podczas okresów odstawienia, rurociągi i części instalacji nie mogą być ani odwodnione ani opróżnione.

Są to:
2.3.1 rurociągi ssące i tłoczne pomp głównych i awaryjnych – pompy pracują naprzemiennie,
2.3.2 rurociągi obejścia zaworów regulacyjnych,
2.3.3 wszystkie rurociągi wymagane dla uruchomienia i odstawienia instalacji.

Dla pewnych produktów – na przykład rurociągi doprowadzające zasady – istnieje niebezpieczeństwo nadmiernego przegrzania produktu. W takich przypadkach parogrzejka jest wykonywana konstrukcyjnie z przekładką dystansową. Odległość pomiędzy produktem a parogrzejką jest ustalona za pomocą taśmy z Klingerytu lub kształtek dystansowych, na przykład w postaci kątowników.

2.4 Rurociągi z wodą

Rurociągi z wodą w kontekście tej broszury to wszystkie te rurociągi, które przenoszą duże ilości swobodnej wody, za wyjątkiem rurociągów pary i kondensatu.

Należy podgrzewać następujące rurociągi:
2.4.1 zasadniczo wszystkie rurociągi z wodą przebiegające nad powierzchnią przy średnicach do 150mm,
2.4.2 wszystkie rurociągi z wodą przy średnicach 200mm lub wyższych nie zabezpieczone specjalnymi punktami odwadniającymi,
2.4.3 wszystkie rurociągi służące jako połączenia pomiędzy systemami rurociągów przebiegających powyżej i poniżej powierzchni ziemi. Ta część tych rurociągów, która jest zabezpieczona bitumicznie, jest tylko izolowana.

Zarówno dla rurociągów ssących i tłocznych pomp awaryjnych jak i dla obejść w systemach wodnych właściwe są wyjaśnienia podane w punkcie 2.3.

2.5 Rurociągi gazu grzewczego i gazów wydmuchowych

2.5.1 rurociągi przenoszące gaz grzewczy są podgrzewane poniżej kieszeni wodnych i odwodnień – to jest w punktach, w których może się gromadzić wykroplona woda,

2.5.2 rurociągi gazów wydmuchowych: Części, które powinny być podgrzewane różnią się w różnych przypadkach. Zawór bezpieczeństwa i rura łącząca z komorą rozdzielacza są podgrzewane zawsze, jeżeli zawór bezpieczeństwa jest zainstalowany poniżej komory rozdzielacza. Komora rozdzielacza głównego gazów wydmuchowych jest w zasadzie podgrzewana na całej długości.

2.6 Rurociągi pomocnicze

Rurociągi pary i wody są rozmieszczane w taki sposób, aby mogły być izolowane łącznie. Rurociągi parowe są w sposób ciągły odwadniane za pomocą odwadniaczy. Dzięki temu rurociągi wody są zabezpieczone przed zamarzaniem.

2.7 Kolumny (wieże) i zbiorniki

Kolumny (wieże) i zbiorniki, w których woda procesowa może się gromadzić są podgrzewane pod dnem oraz przy wszystkich zaworach odwadniających i rozprowadzających.

2.8 Rurociągi wody chłodzącej i oleju uszczelniającego turbin i pomp

Rurociągi te są ogrzewane, chyba że są zabezpieczone w inny sposób, na przykład rurociągi obejściowe.

2.9 Turbiny z automatycznym urządzeniem rozruchowym

Podgrzewane są: korpus, zawór i gniazdo odwodnienia rurociągu wydmuchu pary. Używa się odwadniacza dla zapewnienia ciągłego odprowadzania kondensatu z parowego rurociągu zasilającego.

2.10 Instalacje pomiarowe i regulacyjne

2.10.1 oprzyrządowanie i jego rurki impulsowe dla wody, pary, kondensatu oraz innych czynników, które mogą zamarzać lub ich temperatura może obniżać się do temperatury o 5°C wyższej niż temperatura krzepnięcia, muszą być ogrzewane. Rurki impulsowe oprzyrządowania są podatne na przegrzanie, czego rezultatem jest częściowe odparowanie cieczy, co z kolei może prowadzić do nieprawidłowości w pomiarach i narażać oprzyrządowanie na uszkodzenia. Przy pomocy pary 2,5barg możliwe jest maksymalne podgrzanie cieczy do 138°C. Jeżeli istnieje niebezpieczeństwo odparowania to parogrzejka powinna zostać wykonana z przekładką dystansową.

3. Wybór ciśnienia pary

Firma inżynierska odpowiedzialna za system ogrzewania towarzyszącego jest w pewnym zakresie zależna od ciśnienia pary dostępnej na instalacji przemysłowej. Zazwyczaj dostępna jest para przy niskich ciśnieniach rzędu 2 do 3 barg oraz para o średnim ciśnieniu 10 do 12 barg. Z tego powodu poniżej przedstawiane są przykłady dla pary o ciśnieniach 2,5 barg i 12 barg. Trudne produkty wymagają bardziej intensywnego podgrzewu i w konsekwencji wykorzystania wyższych ciśnień pary. Jednakże dla większej części instalacji utrzymywane temperatury produktu są niskie. W takich przypadkach para powiedzmy 2,5 barg jest nie tylko wystarczająca, ale również bardziej ekonomiczna ze względu na większe ciepło parowania h_{fg}. Poniższe przykłady obrazują wpływ ciśnienia pary na zużycie pary:

Zapotrzebowanie ciepła systemu ogrzewania towarzyszącego w rafinerii np.:

Q = 10 [MW] = 36 [GJ/h]

Wymagana ilość pary o ciśnieniu 12 barg:

$m = Q / h_{fg}$ = 36 000 000 [kJ/kg] / 1970,7 [kJ/kg] = 18 270 [kg/h]

Natomiast wymagana ilość pary o ciśnieniu 2,5 barg jedynie:

$m = Q / h_{fg}$ = 36 000 000 [kJ/kg] / 2147,4 [kJ/kg] = 16 770 [kg/h]

Jeżeli używamy pary przy 2,5 barg to 1500 kg/h pary oszczędzamy w porównaniu do zużycia pary 12 barg. Zważywszy 9-cio miesięczny okres grzewczy (od września do maja), pracę przez 30 dni w miesiącu w serwisie 24 godzinnym to w rezultacie otrzymamy znaczącą różnicę w oszczędnościach 9 x 30 x 24 x 1,5 = 9720 ton pary rocznie. Zakładając cenę pary w wysokości 17,6 $ / tonę pary to łączna roczna wartość oszczędności wyniesie 171 000 $.

Przy niższym ciśnieniu i odpowiednio niższej temperaturze nasycenia - 138°C przy 2,5 barg zamiast 190°C przy 12 barg – straty ciepła przez promieniowanie są również na niższym poziomie. Możliwe jest wówczas zastosowanie cieńszych powłok izolacyjnych, co również redukuje koszty.

Kondensat tworzący się w instalacji, w której dla celów grzewczych potrzebna jest para 12 barg (np. instalacje masy bitumicznej lub siarki), można wyposażyć w rozprężacze kondensatu, w których uzyskiwana będzie para wtórna (z rozprężania gorącego kondensatu) wykorzystywana w instalacjach pary niższego ciśnienia (2,5 barg).

Przykład

Kondensat przy 12 barg	m_1 = 5000 kg/h
Entalpia przy 12 barg	h_{g1} = 814,7 [kJ/kg]
Entalpia przy 2,5 barg	h_{g2} = 584,3 [kJ/kg]
Ciepło parowania	h_{fg2} = 2147,4 [kJ/kg]

Ilość tworzącej się pary z rozprężania wyniesie:

$m = m_1 (h_{g1} - h_{g2}) / h_{fg2} = 5000 (814,7 – 584,3) / 2147,4 = 540$ [kg/h]

Dla 9-cio miesięcznego okresu grzewczego oznacza to roczne oszczędności pary w wielkości 9 x 30 x 24 x 0,54 = 3500 ton, co odpowiada kosztom oszczędności 61 600 $ rocznie przy założonej powyżej cenie pary.

4. Obliczenia systemu ogrzewania towarzyszącego

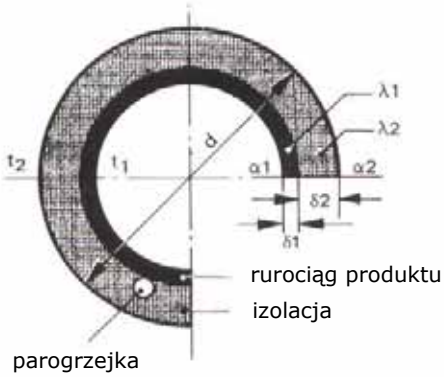
Wymagane ciśnienie pary i ilość parogrzejek zależy między innymi od wartości temperatury produktu, która musi być utrzymywana. W oparciu o wymaganą temperaturę produktu, najniższą temperaturę otoczenia i jakość materiału izolacyjnego zastosowanego dla izolacji rurociągu produktu, możemy wyliczyć stratę ciepła na metr rurociągu - która to musi być skompensowana ciepłem dostarczonym przez parogrzejkę - w następujący sposób:

Wymiana ciepła (strata ciepła):

$$Q = A \bullet k \bullet \Delta t$$

Współczynnik całkowitego przejmowania ciepła

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}}$$



Przykład

Wymagana temperatura produktu	$t_1 = 50°C$
Najniższa temperatura otoczenia	$t_2 = -20°C$
Rurociąg produktu, średnica 200mm (219 x 8)	$\delta_1 = 8$ mm
Grubość izolacji	$\delta_2 = 80$ mm
Współczynnik przewodności cieplnej rurociągu produktu	$\lambda_1 = 55$ W/mK
Współczynnik przewodności cieplnej izolacji	$\lambda_2 = 0,07$ W/mK

z uwzględnieniem współczynnika błędów montażowych oraz podpór

Przypuszczalny współczynnik przenoszenia ciepła α dla

olej do ścianki	$\alpha_1 \approx 10$ W/m^{2}K
ścianka do powietrza	$\alpha_2 \approx 465$ W/m^{2}K

Rozwiązanie

$$A = d \bullet \pi \bullet l = 0,38 \bullet 3,14 \bullet 1 = 1,194 \text{ [m}^2\text{/m]}$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}} = \frac{1}{\frac{1}{465} + \frac{1}{10} + \frac{0,008}{55} + \frac{0,08}{0,07}} = 0,803 \text{ [W/m}^2\text{ K]}$$

$\Delta t = t_1 - t_2 = 70$ [K]

$Q = A \bullet k \bullet \Delta t = 1{,}194 \bullet 0{,}803 \bullet 70 = 67{,}1$ [W/m]

Dzięki temu możliwe jest wyznaczenie strat ciepła dla wszystkich rurociągów produktów, dla różnych wymaganych temperatur produktu i różnych średnic rurociągów.

W ten sposób wyznaczone straty ciepła rurociągów muszą być uzupełnione przez system ogrzewania towarzyszącego.

Ciepło przekazywane przez parogrzejki do otaczającego powietrza mogą być obliczone w oparciu o ten sam wzór, który był stosowany dla wyznaczenia całkowitej wymiany ciepła:

$Q = A \bullet k \bullet \Delta t$

A = pole powierzchni rury parogrzejki o długości 1m
k = 10 w/m^2 K dla powietrza bez ruchu
Δt = $t_1 - t_2$
t_1 = temperatura pary grzewczej
t_2 = temperatura powietrza

Jako temperaturę powietrza wprowadzamy wymaganą temperaturę produktu.

Jak dużo ciepła przekazuje parogrzejka używana dla utrzymania wymaganej temperatury produktu i jak wielka jest strata ciepła można wyznaczyć w oparciu o obliczenia. Takie współczynniki jak: intensywność stykania się parogrzejki z rurociągiem produktu, promieniowanie i konwekcja oraz wpływ zmiennych warunków atmosferycznych, są bardzo trudne do określenia dla różnorodnych warunków roboczych.

W oparciu o testy i wieloletnie doświadczenia została przygotowana tabela przedstawiona na rysunku 1. Za pomocą tej tabeli możliwe jest wyznaczenie średnicy (DN15 lub DN20mm) i ilości parogrzejek wymaganych dla rurociągu produktu o określonej średnicy i dla zapewnienia żądanej temperatury produktu. Parogrzejka powinna być wykonywana z rurek o średnicy nie mniejszej niż DN15mm, w przeciwnym przypadku spadek ciśnienia w parogrzejce może być zbyt duży, ze względu na niebezpieczeństwo wprowadzenia przeszkód w rurce na kolankach lub złączach spawanych. Zazwyczaj do budowy parogrzejek stosuje się rury bez szwu ze stali kotłowej lub odpowiednika.

Grubość izolacji podana w tabeli jest najbardziej ekonomiczną w oparciu o specyfikację czołowych producentów materiałów izolacyjnych.

Rysunek 1

Dobór parogrzejek dla parowego ogrzewania towarzyszącego (wartości dla temperatury otoczenia -20°C)

Wybrane ciśnienie pary 2.5 barg	Wymagana temperatura produktu w °C		Ilość i typ parogrzejki [1]													
			Średnica rurociągu produktu w mm													
			25	**40**	**50**	**80**	**100**	**150**	**200**	**250**	**300**	**350**	**400**	**500**	**600**	
Grubość izolacji			40						60		80					
Dla produktów o wymaganej temperaturze powyżej 60°C, zalecane użycie pary o ciśnieniu 12 barg	10	40	1x15	1x15	1x15	1x15	1x15	1x15	1x15	1x15	1x15	1x15	1x20	1x20	2x15	80
	20		1x15	1x15	1x15	1x15	1x15	1x15	1x20	1x20	1x20	1x20	2x15	2x15	2x15	100
	30		1x15	1x15	1x15	1x15	1x20	2x15	2x15	2x15	2x15	2x15	2x15	2x20	2x20	120
	40		1x15	1x20	1x20	1x20	2x15	2x15	2x15	2x20	2x20	2x20	2x20	2x20	2x20	
	50		1x20	1x20	2x15	2x15	2x15	2x15	2x20	2x20	3x15	3x15	3x15	3x20	3x20	140
	60		2x15	2x15	2x15	2x20	2x20	2x20	3x15	3x20	3x20	3x20	3x20	3x20	4x20	
	70		2x15	2x20	2x20	3x15	3x15	3x20	3x20	3x20	4x20	4x20	4x20	4x20	4x20	160
	80		2x15	2x20	3x15	3x15	3x20	4x15	4x20	4x20	4x20	5x20	5x20	5x20	6x20	
			40	60		80		100	120			140		160		

Wybrane ciśnienie pary 12 barg	Wymagana temperatura produktu w °C		Ilość i typ parogrzejki [1]													
			Średnica rurociągu produktu w mm													
			25	**40**	**50**	**80**	**100**	**150**	**200**	**250**	**300**	**350**	**400**	**500**	**600**	
			40		60			80		100		120			140	
Dla produktów o wymaganej temperaturze poniżej 60°C, zalecane użycie pary o ciśnieniu 2,5 barg	50	40	1x15	1x15	1x15	1x20	1x20	1x20	2x15	2x15	2x15	2x15	2x15	2x15	2x20	140
	60		1x15	1x20	1x20	1x20	1x20	2x15	2x15	2x15	2x15	2x15	2x20	2x20	2x20	
	70		1x20	1x20	2x15	2x15	2x15	2x15	2x15	2x15	2x20	2x20	2x20	3x15	3x15	
	80		1x20	2x15	2x15	2x15	2x15	2x20	2x20	2x20	3x15	3x15	3x15	3x20	3x20	160
	90	60	2x15	2x15	2x15	2x20	2x20	2x20	3x15	3x20	3x20	3x20	3x20	3x20	4x20	
	100		2x15	2x20	2x20	3x15	3x15	3x15	3x20	3x20	3x20	4x15	4x15	4x20	4x20	
	110		2x20	3x15	3x15	3x20	3x20	3x20	4x15	4x20	4x20	4x20	4x20	5x20	5x20	
	120		2x20	3x20	3x20	3x20	4x15	5x15	4x20	4x20	5x20	5x20	5x20	5x20	6x20	180
	130		2x20	3x20	3x20	3x20	4x20	4x20	5x20	5x20	5x20	6x20	6x20	6x20	MR	
	140	80	MR	MR	3x20	4x20	4x20	5x20	6x20	MR	MR	MR	MR	MR	MR	
	150		MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	
				80		100	120		140		160			180		

[1] rura kotłowa bez szwu 1 x 15 – 1 rura o średnicy 15mm 1 x 20 = 1 rura o średnicy 20mm MR = rura z płaszczem grzewczym

Dla innych ciśnień pary zazwyczaj możliwe jest interpolacja pomiędzy powyższymi wielkościami

5. Wymiarowanie systemu dystrybucji pary

Przy wymiarowaniu systemu dystrybucji pary zalecane jest stosowanie prędkości pary 25 m/s. Jest to wystarczające dla utrzymania rozsądnej wielkości strat ciśnienia oraz daje możliwość późniejszej rozbudowy instalacji.

Spadek ciśnienia obliczamy dla najdłuższego rurociągu prowadzonego od zaworu redukcyjnego na kotłowni do najbardziej odległej komory rozdzielacza pary systemu ogrzewania towarzyszącego. Ciśnienie pary istniejące w tej komorze rozdzielacza musi być wystarczające dla poprawnej pracy systemu parogrzejek wraz z ich odwadniaczami i równocześnie musi zapewnić poprawny zwrot kondensatu przez system zbiorczy do zbiornika kondensatu.

Rurociągi przesyłowe pary powinny być odwadnianie za pomocą odwadniaczy zainstalowanych z interwałem około 100m oraz w każdym punkcie, gdzie rurociąg wertykalnie zmienia kierunek. Odwadniacze należy również zastosować do odwadniania komór rozdzielczy pary.

6. Wymiarowanie systemu zbiorczego kondensatu

Ciśnienie w systemie stopniowo maleje w kierunku zbiornika kondensatu. Spadek ciśnienia w systemie musi być taki, aby ciśnienie za odwadniaczem nie przeszkadzało w jego działaniu.

Podczas redukcji ciśnienia wrzącego kondensatu ciepło uwalniane w ilości odpowiadającej różnicy entalpii wrzącego kondensatu przy dwóch różnych ciśnieniach, powoduje częściowe odparowanie kondensatu. Ilość powstającej pary z rozprężania kondensatu można zmniejszyć pozwalając na schłodzenie kondensatu w systemie, można to uzyskać, jeżeli do odwadniania zastosowany jest odwadniacz termostatyczny.

Para z rozprężania jest przenoszona w rurociągach razem z kondensatem. Z tego powodu należy uwzględnić jej obecność przy wyznaczaniu wielkości rurociągu kondensatu. Prędkość przepływu rzędu 1 m/s stosuje się dla kondensatu a dla pary z rozprężania 15 m/s. W przypadku zastosowania większych prędkości przepływu należy się zabezpieczyć przed powstawaniem fal w rurociągach poziomych i przeciwdziałać erozji powodowanej przez mokrą parę z rozprężania.

Ekonomiczność kompletnej instalacji znacznie wzrośnie jeżeli tworząca się para z rozprężania zostanie wykorzystana w odbiornikach pary nisko ciśnieniowej.

W pionowych rurociągach kondensatu z przepływem ku górze mogą tworzyć się korki powodujące uderzenia wodne. Aby zapobiec powstawaniu uderzeń wodnych, w dolnej części wznoszącego się rurociągu instalowane są naczynia tłumiące, które zapewniają efekt tłumiący dzięki zastosowaniu poduszki parowej/powietrznej.

7. Rozmieszczenie i montaż systemów ogrzewania towarzyszącego

Po zwymiarowaniu systemów pary i kondensatu, powinien zostać wyspecyfikowany system ogrzewania towarzyszącego. Należy ustalić, które części instalacji i w jakim zakresie muszą być ogrzewane.

Rurociągi i zawory oraz wyposażenie systemów pary i kondensatu są dobierane zgodnie z wartością znamionową ciśnienia. W instalacjach rafineryjnych i petrochemicznych zazwyczaj używane są rury kotłowe bez szwu i zawory ze stali węglowej.

Systemy dostarczania pary i odbioru kondensatu są grupowane centralnie zgodnie z wartościami znamionowymi ciśnienia sieci głównych pary i kondensatu. To upraszcza monitorowanie i prace obsługowe.

Dla odwadniania parogrzejek stosuje się odwadniacze termostatyczne. Każda parogrzejka i każde jej odgałęzienie jest wyposażone w niezależny odwadniacz. Jest zasadą, że kompletny system ogrzewania towarzyszącego wyposaża się w odwadniacze tego samego typu i o tej samej średnicy (patrz Dodatek).

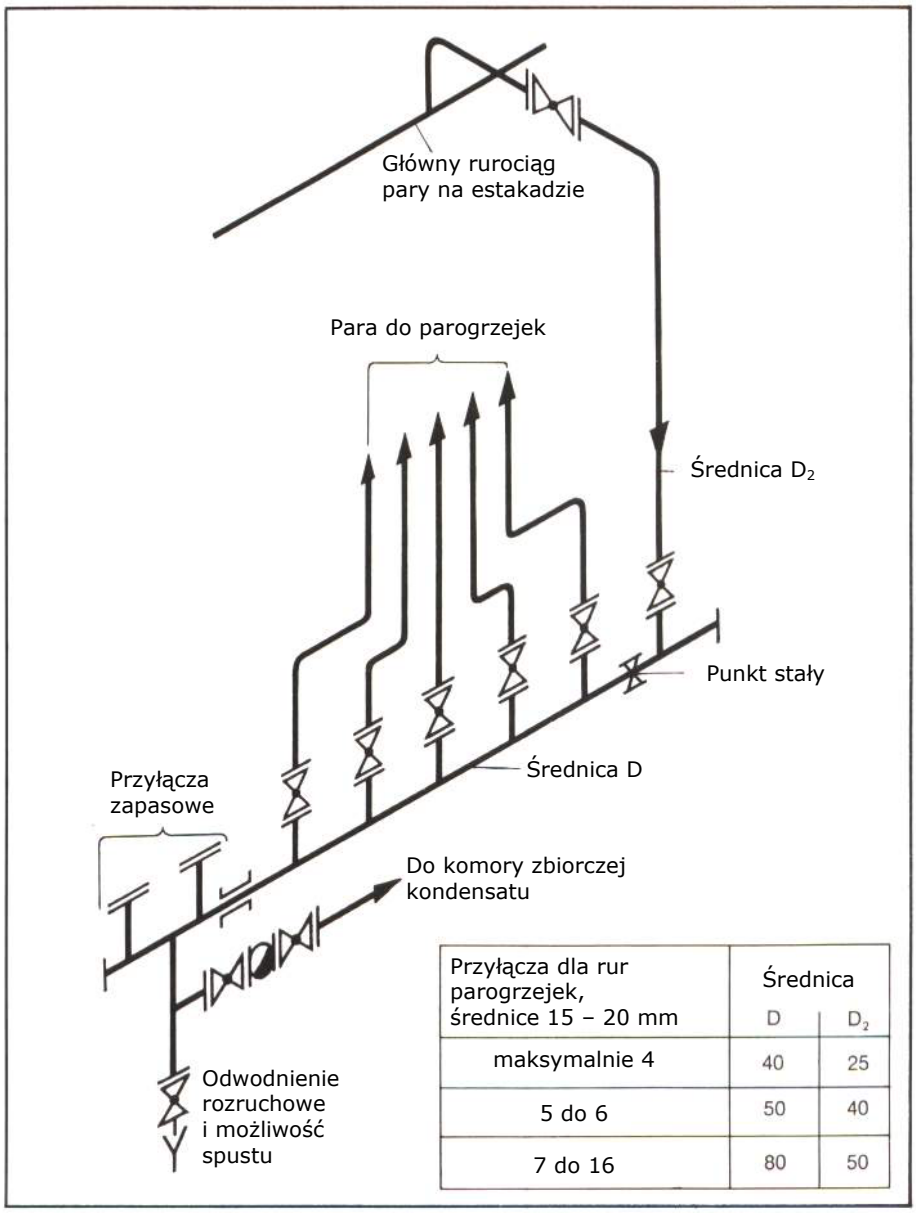
W pewnych przypadkach może być korzystne użycie tak zwanego przewodzącego ciepło spoiwa pomiędzy parogrzejką i podgrzewaną częścią instalacji, na przykład dla podgrzewu ciężkich produktów lub, w wyjątkowych przypadkach, jeżeli parogrzejka nie tylko ma za zadanie utrzymanie wymaganej temperatury produktu, ale również podgrzanie technologiczne tego produktu. W przypadku zbiorników wyposażonych w zewnętrzną wężownicę grzejną, zastosowanie takiego spoiwa przewodzącego ciepło jest również bardzo użyteczne. Ekonomiczność tego rozwiązania powinna być od czasu do czasu sprawdzana.

8. Przykłady montażu systemu ogrzewania towarzyszącego

8.1. Komory rozdzielaczy pary

8.1.1 Konstrukcja poziomej komory rozdzielacza pary

Rysunek 2

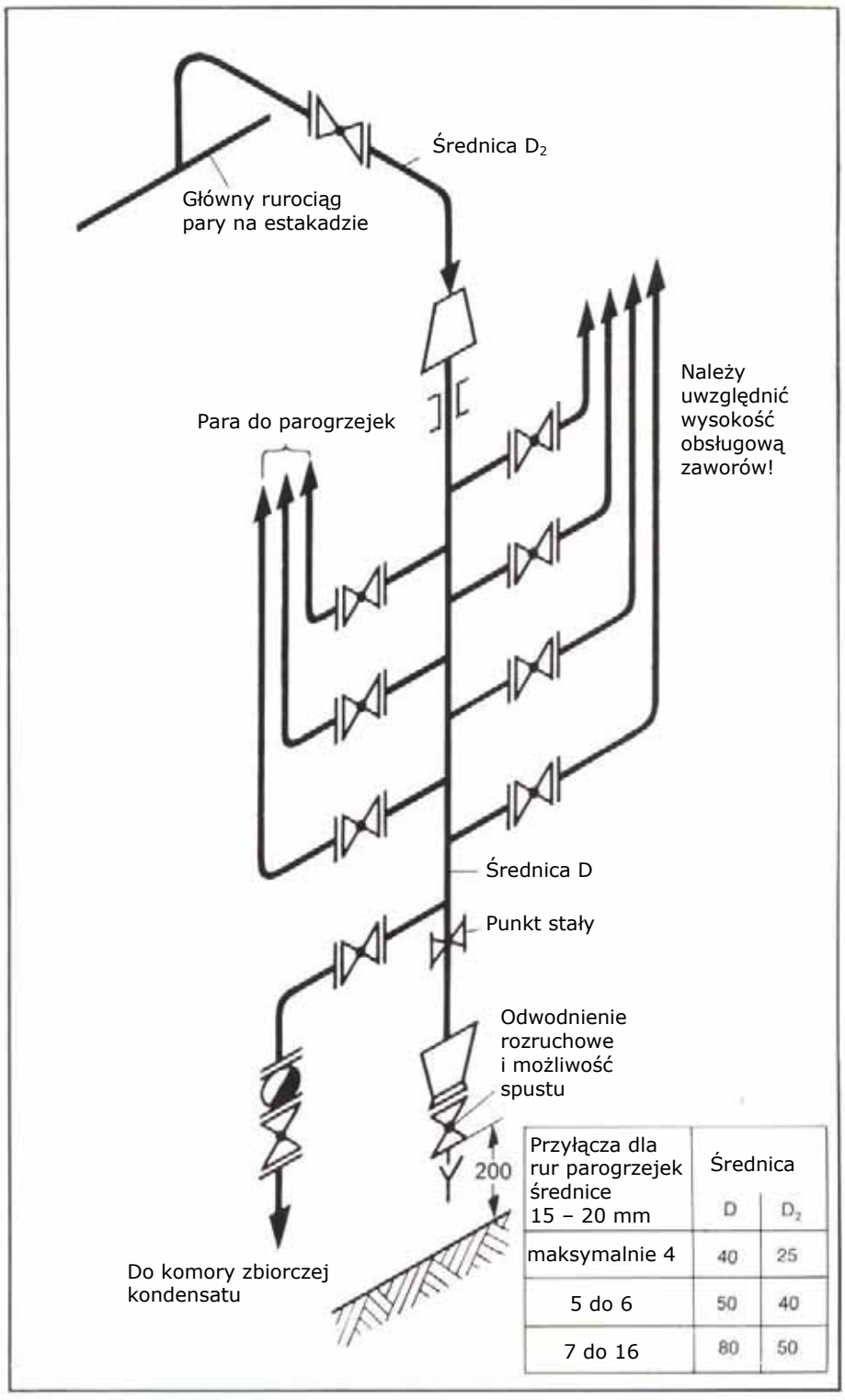


Przyłącza dla rur parogrzejek, średnice 15 – 20 mm	Średnica D	Średnica D_2
maksymalnie 4	40	25
5 do 6	50	40
7 do 16	80	50

Główny zawór odcinający jest zainstalowany na poziomej części łącznika rurowego doprowadzającego parę z głównego rurociągu pary na estakadzie do komory rozdzielacza pary. To zabezpiecza przed tworzeniem się słupa wody w rurociągu po odcięciu pary. Pozioma komora rozdzielacza pary jest mocowana w taki sposób, aby punkt stały mocowania znajdował się po stronie zasilania parą a podpora suwliwa zabezpieczała drugi koniec komory. W celu odwadniania komory stosuje się odwadniacz termostatyczny. Kółka napędów ręcznych wszystkich zaworów odcinających powinny być umieszczane na wygodnej obsługowo wysokości. Jeżeli budowana jest nowa instalacja, na komorze rozdzielacza pary powinny znajdować się przyłącza zapasowe. Podczas wymiarowania komory rozdzielacza pary zgodnie z ciśnieniem i przepływem pary trzeba brać pod uwagę mechaniczną stabilność orurowania. Powyższa tabela podaje przykładowe wielkości.

8.1.2 Konstrukcja pionowej komory rozdzielacza pary

Rysunek 3



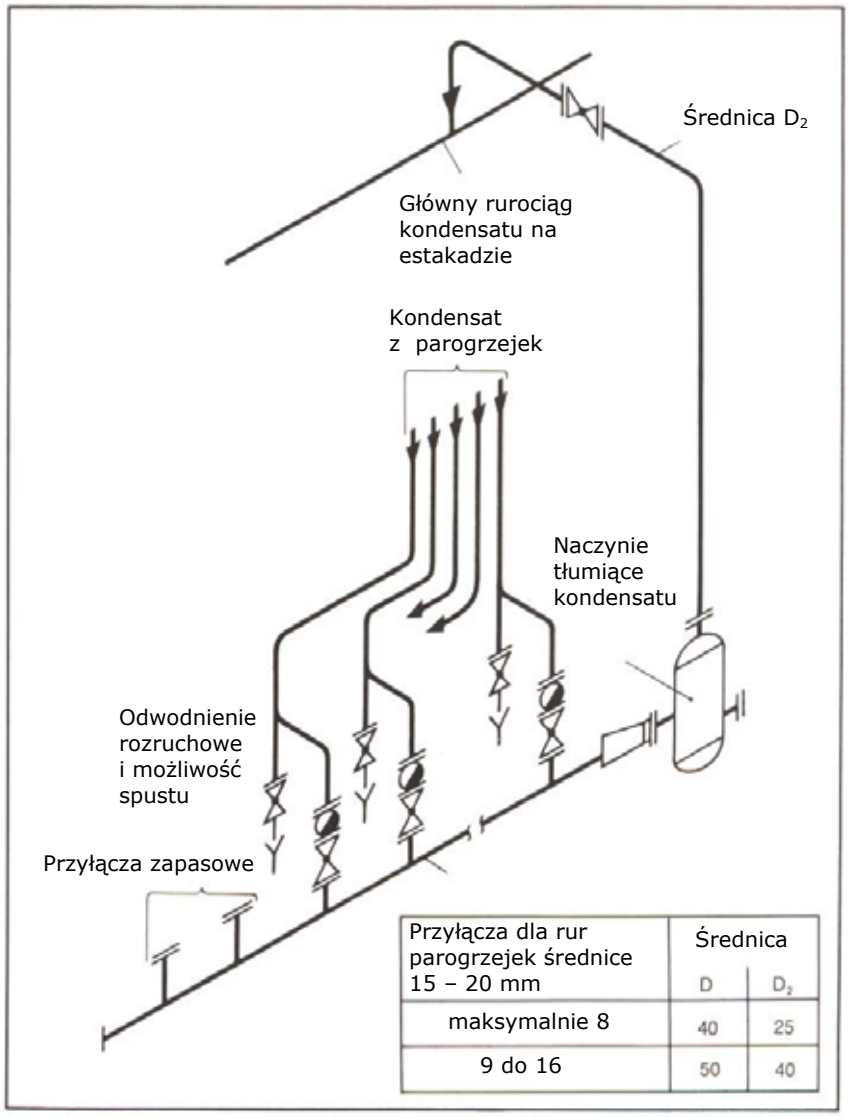
Przyłącza dla rur parogrzejek średnice 15 – 20 mm	Średnica D	Średnica D_2
maksymalnie 4	40	25
5 do 6	50	40
7 do 16	80	50

Pionowa konstrukcja komory rozdzielacza pary blisko słupów i podpór daje możliwość oszczędności w zakresie przestrzeni montażowej. Podpora niższa jest punktem stałym mocowania. Niższa część komory rozdzielacza tworzy kieszeń gromadzącą zanieczyszczenia. Zalecany jest minimalny dystans 200mm od powierzchni gruntu. Powyższa tabela podaje przykładowe wielkości wymiarowania. Podobnie jak przy poziomych komorach rozdzielaczy pary należy zadbać o mechaniczną stabilność orurowania.

8.2. System zbiorczy kondensatu

8.2.1 Konstrukcja poziomego systemu zbiorczego kondensatu

Rysunek 4

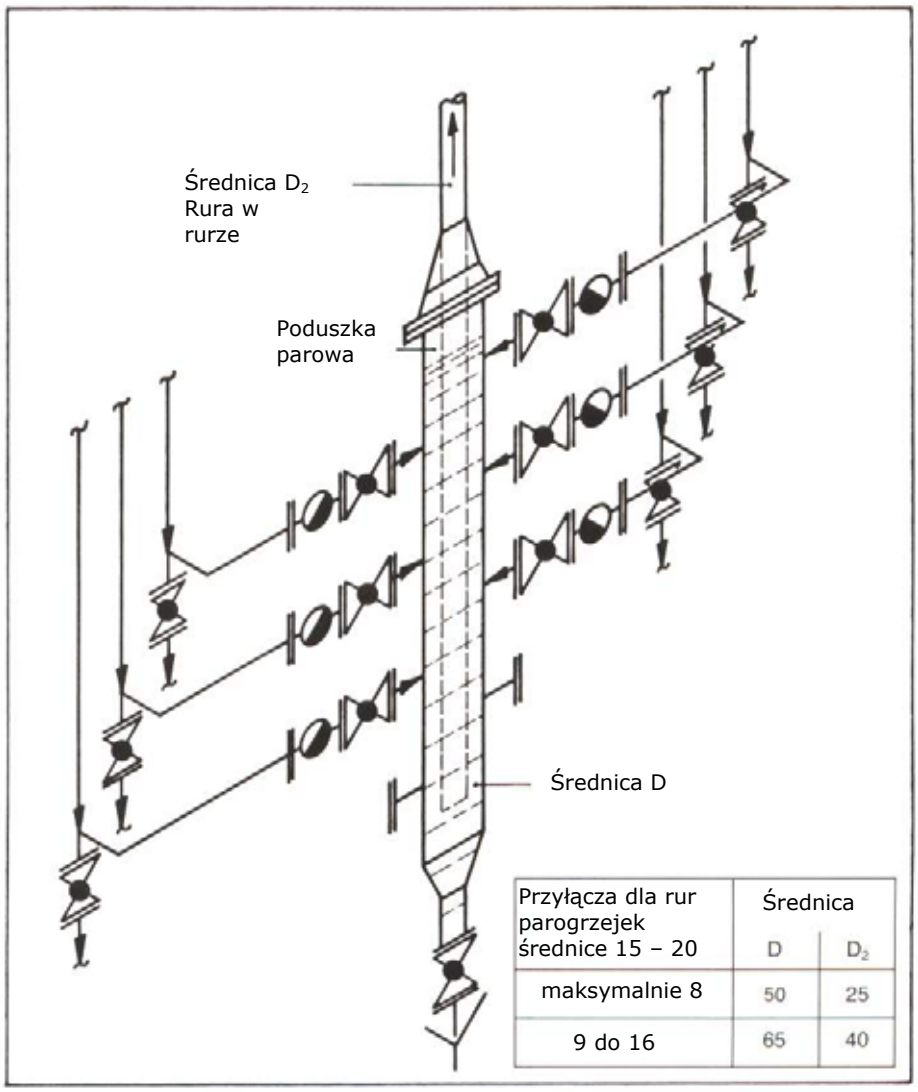


Przyłącza dla rur parogrzejek średnice 15 – 20 mm	Średnica	
	D	D_2
maksymalnie 8	40	25
9 do 16	50	40

Główny zawór odcinający jest zainstalowany na poziomej części łącznika rurowego odprowadzającego kondensat z poziomego systemu zbiorczego kondensatu do rurociągu zbiorczego kondensatu na estakadzie. To umożliwia całkowite odwodnienie instalacji kondensatu w przypadku okresowego odstawienia. Swobodne punkty odwadniające są wykonane przed każdym odwadniaczem w taki sposób, aby możliwe było przeprowadzenie szybkiego uruchomienia i odmulenia odwodnienia. Ponieważ odwadniacze zainstalowane są na obejściach, zanieczyszczenie nie trafiają do nich, gromadząc się przed zaworami zrzutowymi. Zawór odcinający za odwadniaczem jest konieczny ze względu na umożliwienie prac konserwacyjnych oraz napraw na parogrzejce i jej odwadniaczu. Naczynie tłumiące kondensatu zainstalowane w najniższym punkcie pionowej rury odprowadzenia kondensatu stosowane jest w celu tłumienia uderzeń wodnych, które mogą się pojawiać na skutek niejednostajnego tworzenia się kondensatu. Dzięki temu zapewniona jest również cicha praca instalacji. Na kolektorze zbiorczym kondensatu powinny znajdować się przyłącza zapasowe. Powyższa tabela podaje przykładowe wielkości wymiarowania rurociągów.

8.2.2 Konstrukcja pionowego systemu zbiorczego kondensatu

Rysunek 5



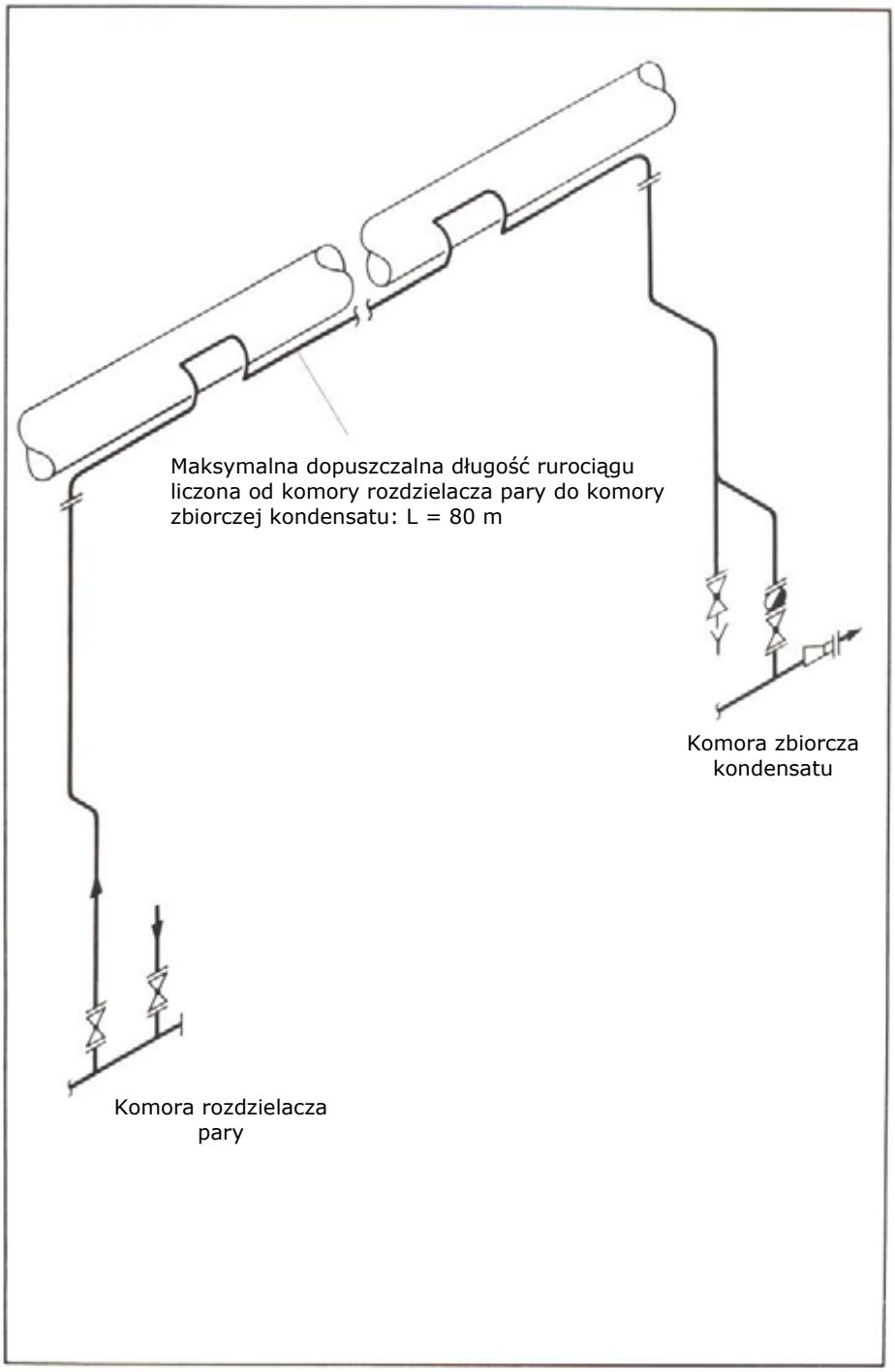
Przyłącza dla rur parogrzejek średnice 15 – 20	Średnica	
	D	D_2
maksymalnie 8	50	25
9 do 16	65	40

Pionowe systemy zbiorcze kondensatu powinny być stosowane tylko w przypadku braku miejsca montażowego. Ta konstrukcja wymaga montażu zaworów na dość wysokim poziomie, co stwarza szereg niedogodności związanych z obsługą i konserwacją.

Kolektor kondensatu jest w postaci konstrukcyjnej rura zanurzona w rurze. Dzięki temu uzyskuje się zabezpieczenie przed schładzaniem kondensatu w dolnej części kolektora. Montaż naczynia tłumiącego kondensatu nie jest tu wymagane ze względu na powstawanie efektu poduszki tłumiącej uderzenia wodne.

8.3 Maksymalna dopuszczalna długość parogrzejek

Rysunek 6

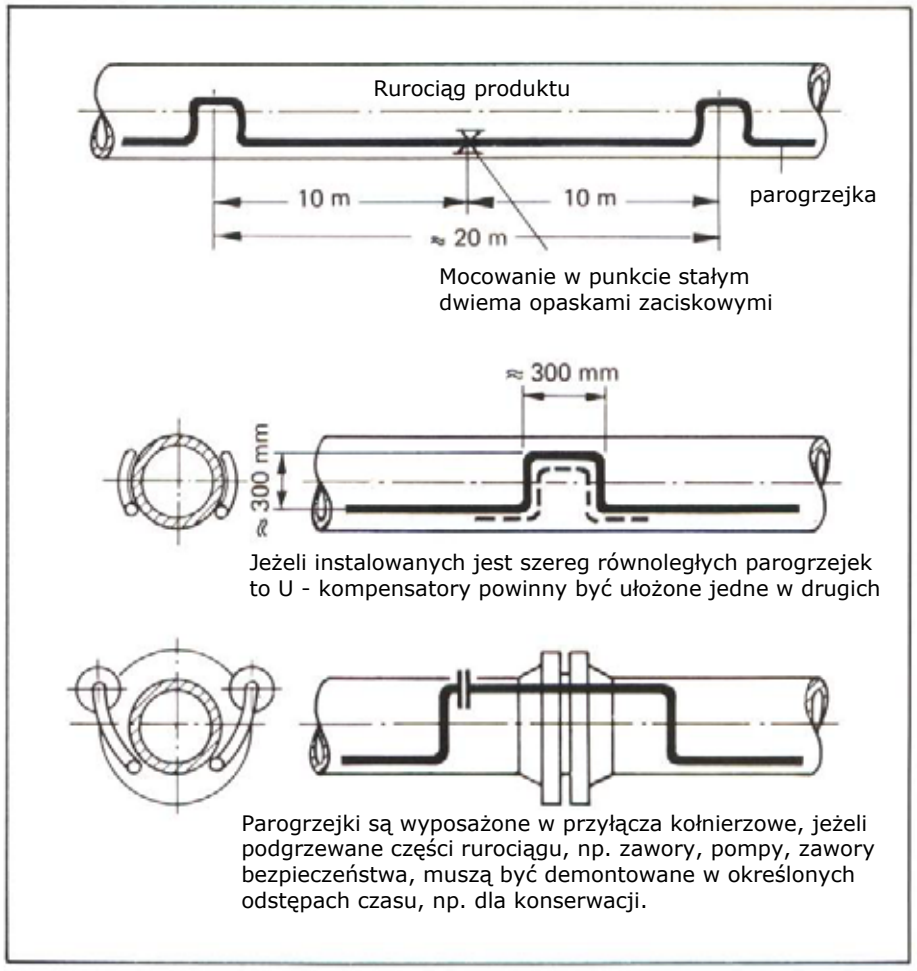


Maksymalna dopuszczalna długość parogrzejek zależy od ilości odcinków pionowych rurociągu i ilości kieszeni wodnych, jak również od ilości łuków rurowych. Parogrzejka o relatywnie prostym przebiegu może mieć długość 80m, jest to wielkość łącznie z rurą doprowadzającego parę z komory rozdzielacza pary i rurą odprowadzającą kondensat do komory zbiorczej kondensatu. Na instalacjach technologicznych parogrzejki muszą być znacznie krótsze, ze względu na wiele odcinków pionowych i zmian kierunku. Suma wszystkich części odcinków pionowych z czynnikiem wznoszącym nie powinna przekraczać statycznie ciśnienia 4m słupa wody.

8.4 Rozmieszczenie kompensacji rurowych

Wydłużenie linowe parogrzejki musi być skompensowane za pomocą kompensatorów o kształcie U. Jeżeli kształt U ma szerokość 300mm można zachować dystans 20m pomiędzy kolejnymi kompensatorami. Kompensatory powstające dla innych celów w systemie zasilania parą lub rurociągach odwodnienia np. dla przejścia przyłączy kołnierzowych i dla ogrzewania zaworów, absorbują część wydłużenia i należy je uwzględnić w ilości kompensacji. Punkty stałe mocowania ustalone są pomiędzy kompensacjami, parogrzejka musi być bezpiecznie zamocowana. Szczegóły mocowania parogrzejki patrz rozdział 8.5.

Rysunek 7



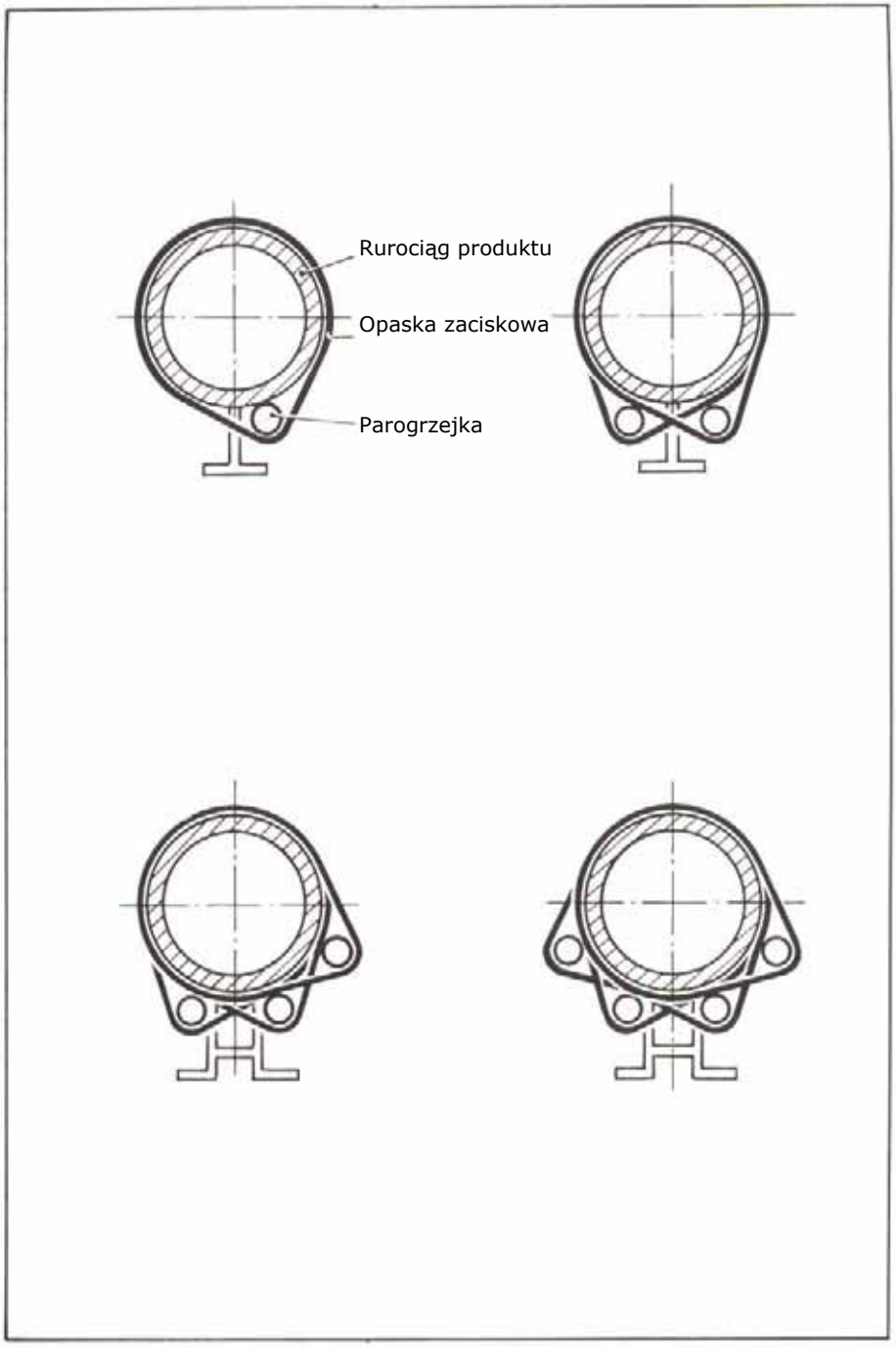
Na podstawie praktyki wydłużenie liniowe Δl parogrzejki, wytwarzane podczas pracy przez podgrzewanie, może być przyjęte jako 2 mm/m długości rury. Dla dokładnych obliczeń używa się wzoru $\Delta l = l_o \bullet \alpha \bullet \Delta t$. Współczynnik wydłużenia liniowego stali w zakresie temperatur 100 do 200°C wynosi $\alpha = 12{,}6 \bullet 10^{-6}$ m/mK. Wydłużenie termiczne rurociągu o długości 60m dla przyrostu temperatury o $\Delta t = 140K$ można wyznaczyć jako:

Z grubsza: $\Delta l = 60m \bullet 2$ mm/m = 120 mm

Dokładnie: $\Delta l = l_o \bullet \alpha \bullet \Delta t = 60 \bullet 12{,}6 \bullet 10^{-6} \bullet 140 = 0{,}106$ m = 106 mm

8.5. Mocowanie parogrzejek

Rysunek 8



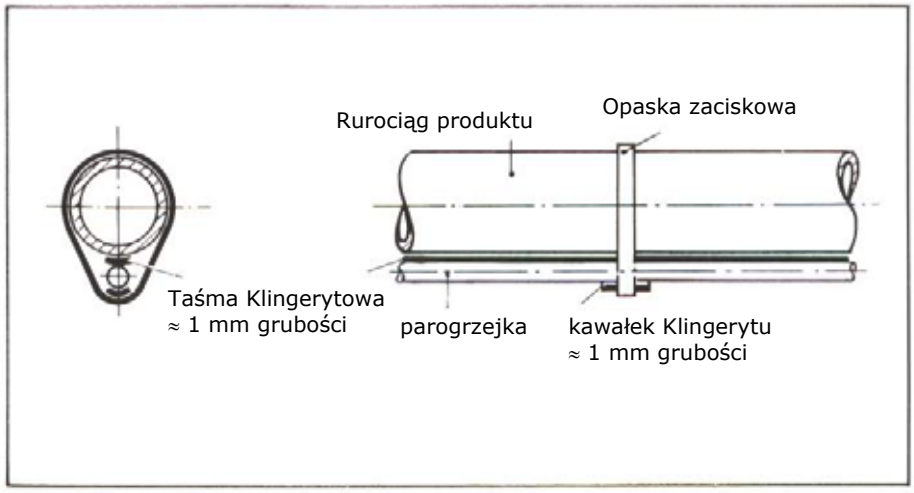
Parogrzejki są zamocowane do rurociągu ogrzewanego produktu w regularnych odstępach co około 1 m, za pomocą opasek zaciskowych (13 x 0,3) i uszczelnień. Jeżeli jeden rurociąg produktu jest ogrzewany za pomocą kilku parogrzejek, każda parogrzejka powinna być mocowana indywidualnie, aby zapobiegać przesuwaniu się parogrzejek. Punkty stałe mocowania wykonuje się za pomocą dwóch ciasno dopasowanych opasek zaciskowych. Wszystkie pozostałe punkty mocowania (mocowania ślizgowe) muszą być tak wykonane, aby parogrzejka miała możliwość swobodnego ruchu pod opaską zaciskową.

8.6. Przekładka dystansowa parogrzejki – zabezpieczenie przed przegrzaniem

W przypadku niektórych produktów niedopuszczalne jest ich nadmierne przegrzanie. W związku z tym parogrzejka powinna przebiegać w pewnej odległości od podgrzewanego rurociągu produktu. Można to osiągnąć przy wykorzystaniu taśmy Klingerytu lub przekładek dystansowych np. kątowników 20 x 20 x 3 x 50 mm. W punktach kontaktu pomiędzy przekładkę dystansową, a parogrzejkę wkłada się kawałek Klingerytu o grubości około 1mm.

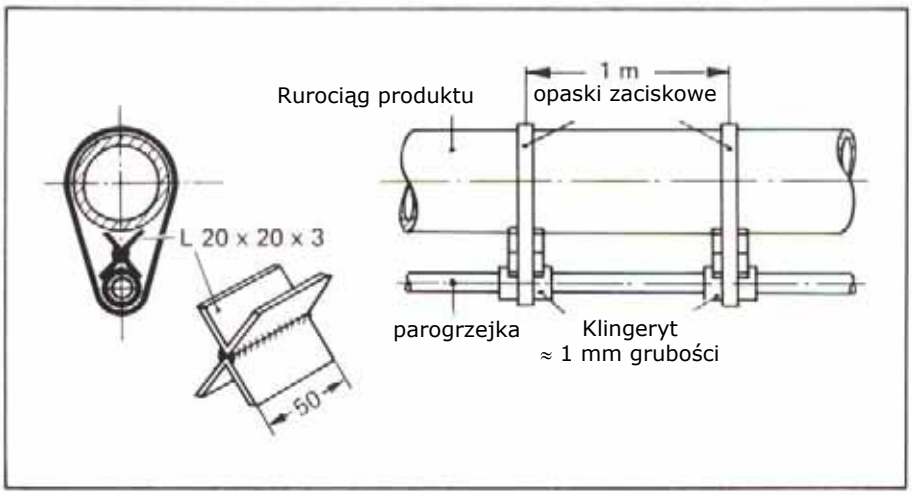
8.6.1 Parogrzejka odseparowana za pomocą warstwy Klingerytu

Rysunek 9



8.6.2 Parogrzejka odseparowana za pomocą przekładek dystansowych z kątowników i dodatkowych wkładek warstwy Klingerytu.

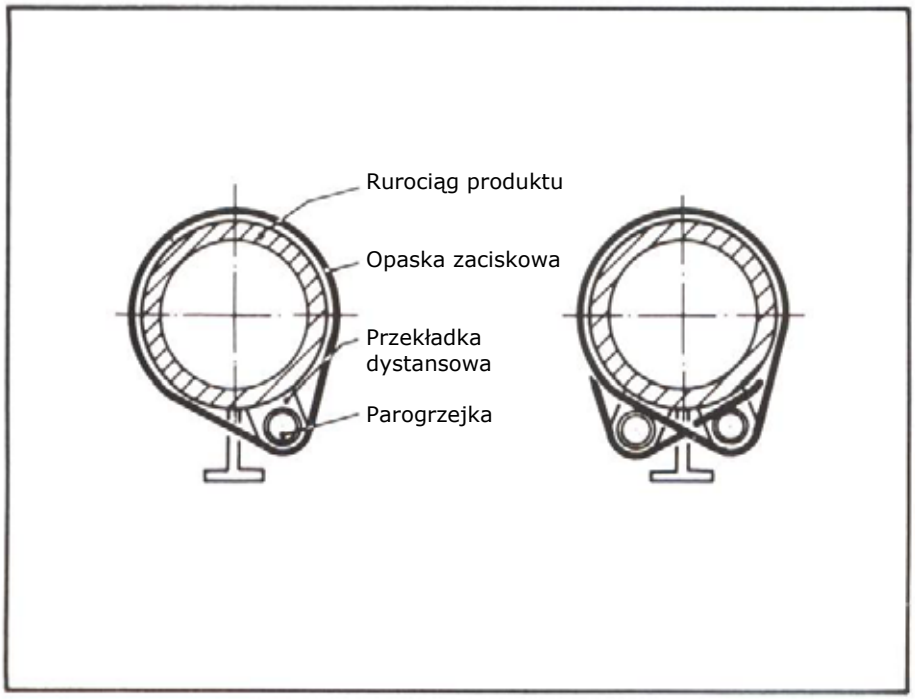
Rysunek 10



8.6.3 Parogrzejka odseparowana za pomocą przekładek z tworzywa sztucznego.

Przekładki dystansowe wykonane z odpornego termicznie poliamidu, stosowane do temperatury 180°C, są dostępne na rynku jako wyroby gotowe. Są one zaciskane na parogrzejce i można je przesuwać swobodnie tak osiowo jak i promieniowo. Same zaś parogrzejki są mocowane za pomocą opasek zaciskowych jak opisano w rozdziale 8.5.

Rysunek 11

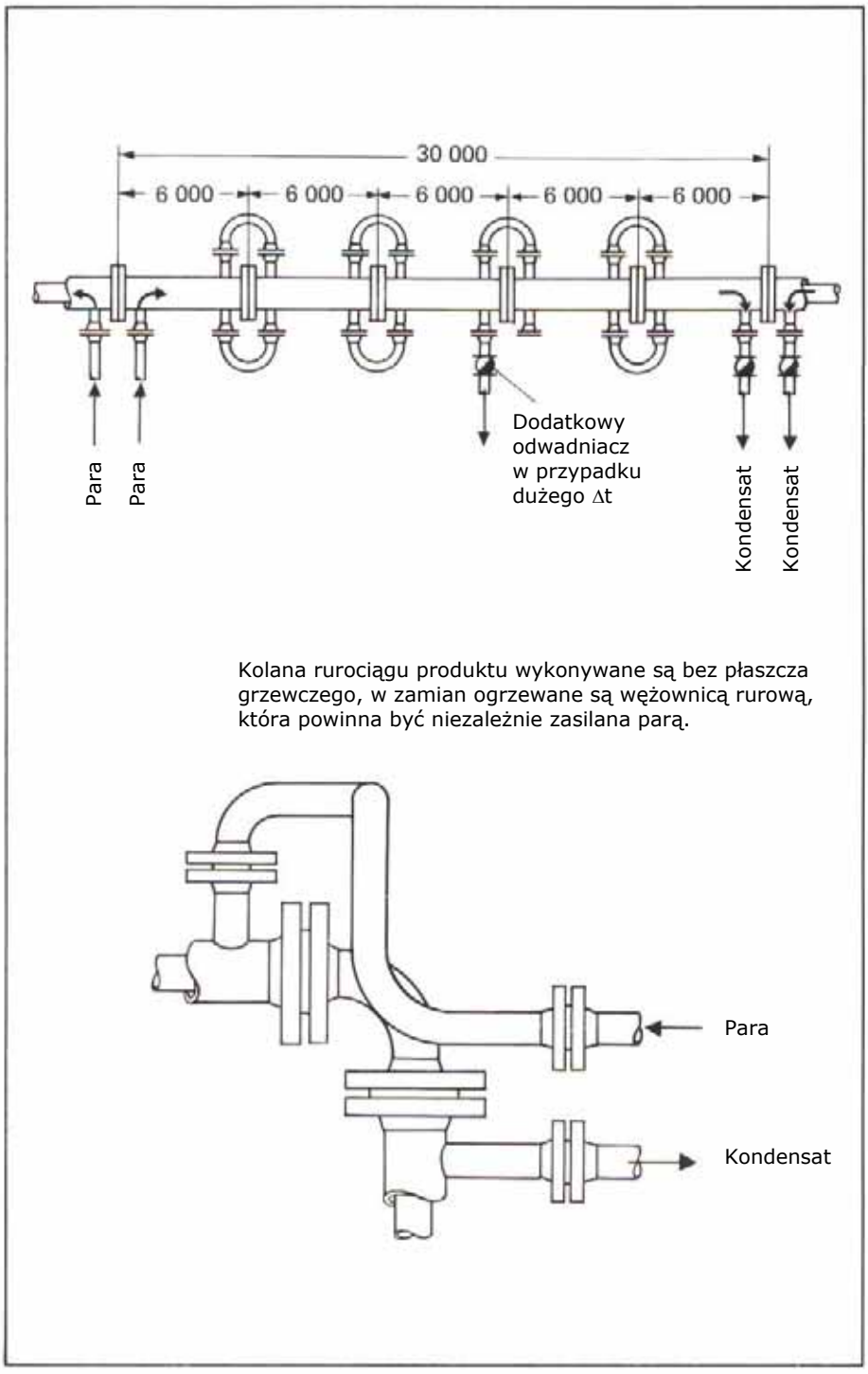


Na wskaźnikach i regulatorach poziomu z płaszczowo podgrzewanymi kieszeniami, woda może odparowywać jeżeli podgrzew jest zbyt intensywny. Z tego powodu urządzenia te są często podgrzewane przy wykorzystaniu przekładek dystansowych. Punkty kontroli wzrokowej powinny być podgrzewane bardzo uważnie, ponieważ rezultatem przegrzania może być oparzenie użytkownika.

8.7. Ogrzewanie towarzyszące z płaszczem grzewczym

Rysunek 12 prezentuje rurociąg ogrzewany płaszczem grzewczym, który stosuje się w przypadku ciężkich produktów takich jak siarka czy masa bitumiczna. Ze względu na stosunkowo dużą powierzchnię wymiany ciepła i odpowiednio intensywne powstawanie kondensatu każdy fragment płaszcza grzewczego nie powinien być dłuższy niż 30 m. Zasilanie parą i rury odgałęzień odprowadzenia do systemu zbiorczego kondensatu nie zostały pokazane. W przypadku wysokiego Δt pomiędzy parą grzewczą a produktem, płaszcz grzewczy powinien zostać wyposażony w dodatkowy odwadniacz.

Rysunek 12

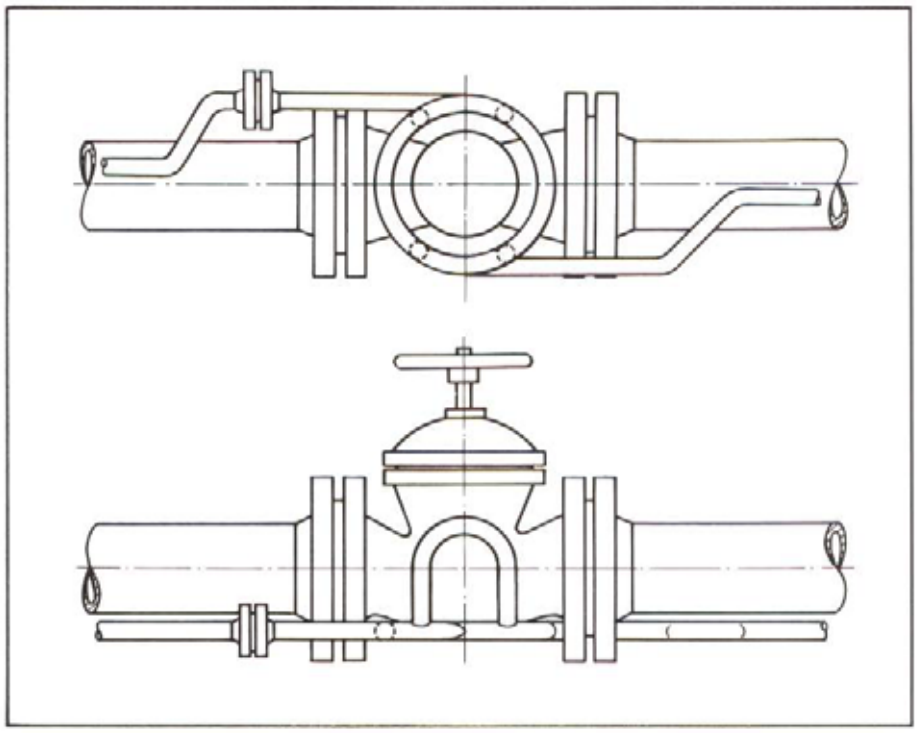


8.8. Podgrzewanie zaworów

Dla ciężkich produktów często stosowane są zawory z płaszczem grzewczym. Alternatywnie stosowane są również wężownice grzewcze indywidualnie ukształtowane dopasowane do korpusu zaworu i ich instalacji.

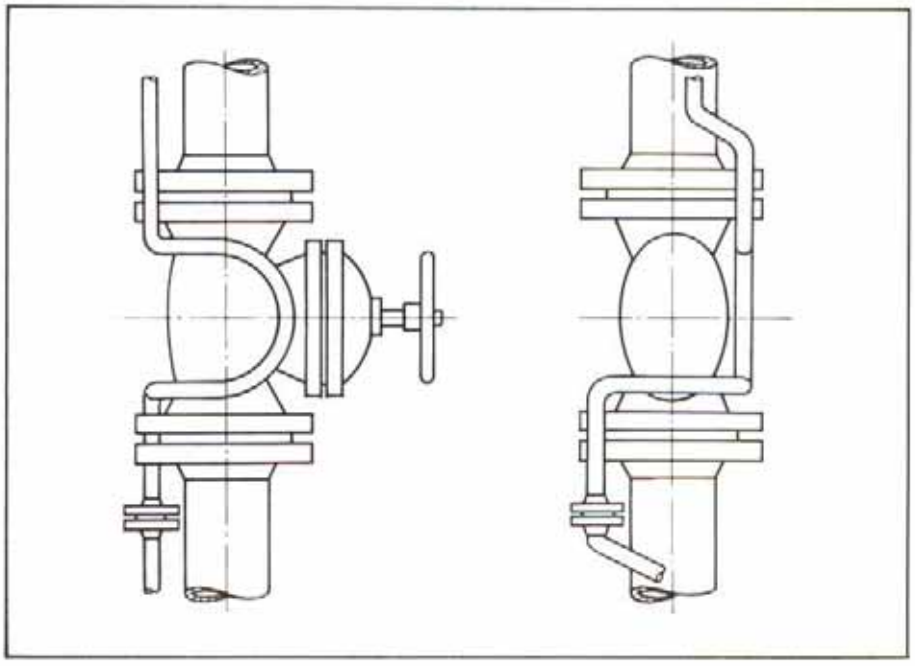
8.8.1 Rurociągi poziome z pojedynczą parogrzejką

Rysunek 13



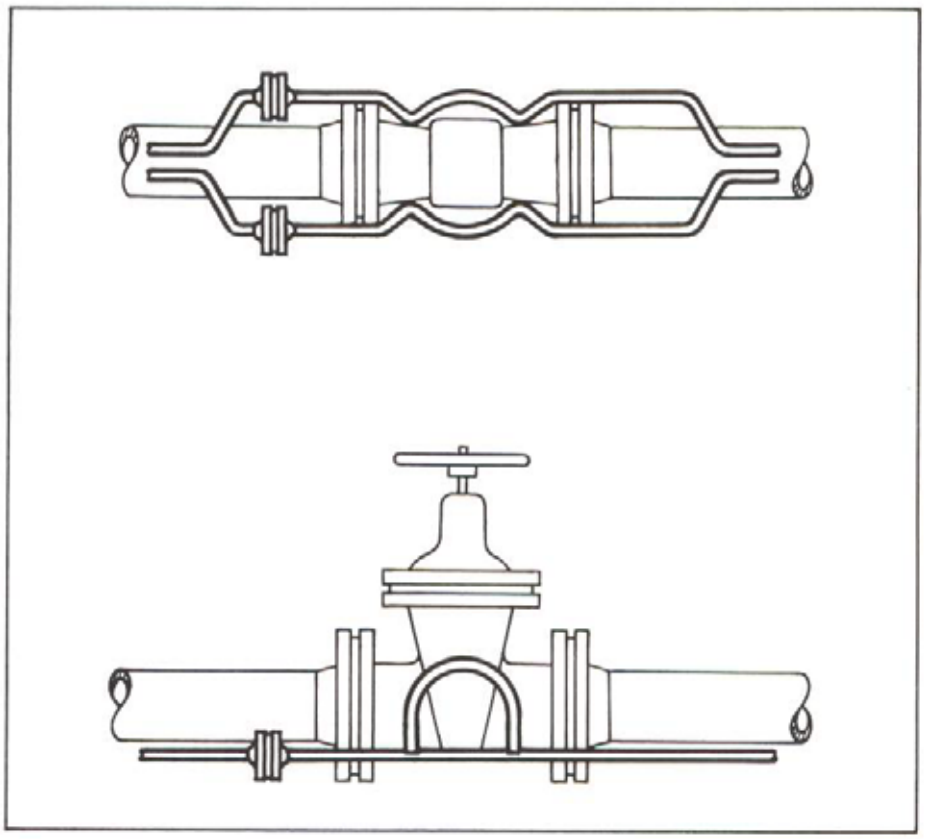
8.8.2 Rurociągi pionowe z pojedynczą parogrzejką

Rysunek 14



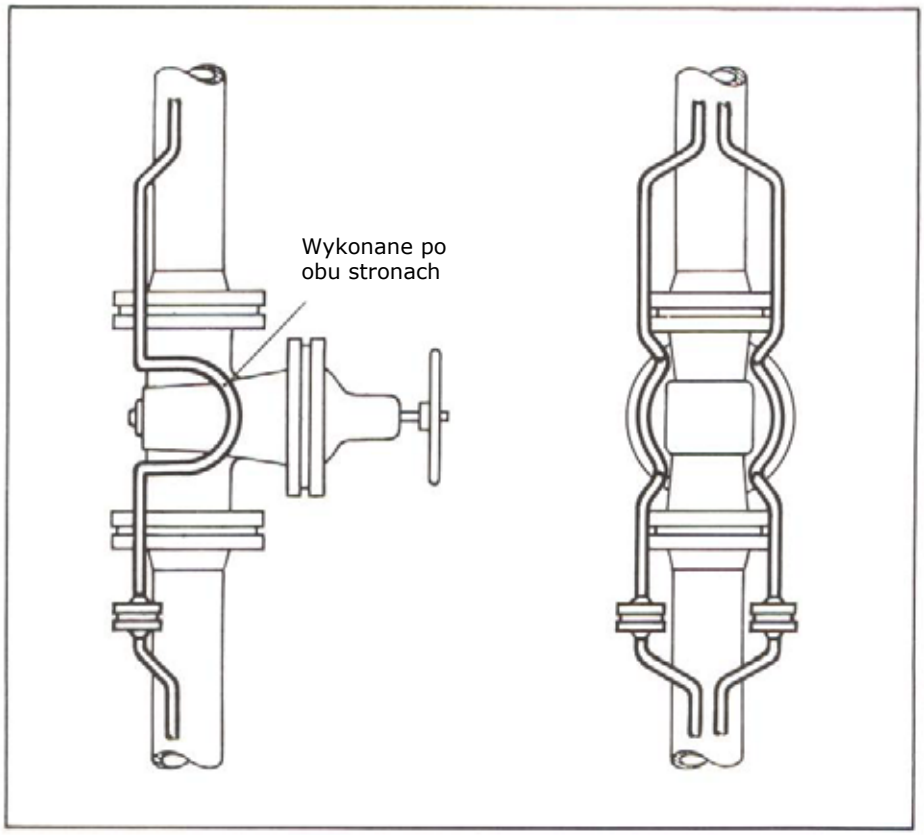
8.8.3 Rurociągi poziome z dwiema parogrzejkami

Rysunek 15



8.8.4 Rurociągi pionowe z dwiema parogrzejkami

Rysunek 16

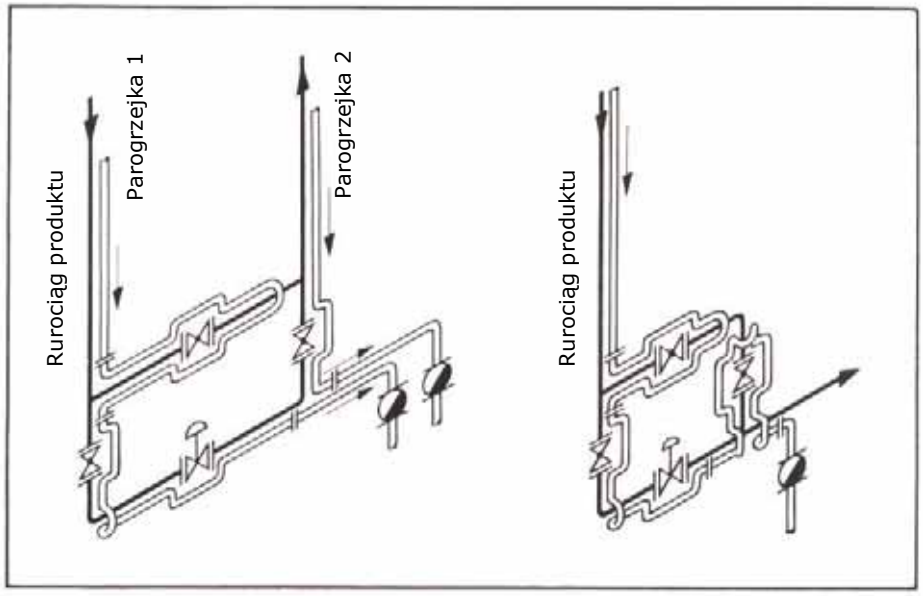


8.9. Podgrzewanie instalacji regulacyjnych i pompowych

Szczególną uwagą należy otoczyć instalacje regulacyjne, gdzie często występują problemy z powodu zatorów. W przypadku instalacji pompowych odgałęzienia główne do pomp rezerwowych lub awaryjnych są zaopatrzone w oddzielny odwadniacz. Wszystkie podnoszenia rurociągu parogrzejki muszą być sumowane dla otrzymania całkowitego oporu przepływu.

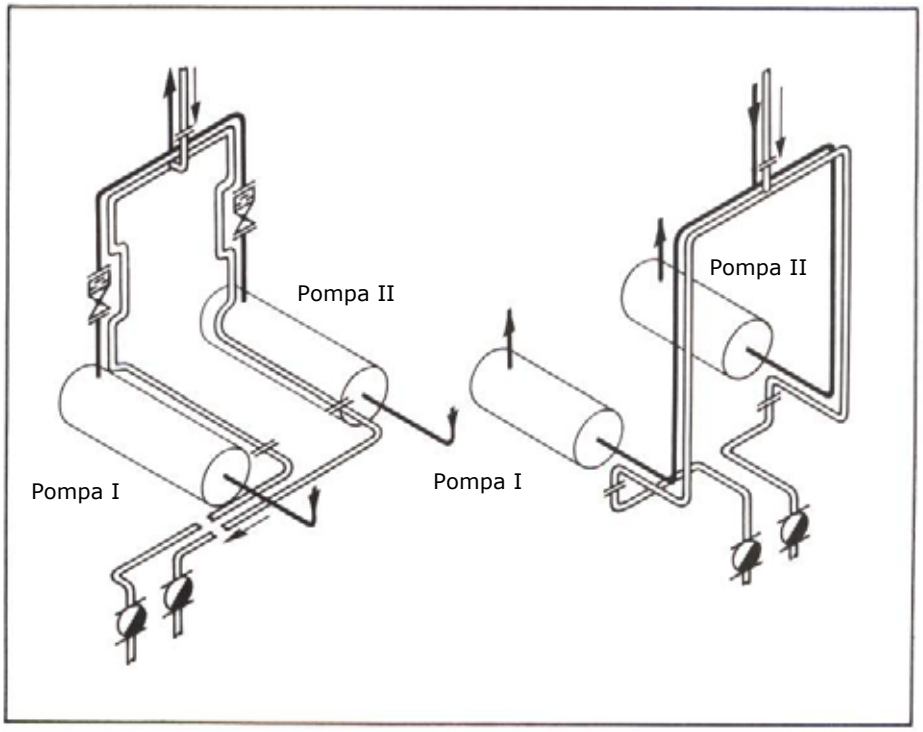
8.9.1 Parogrzejki instalacji regulacyjnych

Rysunek 17



8.9.2 Parogrzejki dla części ssących i tłocznych instalacji pompowych

Rysunek 18

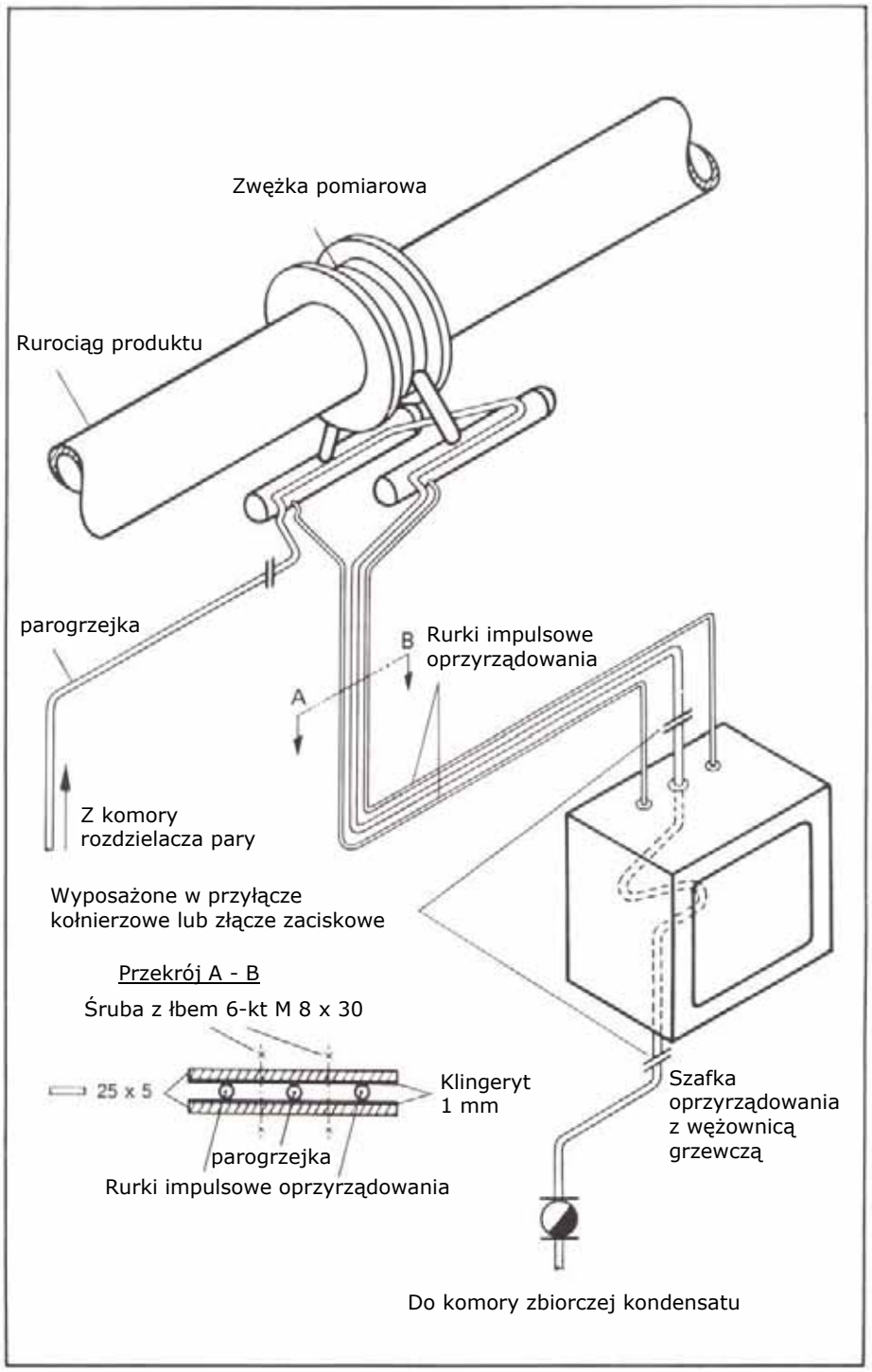


Przyłącze do systemu zasilania parą patrz rysunek 4.

8.10. Podgrzewanie punktów pomiarowych, rurek impulsowych oprzyrządowania i szafek oprzyrządowania

Jeżeli możliwe to punkty pomiarowe, zbiorniki ekspansyjne, rurki impulsowe oprzyrządowania i szafki oprzyrządowania, ogrzewane są pojedynczą parogrzejką. Dla pewnych produktów istnieje niebezpieczeństwo przegrzania. W takim przypadku parogrzejki powinny być instalowane w pewnej odległości od rurociągu produktu.

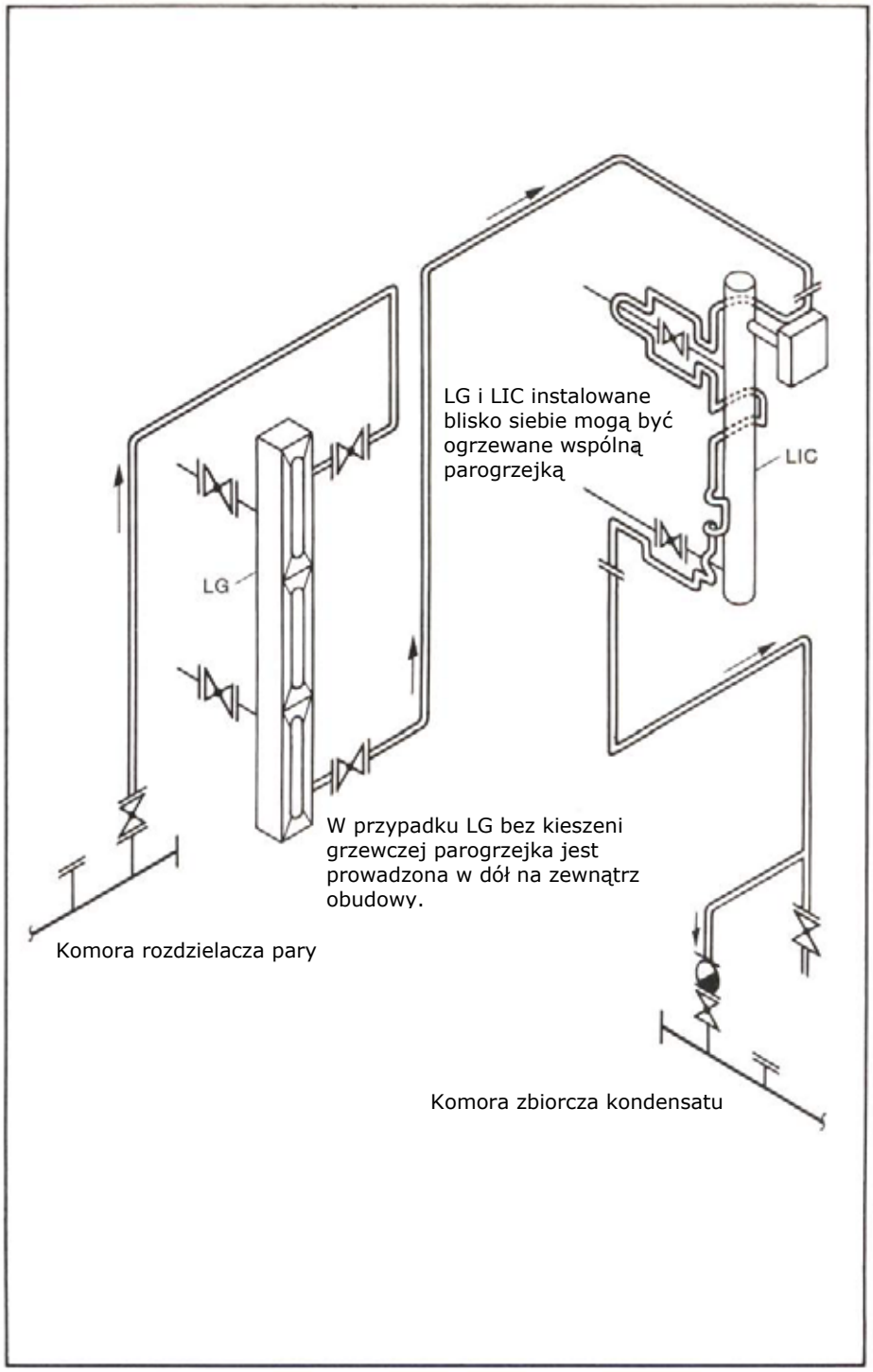
Rysunek 19



8.11. Podgrzewanie wskaźników i regulatorów poziomu

Wskaźniki (LG) i regulatory (LIC) poziomu mogą w większości przypadków być podgrzewane wspólną parogrzejką. Dla wyeliminowania błędów pomiaru, w przypadku produktów o niskim punkcie wrzenia, wymagana jest przekładka dystansowa.

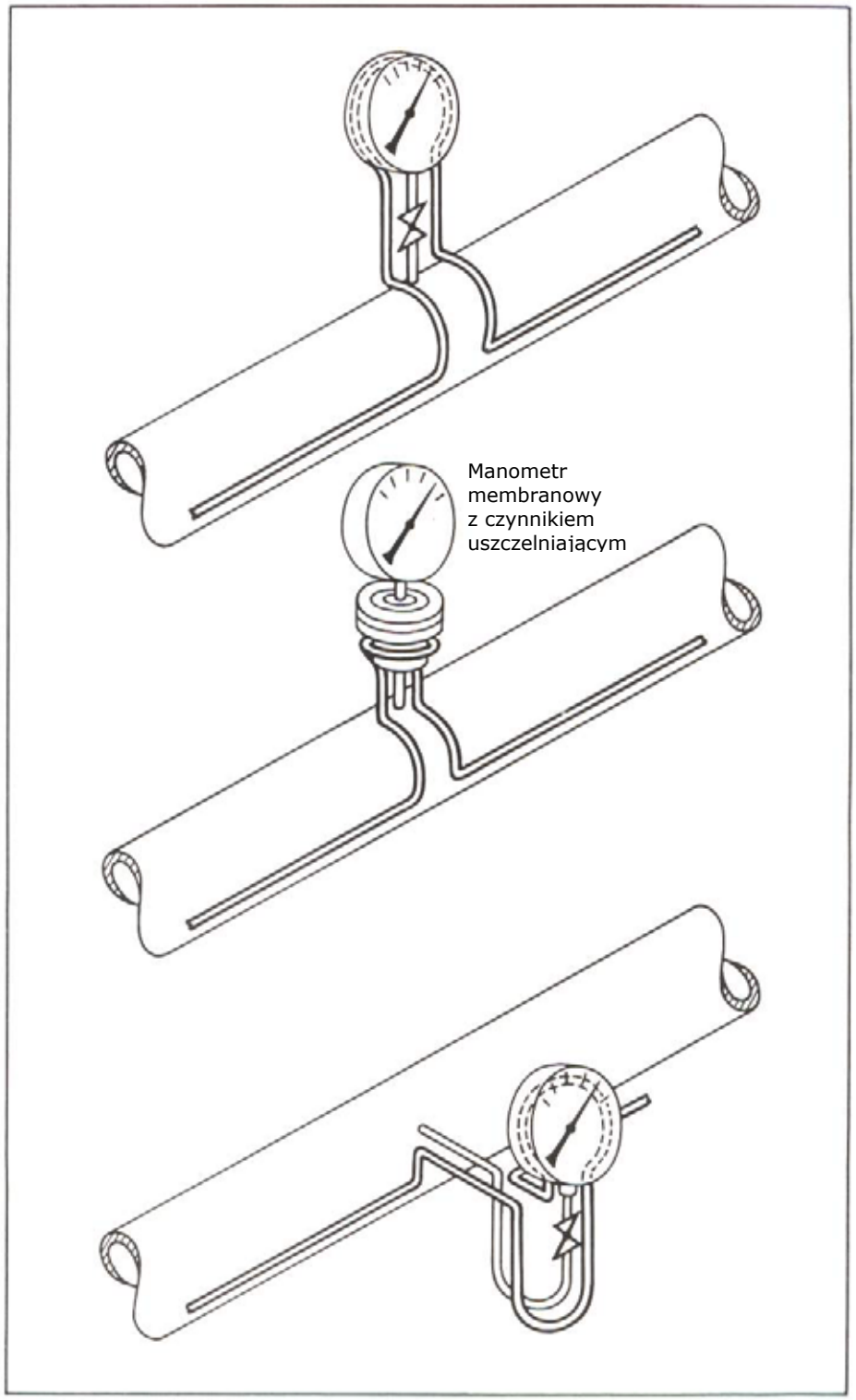
Rysunek 20



8.12. Podgrzewanie manometrów

Manometry z rurką Burdon'a są podgrzewane całkowicie, a manometry membranowe w czynnikiem uszczelniającym tylko do miejsca tuż poniżej membrany. W przypadku manometrów również może powstać niebezpieczeństwo przegrzania. Jeżeli jest to konieczne, wówczas powinny być zastosowane taśmy oddzielające z Klingerytu.

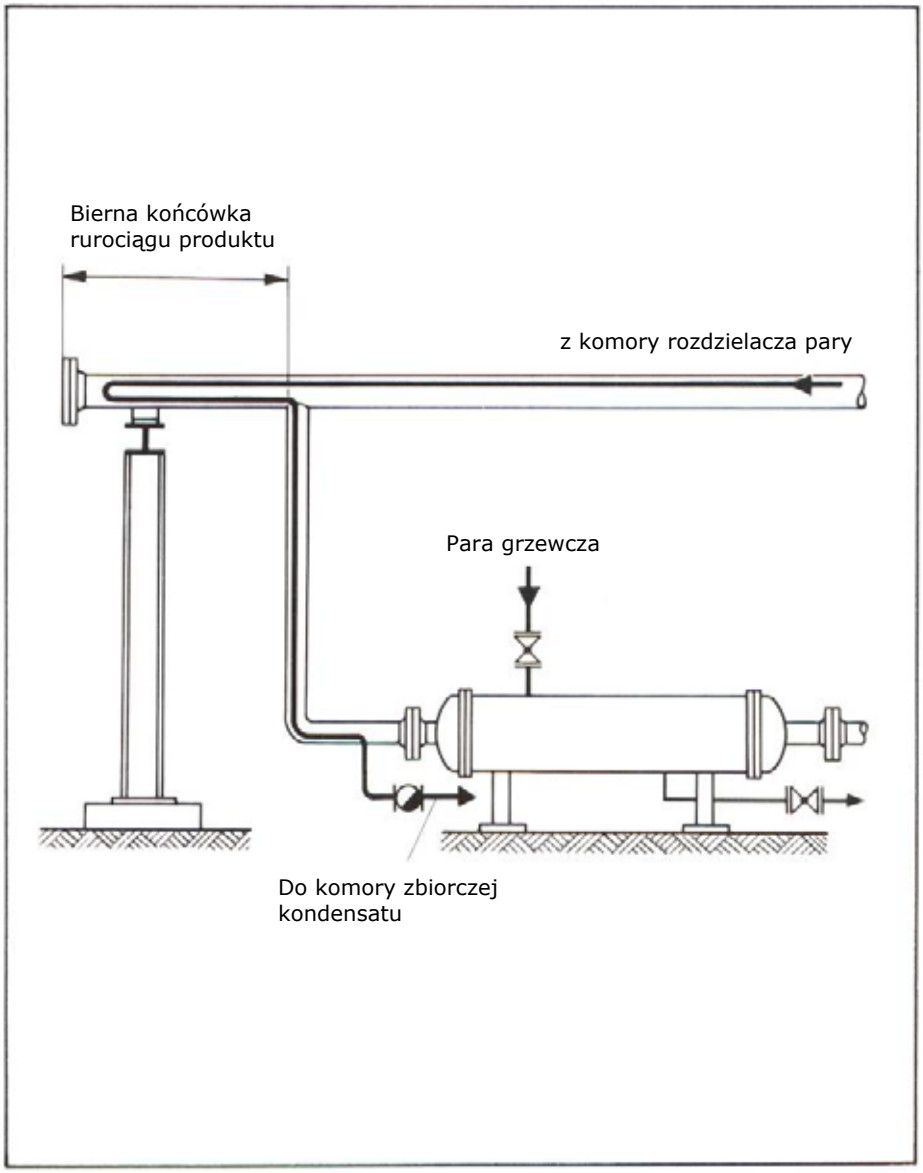
Rysunek 21



8.13. Podgrzewanie biernych końcówek rurociągów produktu

Bierne końcówki rurociągu produktu są podgrzewane nawet jeżeli rurociąg przesyłowy nie wymaga podgrzewania (z powodu ciągłego przepływu czynnika w tej części rurociągu).

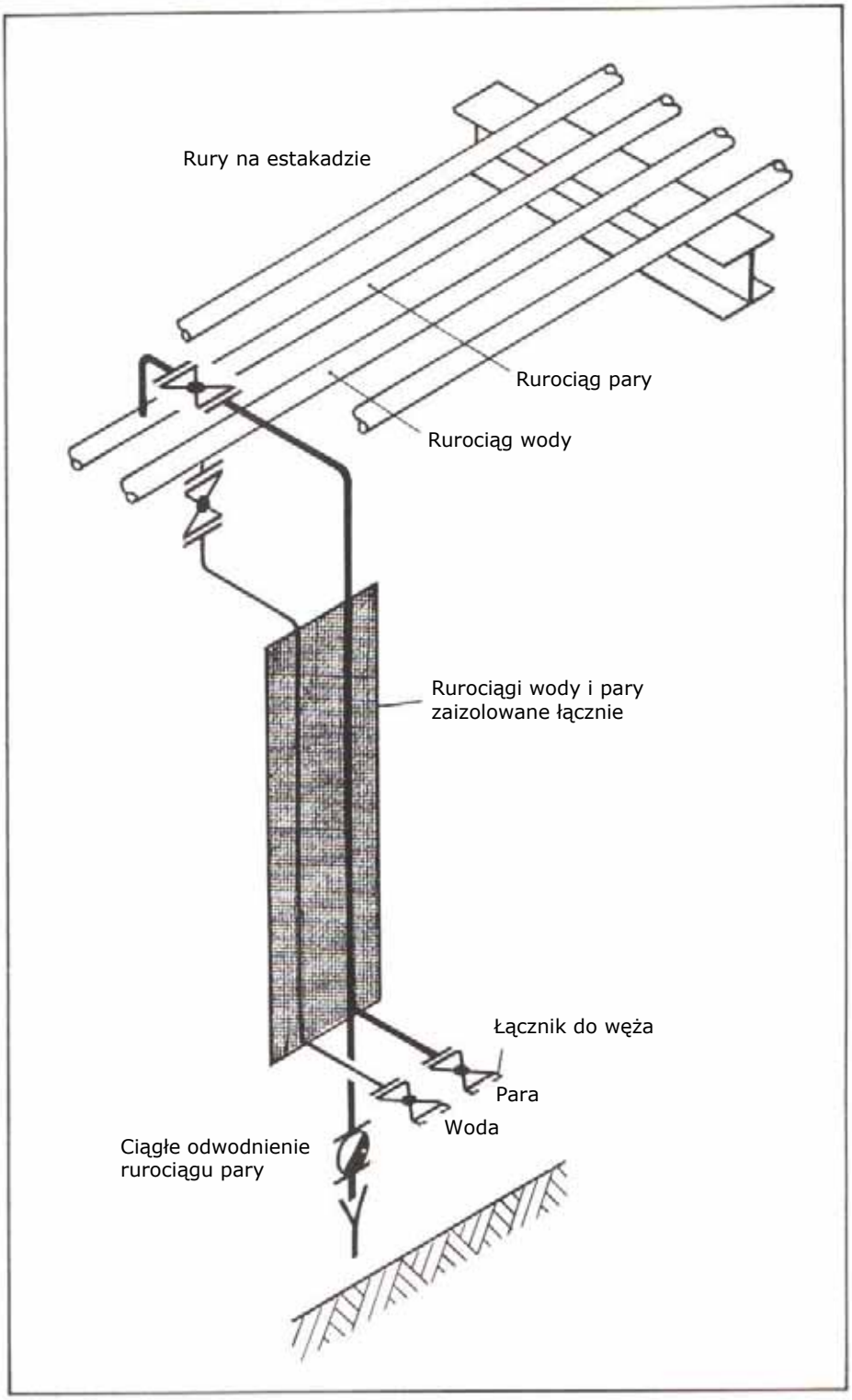
Rysunek 22



8.14. Stanowiska pomocnicze

Dla zimowego przygotowania stanowisk pomocniczych rurociągi pary i wody powinny być instalowane równolegle i wspólnie zaizolowane. Rurociąg pary posiada dodatkowe odwodnienie. W ten sposób oba rurociągi są zabezpieczone przed zamarzaniem.

Rysunek 23

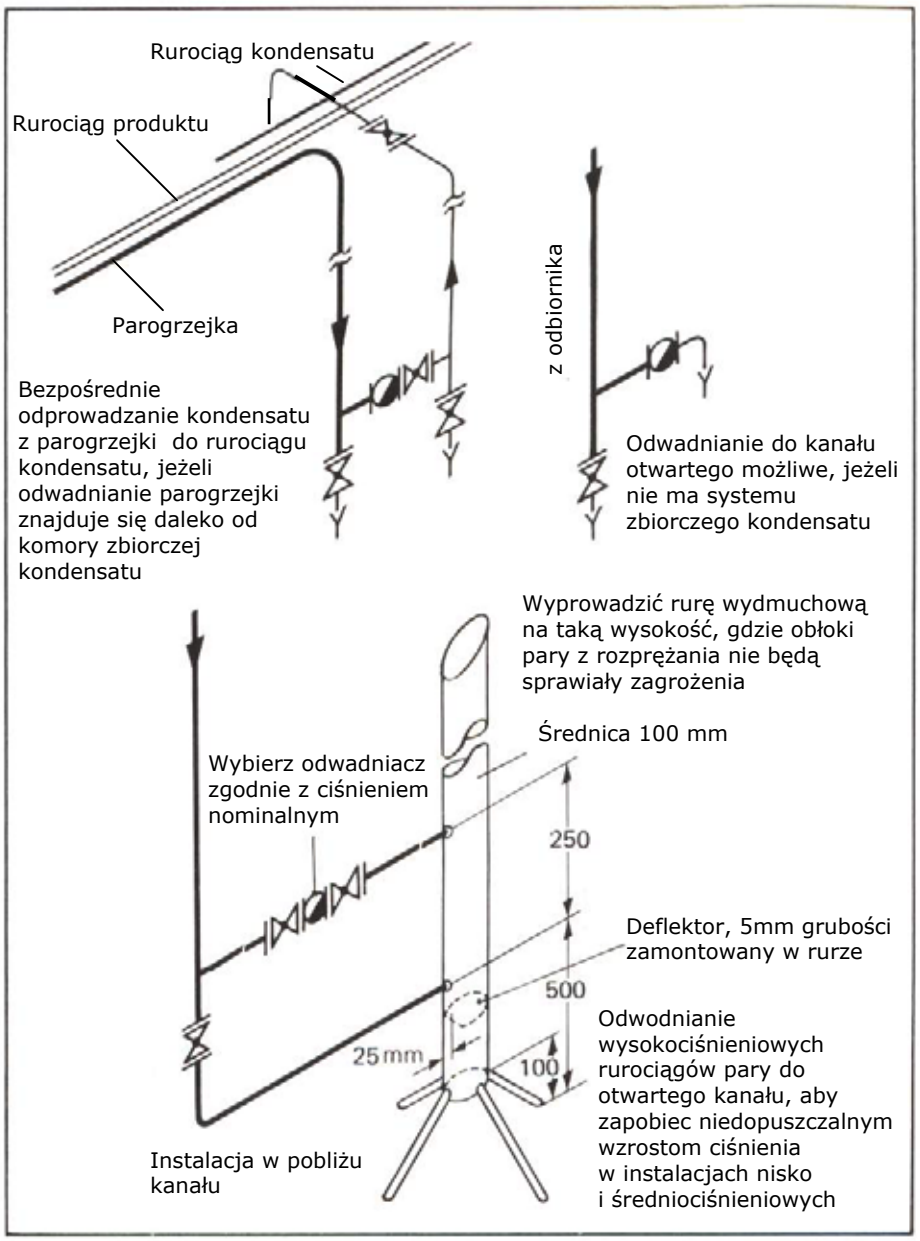


8.15. Odwadnianie bezpośrednie, odwadnianie wysokociśnieniowe

Parogrzejki usytuowane w dużej odległości od kolektora zbiorczego kondensatu można podłączyć bezpośrednio do rurociągu zwrotu kondensatu lub kondensat odprowadzać do otwartego kanału.

Kondensat z rurociągów wysokiego ciśnienia nie powinien być odprowadzany do średnio lub niskociśnieniowych systemów zbiorczych kondensatu. Zakłócenia i tworząca się para z rozprężania mogą powodować powstawanie nieakceptowalnie wysokiego ciśnienia zwrotnego, które może być łagodzone tylko przez zawór bezpieczeństwa. Z tego powodu zalecane jest odprowadzanie kondensatu do otwartego kanału. Jednakże należy zabezpieczyć się przed powstawaniem obłoków pary (zła widoczność), zamarzaniem i niebezpieczeństwem poparzenia.

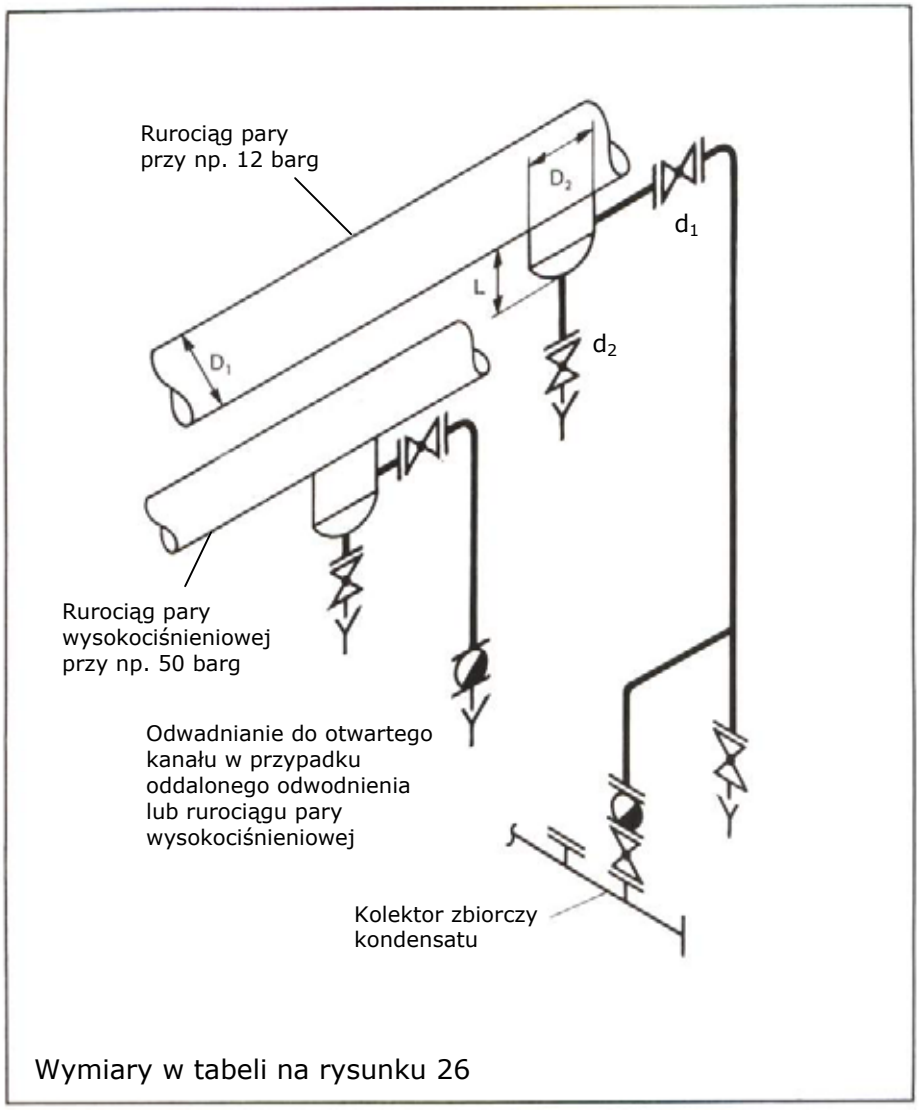
Rysunek 24



8.16. Odwadnianie rurociągów parowych

Odwodnienia rurociągów pary powinny być wykonane: przed odcinkami wznoszącymi, w najniższych punktach rurociągu, na końcach rurociągu i w regularnych odstępach około 100 m. Odwodnienie rurociągu powinno być podłączone do najbliższej, właściwej z punktu ciśnienia roboczego, komory zbiorczej kondensatu. Jednakże jest to nieekonomiczne, jeżeli odwodnienie jest w miejscu oddalonym od takiego kolektora kondensatu. W takich przypadkach kondensat odprowadzany jest do otwartego kanału.

Rysunek 25



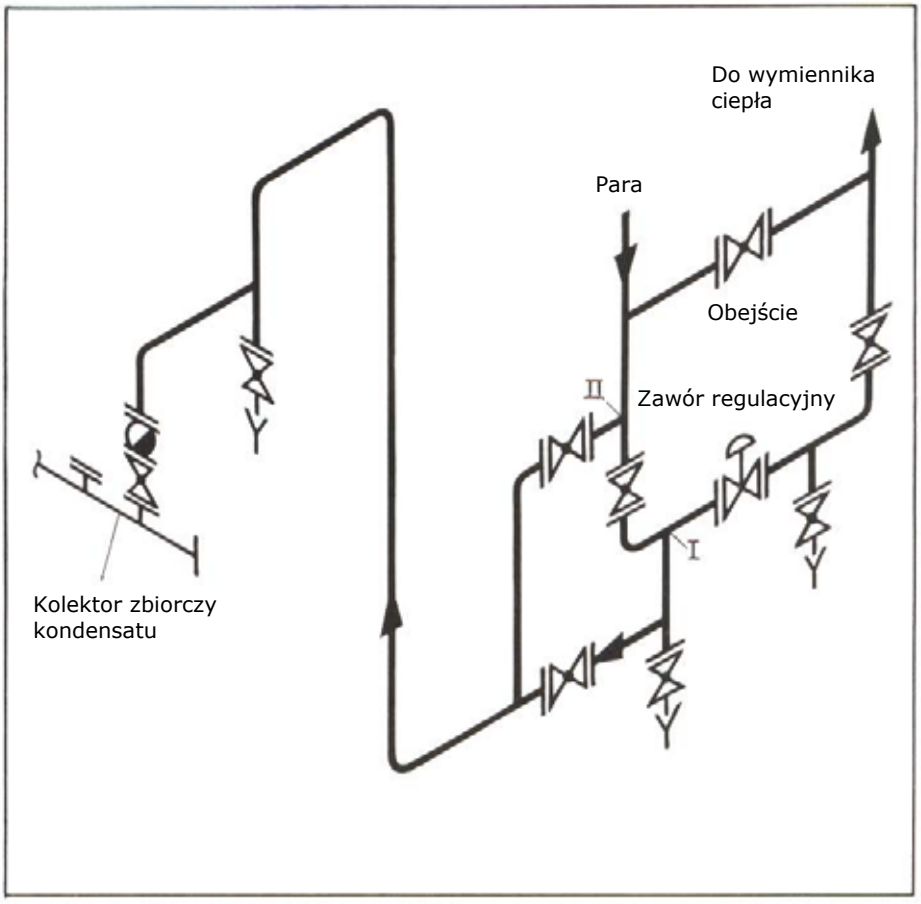
Wymiary w tabeli na rysunku 26

Każde odwodnienie rurociągu pary powinno być wykonane w taki sposób, aby stanowiło dużą kieszeń wyłapującą wodę i zanieczyszczenia. Tabela na następnej stronie zawiera wzięte z praktyki przykłady wymiarowania takich kieszeni odwodnień. Podczas ciągłej pracy systemu parowego ilość tworzącego się kondensatu jest relatywnie mała. W przypadku pary nasyconej ilość powstającego kondensatu waha się, zależnie od średnicy rurociągu pary i jakości jego izolacji, pomiędzy 10 a 20 kg/h na każde 100 m długości rurociągu. Duża ilość kondensatu tworzącego się podczas uruchamiania instalacji powinna być odprowadzana do otwartego kanału, łącznie ze zakumulowanymi w systemie zanieczyszczeniami.

Rysunek 26 Średnice rurociągów pary i kondensatu

D_1	mm	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600
	inch	2''	2 1/2''	3''	4''	5''	6''	8''	10''	12''	14''	16''	18''	20''	24''
D_2	mm	50	65	80	80	80	100	150	150	200	200	200	250	250	250
	inch	2''	2 1/2''	3''	3''	3''	4''	6''	6''	8''	8''	8''	10''	10''	10''
L	mm	Dla wszystkich średnic $L \geq 250$													
d_1	mm	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
d_2	mm	20	25	25	40	40	40	40	50	50	50	50	50	50	50

Rysunek 27 Odwadnianie instalacji regulacyjnych pary

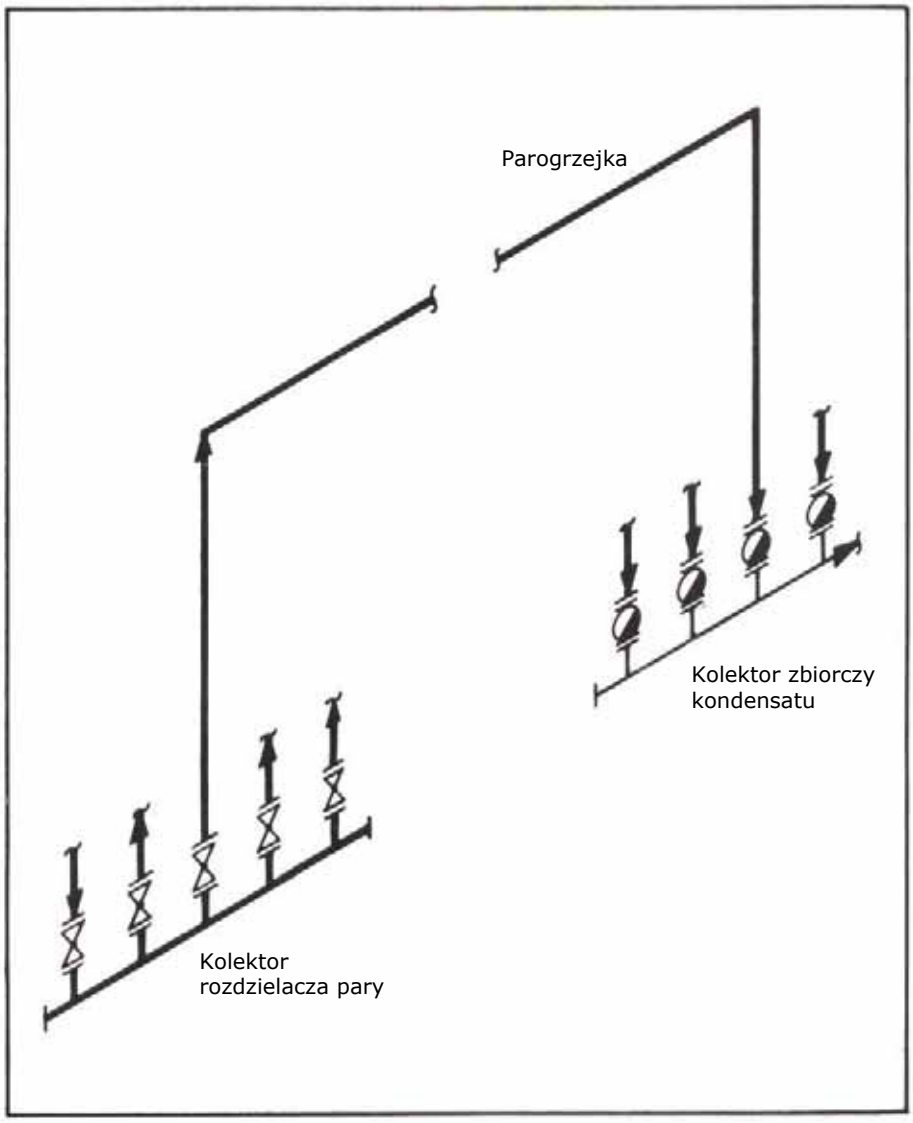


Dla wymiennika ciepła regulowanego od strony pary grupa zaworów jest odwadniana przed zaworem regulacyjnym przez gałąź I. Rurociąg odwodnienia jest podłączony przez odwadniacz z kolektorem zbiorczym kondensatu i równocześnie z gałęzią II. Podczas normalnej eksploatacji gałąź II jest zamknięta, a używana jest dla odwadniania tylko w przypadku zasilania wymiennika ciepła przez obejście (np. podczas prac konserwacyjnych).

8.17. Odwadniacze zainstalowane na końcu parogrzejki

Najprostszą metodą odwadniania parogrzejki jest zainstalowanie na jej końcu odpowiedniego – właściwego pod względem działania i wydajności – odwadniacza, pokazano to na rysunku 28.

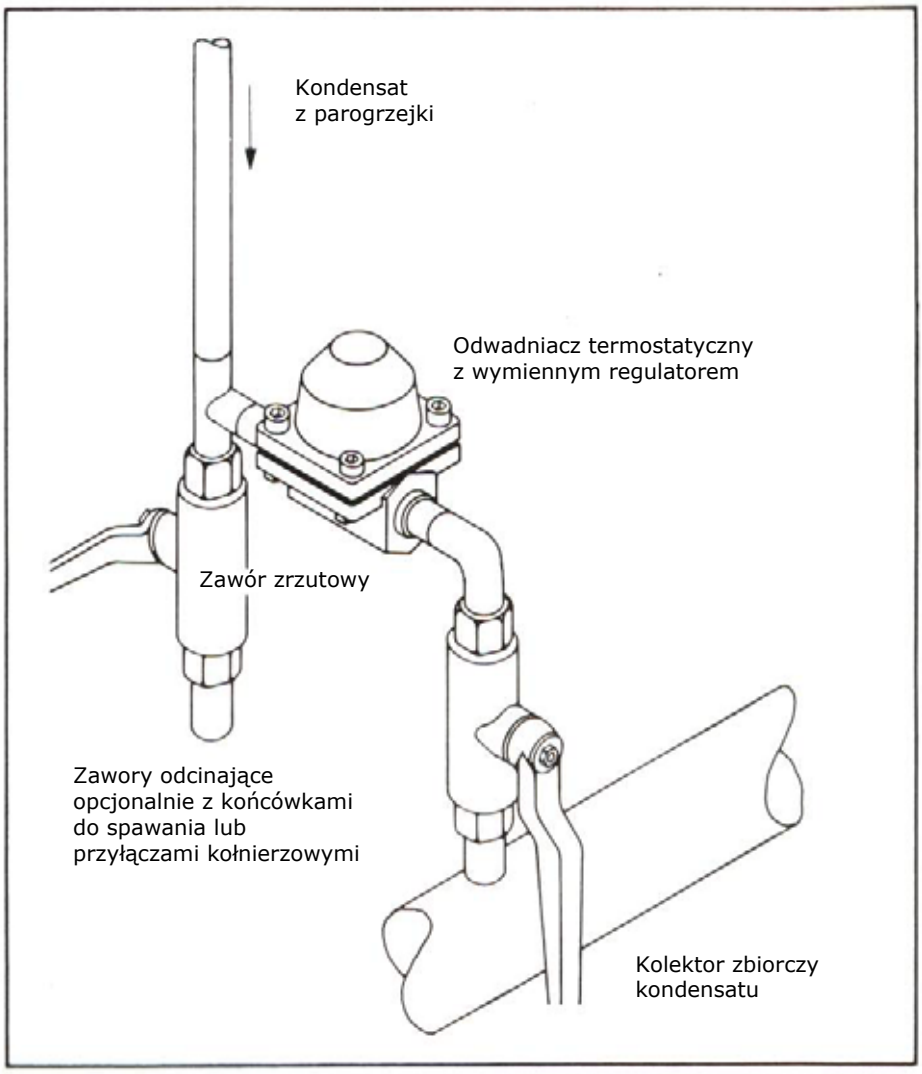
Rysunek 28



Chociaż zawory mogą być rozmieszczone jak na rysunku 28, jednakże z praktycznego punktu widzenia nie jest to rozwiązanie korzystne. W przypadku czynności konserwacyjnych i napraw można indywidualnie odciąć parogrzejkę tylko od zasilania parą, ale nie jest to możliwe od strony kondensatu. Wszystkie zanieczyszczenia z systemu trafiają bezpośrednio do odwadniaczy. W szczególności w nowych instalacjach jest bardzo duże ryzyko zanieczyszczenia przez rdzę, zgorzelinę i pozostałości po spawaniu.

Połączenie odwadniacza z bezobsługowymi zaworami odcinającymi powinno być wykonane w taki sposób, aby uzyskać zespół odwadniający wykluczający ryzyko zanieczyszczania odwadniacza. Odwadniacz jest zabudowany na obejściu, podczas gdy na końcu parogrzejki zamontowany jest zawór zrzutowy i kieszeń gromadząca zanieczyszczenia. Rysunek 29 pokazuje takie rozwiązanie konstrukcyjne zespołu odwadniającego. Na życzenie taki zespół może być dostarczany w formie spawanej, jako kompletne urządzenie. Wówczas na obiekcie wykonywane są jedynie dwa złącza spawane lub dwa połączenia kołnierzowe.

Rysunek 29 Konstrukcja zespołu odwadniającego



Zespół odwadniający pokazany na rysunku 29 spełnia następujące ważne wymagania:

a) Szybkie uruchomienie parogrzejki i wysoki stopień ochrony przed zanieczyszczeniami dzięki zastosowaniu zaworu zrzutowego zainstalowanego przed odwadniaczem.
b) Ciągłe odprowadzane kondensatu bez straty pary świeżej i automatyczne odpowietrzanie instalacji przez odwadniacz termostatyczny w pełnym zakresie ciśnień pary grzewczej. Jeden typ odwadniacza dostarczany z nastawą fabryczną nie wymagającą doregulowania.
c) Oszczędności kosztów instalacji odwadniacza dzięki prostej konserwacji (regulator jako kompletną jednostkę, można wymieniać bez demontażu odwadniacza z rurociągu).

Jeżeli kondensat z odwodnienia parogrzejki jest odprowadzany do otwartego kanału to kiedy to możliwe, powinien być dodatkowo przechładzany, przez spiętrzenie przed odwadniaczem. Dzięki temu unika się powstawaniu obłoków pary z rozprężania i podnosi się ekonomiczność pracy instalacji.

Odwadniacze termostatyczne można doskonale dostosować do takiej pracy, zależnie od typu bądź przez modyfikację nastawy regulatora lub też przez zmianę kapsuły regulacyjnej na przechładzającą (patrz również Dodatek).

8.18. Znakowanie rozdzielaczy pary i kolektorów zbiorczych kondensatu

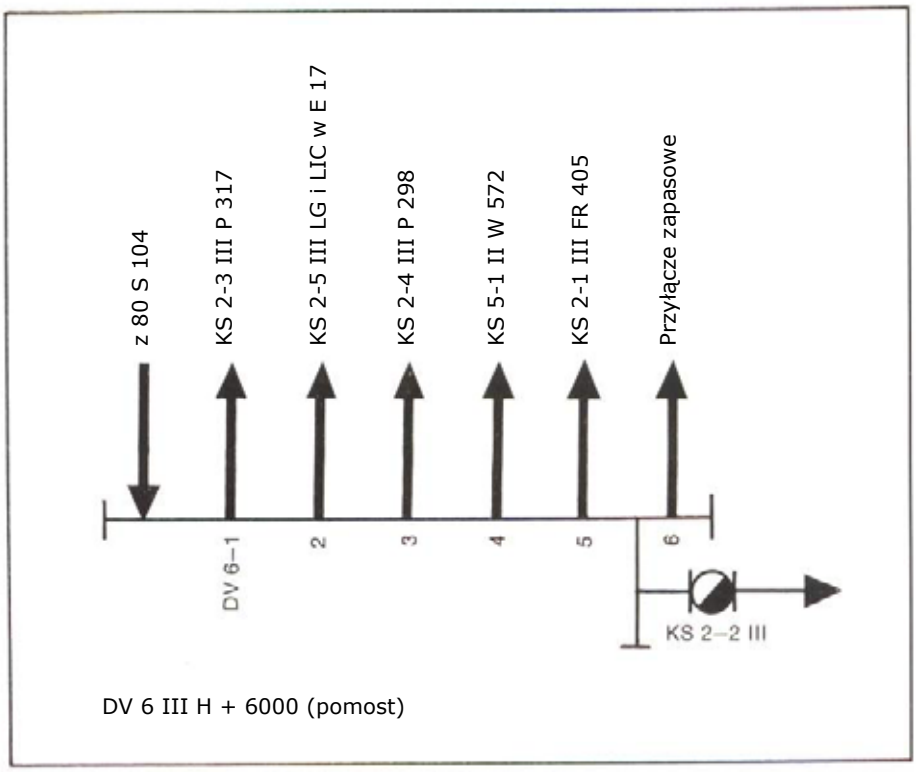
Komory rozdzielaczy pary (DV) i komory zbiorcze kondensatu (KS) projektowane dla indywidualnych sekcji instalacji (np. w sekcji III) są numerowane rozpoczynając od 1 (np. DV 6). Dla jasnego rozróżnienia miejsca na instalacji numery sekcji i wysokość instalacji powyżej poziomu zerowego instalacji (H) są również określane.

Podczas etapu planowania również należy określić sposób znakowania króćców rur na komorach pary i kondensatu.

Oznaczenia rurociągów użyte przez firmę projektującą instalację i oznaczenia używane później przez obsługę instalacji często różnią się znacząco. Koordynacja i kooperacja od początku zapobiega możliwościom późniejszych problemów z powodu zakrycia znaków na rurociągach przez izolację.

Rysunek 30 Przykład znakowania rurociągu

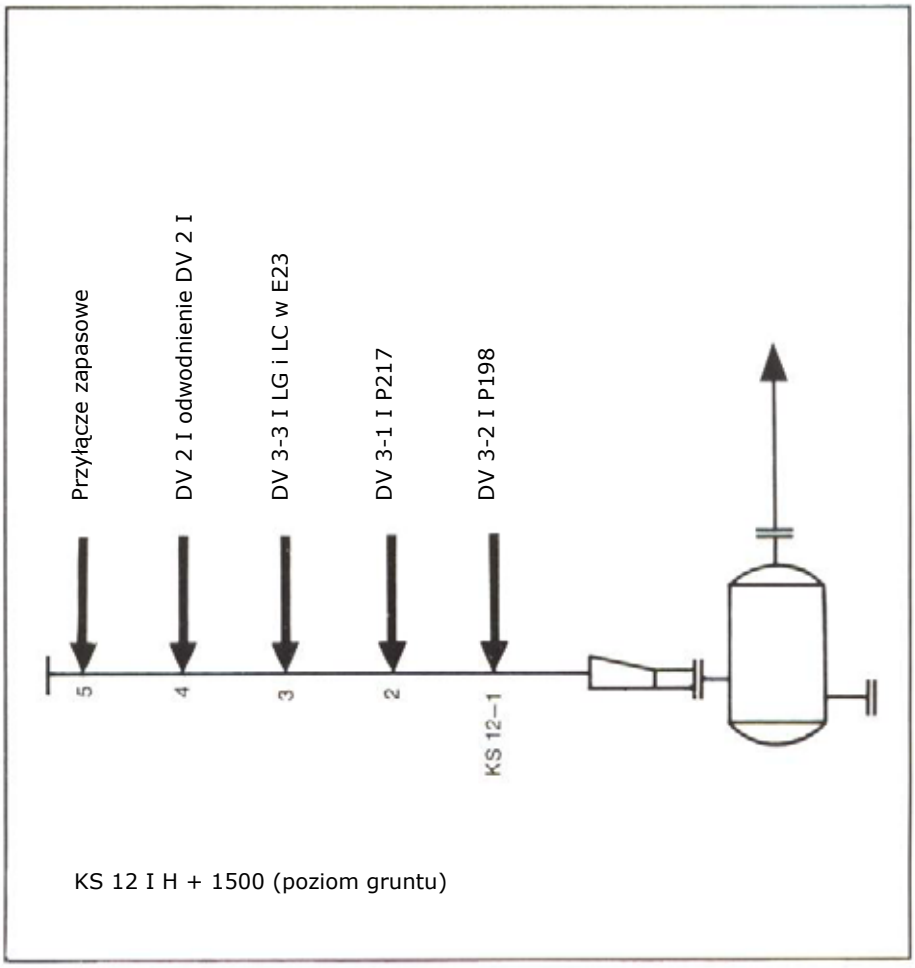
Komora rozdzielacza pary DV6 w sekcji II na H + 6000



Wszystkie króćce rozgałęziających się rur parogrzejek są numerowane począwszy od 1 po stronie zasilania parą, np. rura parogrzejki podłączona do pierwszego króćca DV 6-1 towarzyszy rurze produktu P 317 i kończy się w komorze kolektora zbiorczego kondensatu 2, króciec 3 w sekcji III.

Rysunek 31 Przykład znakowania rurociągu

Komora zbiorcza kondensatu KS 12 w sekcji I na H + 1500



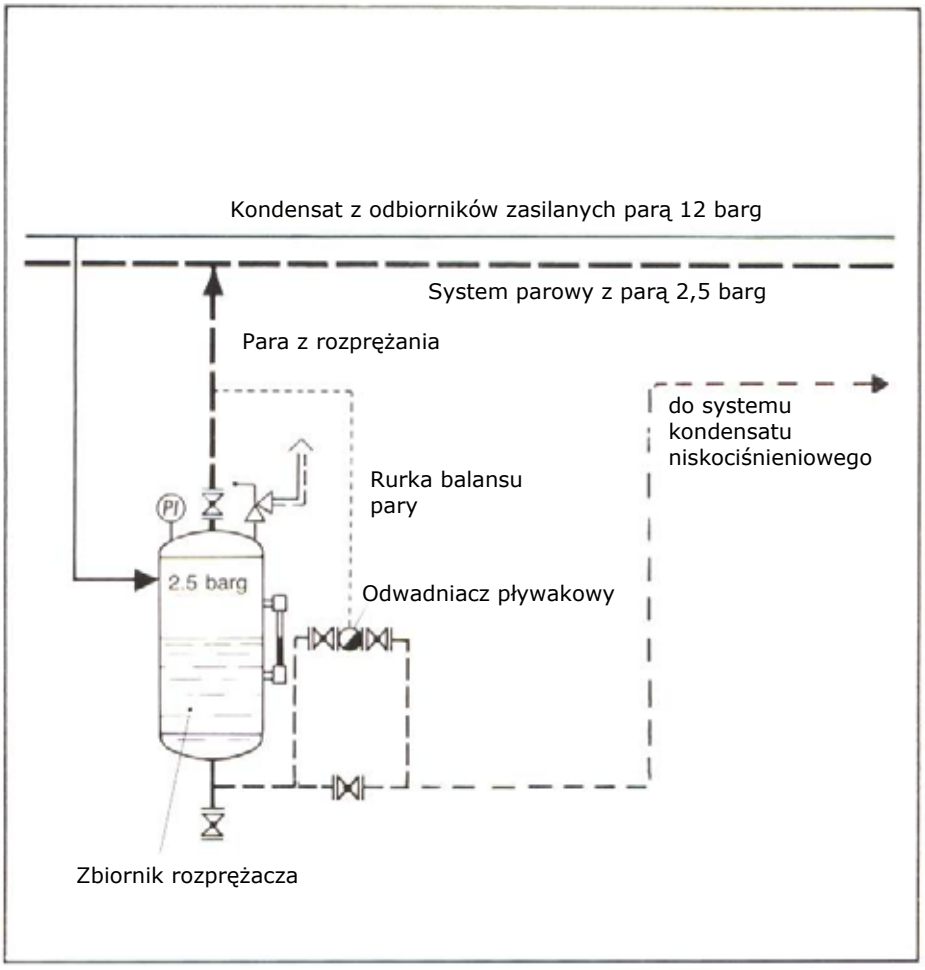
Wszystkie króćce wlotów rur parogrzejek do kolektora zbiorczego kondensatu numerowane są począwszy od 1 po stronie wylotowej, np. parogrzejka podłączona do pierwszego króćca KS 12-1 towarzyszy rurze produktu P198 i zasilana jest z komory rozdzielacza pary 3, króciec 2 w sekcji I.

9. Ekonomika konstrukcji systemu ogrzewania towarzyszącego

9.1. Wykorzystanie pary z rozprężania

Wysokie koszty energii wymuszają stosowanie optymalnych ekonomicznie systemów ogrzewania towarzyszącego. W związku z tym ważne jest nie tylko właściwe dobranie ciśnienia pary zasilającej, ale również wykorzystanie pary z rozprężania kondensatu. Jeżeli przykładowo instalacja z trudnym czynnikiem jest grzana parą średniociśnieniową przy 12 barg i jest równocześnie dostępny system niskociśnieniowego ogrzewania towarzyszącego 2,5 barg, to kondensat z pary średniociśnieniowej jest rozprężany w rozprężaczu kondensatu, a para z rozprężania jest wykorzystywana w instalacji niskociśnieniowej. Ilość powstającej pary z rozprężania wynosi około 10%. W przypadku pracy 500 parogrzejek oraz przy założeniu, że podczas pracy w każdej z nich powstaje 10 kg/h kondensatu odzyskujemy 500 kg/h pary z rozprężania o ciśnieniu 2,5 barg.

Rysunek 32

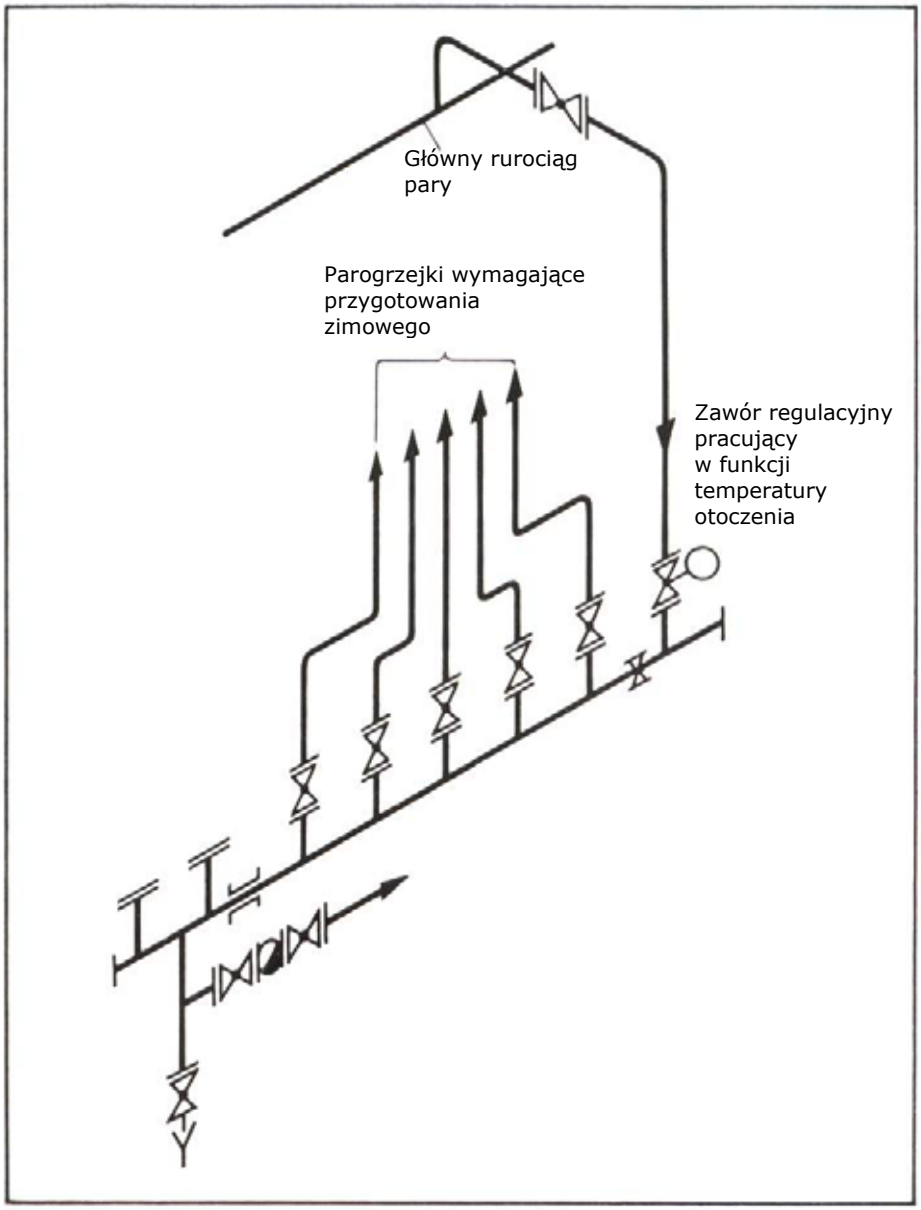


9.2. Przystosowanie systemów pary do warunków zimowych

W przeszłości parogrzejki, które były potrzebne tylko w okresie zimowym pracowały w sposób ciągły przez cały sezon grzewczy i były wyłączane tylko po okresie grzewczym. Jednakże jest bardzo wiele dni bez mrozu w okresie grzewczym. Ze względu na oszczędności energii można zastosować zawory regulacyjne sterujące doprowadzaniem pary w funkcji temperatury otoczenia. Przy niskich temperaturach otoczenia zawory te są otwarte i parogrzejka pracuje podgrzewając produkt. Kiedy temperatura otoczenia rośnie zawory zaczynają się zamykać i zostają całkowicie zamknięte przy ustalonej temperaturze otoczenia.

Na etapie projektowania grupowanie systemów ogrzewania towarzyszącego, przystosowanych do warunków zimowych, powinno zostać rozpatrzone w taki sposób aby kilka parogrzejek mogło być regulowanych przez jeden zawór regulacyjny sterujący doprowadzeniem pary w funkcji temperatury otoczenia.

Rysunek 33



10. Systemy wysokociśnieniowej wody gorącej i ciekłych mediów grzewczych

Pomimo ogromnego wzrostu kosztów energii, para pozostaje podstawowym czynnikiem dla systemów ogrzewania towarzyszącego. W niektórych przypadkach aspekty ekonomiczne lub konstrukcyjne mogą przemawiać za wykorzystaniem innych czynników.

Ze względu na wysokie koszty energii, systemy ogrzewania towarzyszącego w wodą gorącą wykorzystujące wodę chłodzącą uzyskiwaną podczas procesów egzotermicznych lub wodą gorącą uzyskiwaną przez podgrzew nisko ciśnieniową para z rozprężania, mogą być interesujące z ekonomicznego punktu widzenia.

Para z rozprężania przy $\leq$ 0,5 barg nie może być ekonomicznie przesyłana w systemie rurowym ogrzewania towarzyszącego, ale może być użyta do wytworzenia wody gorącej o temperaturze około 100°C wykorzystywanej w systemie ogrzewania towarzyszącego z woda gorącą.

Systemy z ciekłymi nośnikami energii nie stwarzają żadnych problemów firmom projektowym. Są one projektowane i wznoszone równie prosto jak systemy parowe. Problem zrównoważenia systemu został rozwiązany odkąd zamiast sztywnych płytek z dyszą, zostały wprowadzone termostatycznie regulowane zawory regulacji temperatury powrotnej, tak zwane Calorimat'y (patrz Dodatek).

Automatyczny element dławiący reaguje na najmniejszą zmianę nastawionej wstępnie temperatury powrotu modyfikując pole przekroju dyszy zaworu dla osiągnięcia odpowiedniej wielkości przepływu. Jeżeli podgrzewany rurociąg jest długi i ma duży spadek ciśnienia zawory na jednostkach na końcach systemu są szeroko otwarte, natomiast te blisko pompy cyrkulacyjnej są automatycznie dławione.

11. Parowe czy elektryczne systemy ogrzewania towarzyszącego - porównanie

Aby móc wybrać najlepszy system ogrzewania towarzyszącego dla każdego zastosowania, należy również rozważyć system podgrzewania elektrycznego. Nawet jeżeli para jest dostępna w rozsądnej cenie i wystarczającej ilości oraz w prawie wszystkich instalacjach wymagających ogrzewania towarzyszącego, to w wyjątkowych przypadkach ze względu na regulację temperatury może być preferowane ogrzewanie elektryczne, np. jeżeli temperatura produktu musi być utrzymywana stale w wąskim zakresie temperatur.

W przeszłości ogrzewanie elektryczne z regulacją temperatury w funkcji temperatury otoczenia było zwyczajowym dla zimowego przygotowania rurociągów wody, takich jak woda chłodząca, woda przeciwpożarowa i kondensat. Od wprowadzenia zaworów regulacyjnych pracujących w funkcji temperatury otoczenia wdrożono także parowe podgrzewanie tych systemów.

Konieczne jest również porównanie kosztów materiałów i montażu obu typów instalacji. Instalacja trwałych systemów pary i kondensatu stwarza mniej problemów i jest tańsza niż instalacja wrażliwych taśm grzewczych z drogimi akcesoriami w wykonaniu przeciwwybuchowym.

Koszty materiałów dla przeciwwybuchowego elektrycznego systemu ogrzewania towarzyszącego stanowiącego wyposażenie dla rurociągu produktu o średnicy 250 mmi długości 350 m oraz z wymogiem utrzymania temperatury 120°C był dwukrotnie wyższy niż koszty parowego systemu ogrzewania towarzyszącego dla tego samego zastosowania.

Na zakończenie należy porównać szczegółowe koszty robocze obu systemów. Sprawność związana z napędzaniem turbiny parą i generowaniem elektryczności, która z kolei jest wykorzystana w systemie ogrzewania towarzyszącego jest niska.

Cena pary i elektryczności jest oczywiście różna dla różnych zakładów i różnych krajów.

Aby mieć możliwość porównania kosztów pary i energii elektrycznej wyznaczymy ceny dla 1000 kJ. Należy zwrócić uwagę, że wstawiona cena pary jest ceną za tonę.

Stosujemy następujące wzory:

Ilość ciepła zawarta w tonie pary = około $2{,}1 \times 10^6$ kJ

$$\frac{\text{Cena pary} \bullet 1000}{2{,}1 \bullet 10^6} = \textbf{(cena) / 1000 kJ dla pary}$$

1kWh = 3600 kJ

$$\frac{\text{Cena elektryczności} \bullet 1000}{3600} = \textbf{(cena) / 1000 kJ dla elektryczności}$$

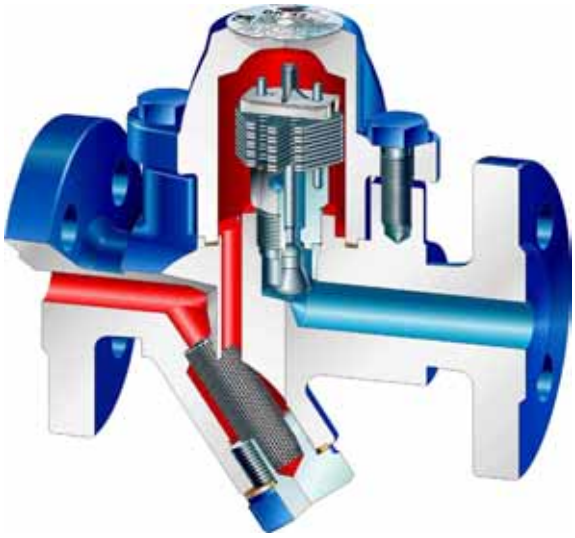
Obliczenia cen przy wykorzystaniu powyższych wzorów ujawnią, że cena podgrzewania parą jest niższa niż cena podgrzewania energią elektryczną.

12. Dodatek

12.1. Odwadniacze dla systemów ogrzewania towarzyszącego

12.1.1 Odwadniacz termostatyczny z regulatorem bimetalowym

GESTRA RHOMBUSLINE odwadniacz termostatyczny BK 45

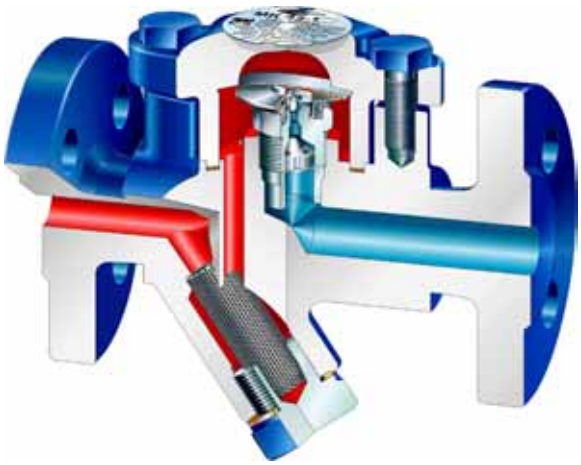


PN40, DN 15-25 mm ($^1/_2$ –1”), przyłącza: kołnierzowe, gwintowe, gniazda lub końcówki do spawania. Odwadniacze o mocnej konstrukcji i długiej żywotności. Z funkcja zaworu zwrotnego. Wbudowany osadnik typu Y, sitko dostępne po odkręceniu jednego korka zaślepiającego. Uszczelka korpus/pokrywa wielokrotnego użytku. Uznany ze względu na doskonałe osiągnięcia w instalacjach zewnętrznych, w milionach zastosowań, we wszystkich porach roku. Prosta konserwacja i naprawa bez demontażu odwadniacza z rurociągu.

Opcjonalnie z regulatorem odprowadzającym kondensat bez spiętrzenia lub też z pewnym przechłodzeniem (odzysk ciepła kondensatu przez spiętrzenie go w instalacji, zapobiega powstawaniu pary z rozprężania).

12.1.2 Odwadniacz termostatyczny z regulatorem membranowym

GESTRA RHOMBUSLINE odwadniacz termostatyczny MK45-1/MK45-2

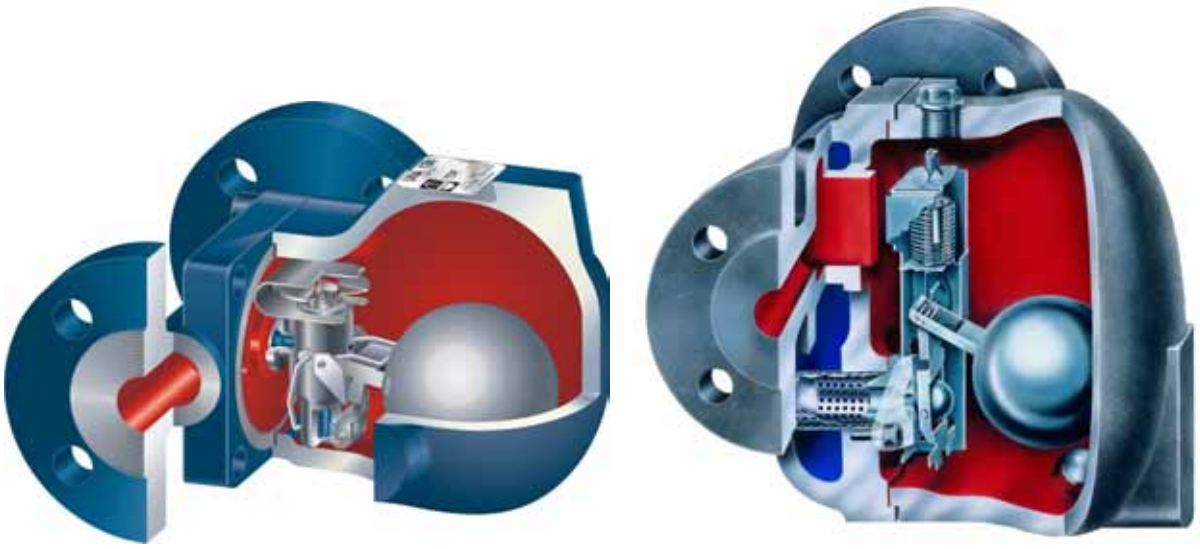


PN40, DN 15-25 mm ($^1/_2$ –1”), przyłącza: kołnierzowe, gwintowe, gniazda lub końcówki do spawania. Z podwójnym zamknięciem zaworu dla małych przepływów kondensatu. Z wbudowanym wydrążonym stożkiem o obniżonej masie pełniącym funkcję zaworu zwrotnego. Wbudowany osadnik typu Y, sitko dostępne po odkręceniu jednego korka zaślepiającego. Uszczelka korpus/ pokrywa wielokrotnego użytku.

Opcjonalnie z regulatorem odprowadzającym kondensat bez spiętrzenia lub też z pewnym przechłodzeniem (odzysk ciepła kondensatu przez spiętrzenie go w instalacji, zapobiega powstawaniu pary z rozprężania). Prosta konserwacja i naprawa bez demontażu odwadniacza z rurociągu.

12.1.3 Odwadniacz pływakowy z pływakiem kulowym

GESTRA odwadniacz pływakowy UNA 14/16 i UNA 23/25/26



PN 16-40, DN 15-50 mm ($^1/_2$ – 2”), przyłącza: kołnierzowe, gwintowe, gniazda lub końcówki do spawania. Konstrukcja dla montażu na poziomych lub pionowych rurociągach kondensatu.

Stosowany dla odwadniania całkowicie bez spiętrzenia kondensatu, a także dla odprowadzania zimnych kondensatów i destylatów.

Prosta konserwacja i naprawa bez demontażu odwadniacza z rurociągu.

12.2 Odwadniacze dla odprowadzania kondensatu z możliwości fabrycznej nastawy temperatury odprowadzanego kondensatu.

GESTRA RHOMBUSLINE odwadniacz UBK 46

PN40, DN 15-25 mm ($^1/_2$ –1”), przyłącza: kołnierzowe, gwintowe, gniazda lub końcówki do spawania. Wbudowany osadnik typu Y, sitko dostępne po odkręceniu jednego korka zaślepiającego. Uszczelka korpus/ pokrywa wielokrotnego użytku.

Stosowane w przypadku możliwości lub konieczności wykorzystania ciepła odpadowego kondensatu.
Zapewnia odprowadzanie kondensatu o temperaturze nie powodującej powstawania pary wtórnej z rozprężania.

Prosta konserwacja i naprawa bez demontażu odwadniacza z rurociągu.

12.3. RHOMBUSLINE to więcej niż tylko nowa linia wzornicza odwadniaczy GESTRA

Każdy kto miał do czynienia w swojej praktyce zawodowej z czynnikiem takim jak para wodna w instalacjach energetycznych spotkał się również z tematem odprowadzania kondensatu z tych instalacji, jak również z urządzeniem takim jak odwadniacz.

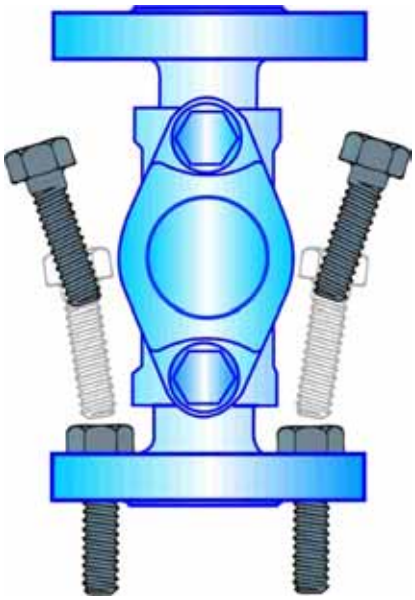
Znany na całym świecie niemiecki producent armatury z Bremy firma GESTRA GmbH i jej siostrzana firma **GESTRA Polonia** w Gdańsku od niepamiętnych już czasów mają w swoich programach produkcji całą gamę odwadniaczy dla przemysłowych instalacji odprowadzania kondensatu. Osoby, które zajmują się w zakładzie pracy gospodarką kondensatem, na pewno spotkały się z odwadniaczami termostatycznymi firmy GESTRA serii BK... lub MK...

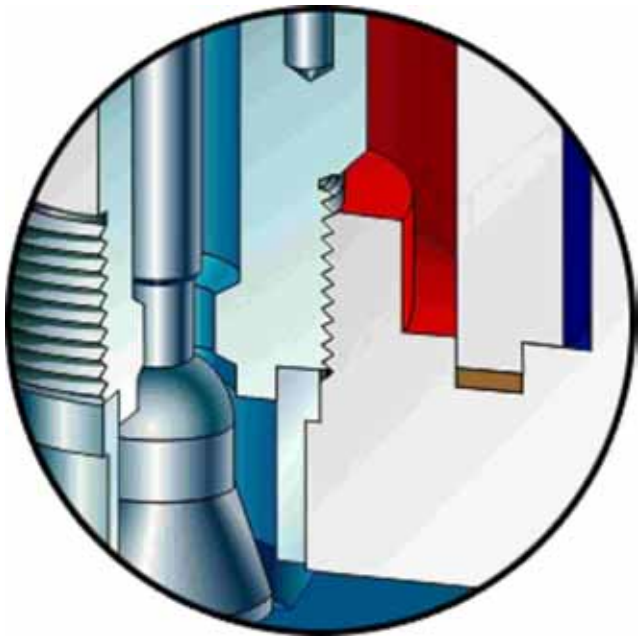
Dążenie do unifikacji, uproszczenia obsługi i łatwości montażu stają się zawsze czynnikami mobilizującymi producentów do ciągłego poprawiania i ulepszania swoich produktów, a także do obniżania nakładów ponoszonych na wykonanie i obsługę danego urządzenia. GESTRA zawsze bardzo dbała o rozwój swoich produktów. Między innymi dzięki temu utrzymuje pozycję lidera w głównym zakresie swojej produkcji. Dotyczy to przede wszystkim odwadniaczy termostatycznych.

Nowoczesna wzornicza linia konstrukcyjna popularnych typów odwadniaczy produkcji GESTRA wyraża nie tylko dbałość o atrakcyjność wizualną naszych produktów. Równocześnie z wprowadzeniem nowego kształtu korpusów określanych handlowo jako RHOMBUSline, wprowadzono szereg zmian konstrukcyjnych mających na celu poprawę funkcjonalności odwadniacza.

Nazwa RHOMBUSline objęła całą linię nowych odwadniaczy serii MK45 i BK45. Podstawową zmianą jaka została wprowadzona był kształt pokrywy korpusu odwadniacza. Do tej pory pokrywa odwadniaczy termostatycznych typu MK i BK była mocowana do korpusu czterema śrubami; pokrywa w nowym odwadniaczu mocowana jest tylko dwiema. To podwyższa wygodę obsługi i zaoszczędza czas montażu.

Inną ważną zmianą w konstrukcji odwadniaczy była modernizacja uszczelnienia pomiędzy pokrywą a korpusem. Uszczelka została osadzona w rowku w kształcie pierścienia w korpusie odwadniacza, natomiast krawędź pokrywy stykającej się z korpusem wykonana została z wypustem, co tworzy z jednej strony mechaniczny zderzak z płaszczyzną korpusu odwadniacza wykluczając tym samym niekontrolowane zgniatanie uszczelki, a z drugiej strony jest powierzchnią dociskającą uszczelkę do powierzchni rowka . Dzięki temu uszczelka pozostaje zawsze w stanie sprężystym zapewniając odpowiednią szczelność połączenia. Wymiana uszczelki po każdym demontażu pokrywy nie jest również konieczna. Zaletą tego rozwiązania jest ponadto wyeliminowanie po pierwszym montażu ponownego dociągania śrub mocujących pokrywę odwadniacza.





Stosowane w poprzednich odwadniaczach cztery śruby (wraz z nakrętkami) do mocowania pokrywy stwarzały niedogodności w użytkowaniu tych odwadniaczy takie jak:

- stosowanie kilku narzędzi do rozkręcania połączenia pokrywy z korpusem odwadniacza,
- stosunkowo duży nakład czasu na montaż i demontaż,
- ograniczona ilość miejsca na włożenie śrub złączy kołnierzowych, gdy zaraz za odwadniaczem montowany był np. zawór zaporowy.

Zastosowane w RHOMBUSline rozwiązanie mocowania pokrywy dwiema śrubami eliminuje powyższe niedogodności. Zmieniono sposób uszczelnienia pomiędzy korpusem a regulatorem odwadniacza. Zrezygnowano z miękkiej uszczelki od strony napływu na połączenie gwintowane. W to miejsce zaproponowano sprawdzone uszczelnienie poprzez wprasowanie tulei metalowej w korpus odwadniacza od strony wypływu z połączenia gwintowanego. Ta koncepcja uszczelnienia została zastosowana i przetestowana z powodzeniem w odwadniaczu BK15. Dzięki temu nie występują problemy spowodowane przez niewłaściwe założenie uszczelki np. brak szczelności na gwintowanych częściach korpusu.

W oparciu o wieloletnie doświadczenia z odwadniaczami BK15, dla nowych odwadniaczy BK45 serii RHOMBUSline opracowano doskonalszy regulator. Dzięki zastosowaniu zastrzeżonego patentem kształtu płytki bimetalicznej regulator odwadniacza BK45, złożony ze stosu płytek, reaguje znacznie szybciej na zmiany parametrów w instalacji pary i kondensatu w porównaniu do poprzednio stosowanych regulatorów.

Korzyści wynikające z zastosowania odwadniaczy serii RHOMBUSline:

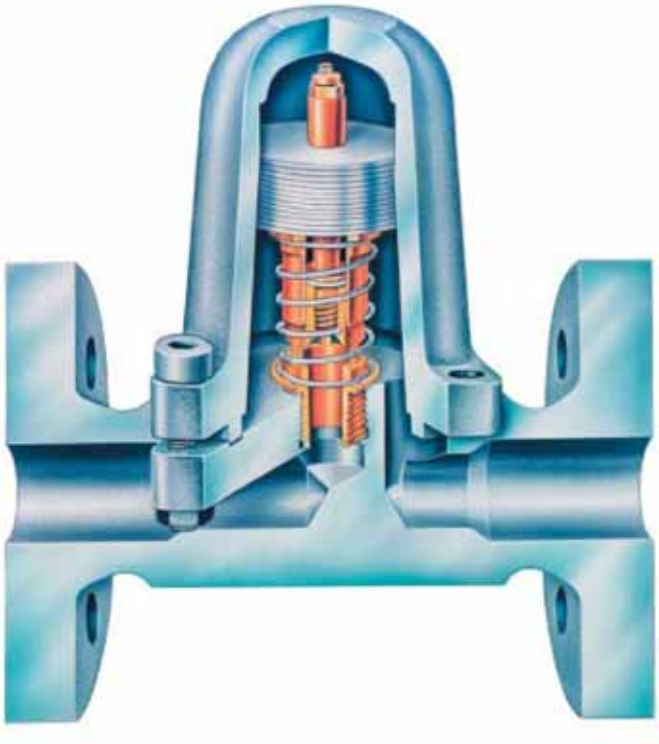
1. Nowy regulator reagujący szybciej na zmiany czynnika para / kondensat (BK45)
2. Kształt korpusu RHOMBUSline umożliwia swobodne wkładanie standardowych śrub łączących kołnierze zarówno od strony korpusu odwadniacza jak i od strony przeciwkołnierzy
3. Nie jest wymagana wymiana uszczelnienia pokrywa / korpus przy każdym otwarciu pokrywy odwadniacza
4. Montaż pokrywy odwadniacza za pomocą tylko dwóch śrub (zamiast czterech)
5. Zastosowany filtr siatkowy typu Y (o dużej powierzchni siatki do wyłapywania zanieczyszczeń) upraszcza czynności obsługowe związane z czyszczeniem filtra
6. Zastosowane uszczelnienie regulatora (wprasowana w korpus tuleja metalowa) zapobiega powstawaniu wewnętrznych przecieków
7. Po pierwszym uruchomieniu nie jest konieczne dociąganie uszczelki korpusu
8. Długość zabudowy zgodnie z obowiązującymi normami
9. Uproszczenie czynności obsługowych związanych z konserwacją odwadniaczy zapewnia wymierne oszczędności w ogólnych kosztach konserwacji
10. Uwzględnienie wymagań zawartych w normach DIN i ANSI.

12.4 Regulatory temperatury powrotnej dla systemów ogrzewania towarzyszącego wykorzystujących ciekłe nośniki ciepła.

GESTRA Calorimat BW

BW 31 dla wody pod cisnieniem
PN25 DN 15 – 50 mm ($^1/_2$ –2”), przyłącza kołnierzowe

BW 31a dla wysokotemperaturowych niskociśnieniowych cieczy grzewczych
PN25 DN 15 – 50 mm ($^1/_2$ –2”), przyłącza kołnierzowe



Temperatura zamykania nastawiana jest fabrycznie, na żądanie możliwe jest dostarczenie urządzenia z elementem nastawczym.

Praca tego urządzenia jest opisana w rozdziale 10.

12.5 Zawory i klapy zwrotne

12.5.1 Zawory zwrotne

GESTRA DISCO zawory zwrotne RK

Dla cieczy, gazów i par.

Wykonanie o krótkiej zabudowie, dla instalacji między kołnierzami rurociągu.
PN6 –160, DN 15-200 mm ($^1/_2$” – 8”)
Standardowe zawory dostępne w 14 wariantach materiałowych.

12.5.2 Klapy zwrotne

GESTRA DISCOCHECK klapy zwrotne dzielone BB

Dla cieczy, gazów i par.

Wykonanie o krótkiej zgodnej z DIN lub API zabudowie, dla instalacji między kołnierzami rurociągu.
PN6 –160, DN 50-1200 mm (2” – 30”). Niskie opory przepływu

W przypadku zainteresowania szczegółami lub pełną ofertą produktów firmy GESTRA prosimy o kontakt:

GESTRA Polonia Spółka z o.o.
80-172 Gdańsk, ul. Schuberta 104;
tel. (058) 306 10 10, fax (058) 306 33 00,
e-mail: gestra@gestra.pl
http://www.gestra.pl