

MASZYNY I URZĄDZENIA PRZEMYSŁU SPOŻYWCZEGO OGÓLNEGO ZASTOSOWANIA	N O R M A   B R A N Ż O W A	<b>BN-82</b>
	Wyposażenie zakładów zbiorowego żywienia	<b>2563-07</b>
	<b>Urządzenia grzejne parowe</b> Ogólne wymagania i badania	Grupa katalogowa 0478

## 1. WSTĘP

Przedmiotem normy są wymagania i badania dotyczące urządzeń grzejnych parowych niskociśnieniowych o nadciśnieniu do 0,05 MPa i temperaturze 110 °C przeznaczonych dla zakładów zbiorowego żywienia.

## 2. WYMAGANIA

**2.1. Materiał** — wg dokumentacji technicznej. Części i zespoły kooperowane powinny odpowiadać wymaganiom obowiązujących norm przedmiotowych lub dokumentacji technicznej.

**2.2. Wykonanie.** Niezawodność i sprawność urządzeń nie powinna pogarszać się podczas normalnej eksploatacji. Szybko zużywające się części powinny być zamienne oraz łatwe do wymiany. Konstrukcja poszczególnych części powinna uniemożliwiać ich nieprawidłowy montaż. Części urządzenia, ulegające zanieczyszczeniu podczas eksploatacji, powinny być łatwo dostępne, a ich czyszczenie powinno być możliwe bez użycia narzędzi oraz przemieszczania całego urządzenia. W przypadku gdy ścianki urządzenia nie dotykają podłogi, prześwit między podłogą a dolną krawędzią obudowy powinien wynosić co najmniej 100 mm. Zawory, przewody wodne, parowe i odprowadzenia skroplin powinny być szczelne po powtórny montażu.

### 2.3. Armatura parowa

**2.3.1. Zawór parowy.** Urządzenie powinno być wyposażone w zawór odcinający dopływ pary, przystosowany do pracy z parą o niskim ciśnieniu.

**2.3.2. Regulator zużycia pary.** Urządzenie powinno być wyposażone w automatyczny, półautomatyczny lub ręczny zawór umożliwiający regulację zużycia pary, który może być jednocześnie zaworem odcinającym.

**2.3.3. Zawór zabezpieczający.** Urządzenie z ogrzewaczem wykonanym w postaci płaszcza parowo-wodnego, powinno mieć zawór zabezpieczający, odprowadzający powietrze do otoczenia, a w przypadku gdy urządzenie nie wytrzyma podciśnienia bez odkształceń — zawór doprowadzający powietrze. Zawór próżniowy w ogrzewaczu powinien otwierać się automatycznie przy podciśnieniu 0,1 MPa.

Zawór odprowadzający powietrze może działać automatycznie lub być regulowany ręcznie

**2.3.4. Odwadniacz.** Urządzenie powinno być wyposażone w odwadniacz do automatycznego lub ciągłego odprowadzania skroplin i uniemożliwienie przepływu pary.

**2.3.5. Przyłączenie przewodu parowego.** Każde urządzenie powinno mieć przymocowany na stałe króciec parowy. Położenie króćca powinno umożliwiać łatwe podłączenie urządzenia do instalacji parowej. Minimalna średnica króćca powinna być nie mniejsza od 13 mm i uzależniona od zużycia pary.

**2.3.6. Ogrzewacz.** W celu zapewnienia właściwej wymiany ciepła podczas kondensacji pary i prawidłowego odprowadzenia skroplin do odwadniacza, urządzenie powinno mieć ogrzewacz wykonany z materiału odpornego na korozję lub pokrytego powłoką antykorozyjną na powierzchniach wewnętrznych i zewnętrznych.

### 2.4. Główne zespoły

**2.4.1. Mechanizm przechyłu.** Jeżeli urządzenie jest wyposażone w mechanizm przechyłu, to powinien on zapewniać równomierny przechyl zbiornika oraz całkowite jego opróżnienie przy użyciu siły nie większej niż 60 N. Samoczynny przechyl jest niedopuszczalny.

**2.4.2. Urządzenie spustowe** powinno być umieszczone w najniższym punkcie zbiornika warzelnego i mieć zawór odcinający lub kurek uniemożliwiający samoczynne opróżnienie zbiornika oraz siatkę do zatrzymywania części stałych, łatwą do zdejmowania w celu oczyszczenia. Powinno ono zapewnić całkowite opróżnienie zbiornika warzelnego bez rozbryzgiwania, w przypadku gdy urządzenie nie ma mechanizmu przechyłu.

**2.4.3. Urządzenie do napełniania** powinno zapewniać napełnianie zbiornika warzelnego wodą bez rozbryzgiwania i uniemożliwiać powrót wody ze zbiornika warzelnego do rury zasilającej.

**2.4.4. Kocioł warzelny.** Kotły warzelne o pojemności do 100 dm<sup>3</sup> mogą być przechylne lub stacjonarne. Kotły o pojemności powyżej 100 dm<sup>3</sup> powinny być stacjonarne oraz wyposażone w urządzenie do napełniania, opróżniania i pokrywę. Pokrywa kotła powinna mieć uchwyty zapewniający bezpieczne otwieranie. Nie zdejmowana pokrywa powinna utrzymywać się w dowolnym położeniu podczas otwierania, przy czym maksymalny kąt jej otwarcia nie powinien być większy niż 95°. Zdejmowaną pokrywą należy stosować tylko w przypadku kotłów o pojemności do 60 dm<sup>3</sup>. Konstrukcja

Zgłoszona przez Instytut Maszyn Spożywczych  
Ustanowiona przez Dyrektora Instytutu Maszyn Spożywczych dnia 26 kwietnia 1982 r.  
jako norma obowiązująca od dnia 1 października 1982 r.  
(Dz. Norm. i Miar nr 12/1982 poz. 25)

pokrywy powinna zapewniać spływ skroplin do kotła warzelnego oraz hermetyczne lub swobodne zamknięcie kotła.

Pokrywa zamykająca kocioł hermetycznie powinna mieć zawór bezpieczeństwa uniemożliwiający wzrost ciśnienia w zbiorniku warzelnym powyżej 5 MPa. Śruby mocujące pokrywę powinny być zakręcane i odkręcane ręcznie oraz zapewniać szczelne zamknięcie zbiornika warzelnego.

**2.4.5. Bema (wanna do podgrzewania potraw)** powinien być wyposażony w urządzenie napełniające, przelewowe i opróżniające. Urządzenie przelewowe powinno być umieszczone w taki sposób, aby po ustawieniu pojemników z żywnością nie następowało przelewanie się wody. Konstrukcja górnej płyty bema powinna zapewniać stabilne ustawienie pojemników z żywnością w położeniu roboczym oraz nie zakłócony obieg wody, a także po ustawieniu pojemników z żywnością wykluczać możliwość uszkodzenia lub wpływu obciążeń mechanicznych na czujnik termostatu urządzenia nagrzewającego. Położenie czujnika termostatu nie powinno utrudniać oczyszczenia wanny bema. W przypadku bema o kilku wannach z różnymi zakresami temperatur nie powinny one wzajemnie na siebie oddziaływać.

Nie dopuszcza się pokrywania wanny bema powłokami galwanicznymi.

## 2.5. Regulacja temperatury

**2.5.1. Wymagania ogólne.** Różnica temperatur pomiędzy poszczególnymi oznakowanymi położeniami regulatora temperatury powinna być w przybliżeniu równa. Dopuszczalna odchyłka temperatury od temperatury wskazanej położeniem regulatora wynosi  $\pm 5$  °C.

**2.5.2. Termostaty bema.** W przypadku zastosowania termostatu zapewniającego utrzymywanie stałej temperatury oraz w przypadku bema bez termostatu, temperatura robocza w wannie nie powinna przekraczać 85 °C. Zastosowanie termostatu utrzymującego określony zakres temperatur powinno zapewnić uzyskanie w wannie bema temperatury od 50 do 85 °C.

**2.5.3. Termostaty szafy grzejnej.** W przypadku zastosowania termostatu, w geometrycznym środku przestrzeni roboczej szafy (przy znamionowym zużyciu pary) temperatura powietrza powinna wynosić 80 °C i być utrzymywana z dokładnością  $\pm 5$  °C. W szafach grzejnych bez termostatu temperatura powietrza w geometrycznym środku przestrzeni roboczej powinna być nie niższa niż 80 °C.

## 2.6. Wytrzymałość mechaniczna i szczelność urządzenia

**2.6.1. Uchwyty i inne elementy,** których uszkodzenie może zagrażać bezpiecznej eksploatacji urządzenia powinny być odporne na uderzenia siłą nie mniejszą niż 0,3 N · m.

**2.6.2. Elementy doprowadzające parę.** Przewody instalacji parowej, armatura parowa, ogrzewacz i miejsca ich połączeń powinny być szczelne podczas próby przy nadciśnieniu 0,1 MPa.

Łączniki rurowe instalacji parowej nie powinny być lutowane lutem miękkim.

**2.6.3. Elementy doprowadzające wodę.** Przewody instalacji wodnej i armatura wodna powinny być szczelne podczas próby przy nadciśnieniu wody 1,0 MPa. Zbiorniki warzelne, wanny, urządzenia spustowe i przelewowe powinny być szczelne.

**2.7. Zużycie pary.** W czasie rozgrzewu urządzenia przy nadciśnieniu 0,04 MPa zużycie pary w przeliczeniu na parę suchą nasyconą powinno być zgodne z założonym. Dopuszczalna odchyłka  $\pm 10$  %.

**2.8. Temperatura nagrzewania części.** Dopuszczalne temperatury nagrzewania części podczas eksploatacji i temperaturze otoczenia  $20 \pm 5$  °C nie powinny być wyższe niż:

- uchwytów metalowych 45 °C,
- uchwytów ceramicznych 55 °C,
- uchwytów z tworzyw sztucznych 70 °C,
- urządzeń termostatu 120 °C,
- zaworów i urządzeń zabezpieczających 90 °C,
- podłoża pod urządzeniem 80 °C,
- przedniej ściany obudowy 100 °C.

## 2.9. Czas rozgrzewu

**2.9.1. Czas rozgrzewu wody** w kotle i wannie bema w minutach od temperatury  $20 \pm 1$  do 90 °C uzależniony jest od pojemności V w dm<sup>3</sup> kotła i wanny bema i powinien odpowiadać wartościom podanym w tabl. 1

Tablica 1

Nazwa urządzenia	Pojemność znamionowa	Czas rozgrzewu w min. nie więcej niż
Kocioł	do 40	15
	ponad 40	$6,5 \sqrt[3]{V}$
Wanna bema	do 30	15
	ponad 30	0,5 V

**2.9.2. Czas rozgrzewu szafy** w minutach to jest nagrzania powietrza w geometrycznym środku szafy od temperatury  $20 \pm 5$  do 80 °C nie powinien przekraczać 45 min.

**2.10. Sprawność cieplna kotła warzelnego** nie powinna być mniejsza niż 75 %.

**2.11. Cechowanie.** Każde urządzenie powinno mieć trwale przymocowane w widocznym miejscu tabliczki znamionowe wg BN-74/2406-01, na których należy umieścić co najmniej:

- nazwę lub znak wytwórcy,
- nazwę wyrobu,
- numer fabryczny,
- rok produkcji,
- masę urządzenia, kg,
- zużycie pary, kg/h,
- temperaturę maksymalną pary, °C,
- ciśnienie robocze pary, MPa,
- znamionową pojemność urządzenia, dm<sup>3</sup>.

## 3. PAKOWANIE, PRZECHOWYWANIE I TRANSPORT

Pakowanie, przechowywanie i transport — wg BN-77/4950-01.



## 4. BADANIA

### 4.1. Program badań — wg tabl. 2.

Tablica 2

Lp.	Rodzaje badań	Zakres badań		Wymagania wg	Opis badań wg
		pełne	niepełne		
1	2	3	4	5	6
1	Sprawdzenie materiału	+	+	2.1	4.2.1
2	Sprawdzenie wykonania	+	+	2.2	4.2.2
3	Sprawdzenie armatury parowej	+	-	2.3	4.2.3
4	Sprawdzenie mechanizmu przechyłu	+	+	2.4.1	4.2.4
5	Sprawdzenie urządzenia spustowego	+	-	2.4.2	4.2.5
6	Sprawdzenie urządzenia do napełniania	+	-	2.4.3	4.2.6
7	Sprawdzenie działania kotła warzelnego	+	-	2.4.4	4.2.7
8	Sprawdzenie bamaru	+	-	2.4.5	4.2.8
9	Sprawdzenie termoregulatora bamaru	+	-	2.5.1 2.5.2	4.2.9
10	Sprawdzenie termoregulatora szafy grzejnej	+	-	2.5.1, 2.5.3	4.2.10
11	Sprawdzenie uchwytów i elementów	+	-	2.6.1	4.2.11
12	Sprawdzenie elementów doprowadzających parę	+	+	2.6.2	4.2.12
13	Sprawdzenie elementów doprowadzających wodę	+	+	2.6.3	4.2.13
14	Sprawdzenie zużycia pary	+	-	2.7	4.2.14
15	Sprawdzenie nagrzewania się części	+	-	2.8	4.2.15
16	Sprawdzenie czasu rozgrzewu	+	-	2.9.1	4.2.16
17	Sprawdzenie sprawności cieplnej kotła	+	-	2.10	4.2.17
18	Sprawdzenie cechowania	+	+	2.11	4.2.18

Badania pełne należy przeprowadzać każdorazowo dla oceny nowych konstrukcji i technologii, okresowo co najmniej raz na 2 lata, oraz po przerwie w produkcji trwającej dłużej niż pół roku i w wypadku wprowadzenia zmian konstrukcyjnych, materiałowych lub technologicznych, które mogą mieć wpływ na jakość wyrobu.

Do badań pełnych należy pobrać z partii co najmniej jedno urządzenie. Liczba sztuk niedobrych w wyniku badań pełnych powinna być równa zero. Badania niepełne należy przeprowadzać w bieżącej produkcji oraz przy odbiorze każdej partii. Badaniom niepełnym należy poddać każde urządzenie.

### 4.2. Opis badań

**4.2.1. Sprawdzenie materiału.** Należy sprawdzić zaświadczenia i atesty materiałów użytych do wyrobu urządzeń.

**4.2.2. Sprawdzenie wykonania.** Sprawdzenie kształtu i wymiarów należy przeprowadzić za pomocą narzędzi pomiarowych o odpowiedniej dokładności.

**4.2.3. Sprawdzenie armatury parowej** należy wykonać podczas pracy urządzenia poprzez oględziny zewnętrzne i odpowiednie manipulacje.

**4.2.4. Sprawdzenie mechanizmu przechyłu.** Działanie mechanizmu przechyłu sprawdza się przez kilkakrotne przechylenie napełnionego wodą zbiornika warzelnego. Siłę potrzebną do przechylenia należy zmierzyć dynamometrem.

**4.2.5. Urządzenie spustowe.** Działanie urządzenia spustowego sprawdza się w czasie opróżniania zbiornika warzelnego z wody przez oględziny zewnętrzne i odpowiednie manipulacje.

**4.2.6. Urządzenie do napełniania** sprawdza się poprzez przyłączenie do sieci wodociągowej i napełnienie zbiornika wodą, oględziny zewnętrzne i odpowiednie manipulacje.

**4.2.7. Kocioł warzelny** sprawdza się poprzez oględziny i odpowiednie manipulacje. Działanie zaworu bezpieczeństwa należy sprawdzić w czasie pracy urządzenia wakuometrem.

**4.2.8. Bamar** należy sprawdzić poprzez oględziny i odpowiednie manipulacje. W czasie eksploatacji należy sprawdzić działanie urządzenia przelewowego przy nadciśnieniu 1 MPa.

**4.2.9. Termoregulator bamaru** należy sprawdzić przez napełnienie wanny bamaru wodą o temperaturze  $20 \pm 5$  °C do połowy pojemności znamionowej (lecz nie mniej niż 2 cm ponad poziom termoregulatora) i włączenie urządzenia. Termoregulator z regulacją skokową należy nastawić na maksymalne zużycie pary. Sprawdzenie działania termoregulatora przeprowadza się termometrem lub innym miernikiem temperatury, umieszczonym w geometrycznym środku wanny bamaru.

**4.2.10. Termoregulator szafy grzejnej** należy sprawdzić przez nastawienie go na znamionowe zużycie pary, a następnie zmierzenie temperatury za pomocą termopary lub miernika temperatury umieszczonego w geometrycznym środku przestrzeni wewnętrznej szafy.

**4.2.11. Sprawdzenie uchwytów i innych elementów** należy wykonać za pomocą przyrządów o odpowiedniej dokładności.

**4.2.12. Elementy doprowadzające parę.** Szczelność przewodów instalacji parowej, armatury parowej ogrzewacza oraz miejsc ich połączeń sprawdza się wodą o nadciśnieniu 0,1 MPa w ciągu 5 min. Podczas próby zawór bezpieczeństwa (jeżeli urządzenie go ma) oraz otwory dla wypływu skroplin powinny być zamknięte. Po przeprowadzonej próbie elementy nie powinny wykazywać trwałych odkształceń.

**4.2.13. Elementy doprowadzające wodę.** Szczelność przewodów instalacji wodnej i armatury wodnej sprawdza się wodą o nadciśnieniu 1 MPa. Czas trwania próby — 15 min. Próbę powtarza się przy otwartej arma-

turze wodnej przy ciśnieniu hydrostatycznym. Przeciaki wody oraz odkształcenia elementów są niedopuszczalne. Podczas sprawdzenia zbiorników urządzeń należy napełnić je wodą do krawędzi przy zamkniętym urządzeniu przelewowym. Czas trwania próby — nie krótszy niż 15 min. Urządzenie spustowe i przelewowe sprawdza się przy napełnionym zbiorniku, otwartym urządzeniu do napełniania i nadciśnieniu w przewodach wodnych 1 MPa. Czas trwania próby — nie krótszy niż 10 min.

**4.2.14. Sprawdzenie zużycia pary.** W celu sprawdzenia zużycia pary należy zebrać powstałe w czasie podgrzewania skropliny i zważyć je. Czas podgrzewania zmierzyć sekundomierzem. Zużycie pary  $D$  w kg/h w przeliczeniu na parę suchą nasyconą oblicza się wg wzoru

$$D = \frac{D_k \cdot x \cdot 60}{T} \quad (1)$$

w którym:

$D_k$  — masa skroplin, kg;

$T$  — czas pomiaru, min,

$x$  — stopień suchości pary, kg/kg.

Dla pary suchej nasyconej  $x = 1$  kg/kg.

Jeżeli w czasie prób stosuje się tylko parę mokrą, to stopień suchości pary określa się jedną z metod wg załącznika.

**4.2.15. Sprawdzenie nagrzewania części** należy przeprowadzić termometrami termoelektrycznymi lub innymi miernikami temperatury, których dokładność pomiaru odpowiada wymaganiom załącznika.

**4.2.16. Sprawdzenie czasu rozgrzewu** kotła i bamaru należy przeprowadzać po napełnieniu ich znamionową ilością wody i eksploataowaniu przy nadciśnieniu pary 0,04 MPa.

Sprawdzenie czasu rozgrzewu szafy grzejnej należy przeprowadzać przy zamkniętych drzwiczkach i nadciśnieniu pary 0,04 MPa.

Czas osiągnięcia temperatury w geometrycznym środku zbiornika warzelnego, wanny bamaru i szafy określa się sekundomierzem. Temperaturę wody w zbiorniku warzelnym i wannie bamaru lub powietrza w szafie grzejnej należy mierzyć w odstępach czasu 5 minutowych termometrem, którego dokładność pomiaru odpowiada wymaganiom wg załącznika.

**4.2.17. Sprawdzenie sprawności cieplnej.** Sprawność cieplną kotła warzelnego określa się przez napełnienie

zbiornika warzelnego znamionową ilością wody, zamknięcie pokrywą i eksploataowanie przy nadciśnieniu pary 0,04 MPa.

Temperatura początkowa wody w geometrycznym środku zbiornika warzelnego powinna wynosić  $20 \pm 1$  °C. Pomiar temperatury należy wykonać termometrem z dokładnością do 0,5 °C.

Po osiągnięciu przez wodę temperatury 95 °C przerywa się dopływ pary. Jako temperaturę końcową przyjmuje się temperaturę wody, która została osiągnięta po przerwaniu dopływu pary. Powstające w czasie próby skropliny należy zebrać i określić ich masę w kg. Sprawność cieplną  $\eta$  w % obliczyć wg wzoru

$$\eta = \frac{m_w \cdot c \cdot \Delta t}{D_k \cdot h''} \cdot 100 \quad (2)$$

w którym:

$m_w$  — masa wody, kg,

$\Delta t = (t_2 - t_1)$  przyrost temperatury wody, °C,

$t_1$  — temperatura początkowa wody, °C,

$t_2$  — temperatura końcowa wody, °C,

$D_k$  — masa skroplin, kg,

$c$  — ciepło właściwe wody, kJ/kg°C,

$h''$  — entalpia pary suchej nasyconej, kJ/kg.

Podczas pracy z parą mokrą zamiast entalpii pary suchej nasyconej  $h''$  do wzoru podstawia się entalpię pary mokrej. Entalpią pary mokrej  $h$  określa się jedną z metod w załączniku.

**4.2.18. Sprawdzenie cechowania.** Kompletność danych na tabliczkach znamionowych sprawdza się przez oględziny. Trwałość napisów sprawdza się przez pocieranie przez 15 s mokrą szmatką, a następnie przez 15 s szmatką nasyconą benzyną. Po próbie napisy powinny być wyraźne i czytelne, a zamocowanie tabliczek nie powinno ulec osłabieniu.

**4.3. Ocena wyników badań.** Urządzenia należy uznać za dobre, jeżeli wszystkie badania wg 4.1 dadzą wyniki dodatnie. Urządzenia należy uznać za niezgodne z normą, jeżeli jedno z badań wg 4.1 uzyska wynik negatywny.

**4.4. Postępowanie z wyrobem niezgodnym z wymaganiami normy.** Urządzenia grzejne uznane za wykonane niezgodnie z niniejszą normą należy poprawić i ponownie przedstawić do odbioru.

K O N I E C

METODA OBLICZANIA STOPNIA SUCHOŚCI  $x$  PARY MOKREJ

a) Kalorymetr przepływowy składa się z zamkniętego metalowego zbiornika o dobrej izolacji cieplnej, w środku którego umieszczona jest wężownica, przez którą przepływa badana para (rys. Z1). Przez zbiornik kalorymetru przepływa zimna woda w kierunku przeciwnym do kierunku przepływu pary. Para ulega skropleniu w wężownicy. Ilość skroplin  $D_{kk}$  pobrana w mierzonym okresie czasu  $T$  z kalorymetru poprzez skraplacz powinna odpowiadać ilości pary, która przepłynęła przez kalorymetr. Nadciśnienie pary  $p$  i temperaturę pary należy mierzyć przed wejściem do kalorymetru. Również należy zmierzyć ilość wody chłodzącej  $m_{wk}$  przepływającej w tym czasie przez kalorymetr, oraz jej temperaturę na wejściu i wyjściu z kalorymetru.

Na podstawie uzyskanych parametrów układu się bilans cieplny:

$$D_{kk} (h - ct_k) = m_{wk} \cdot c (t_2 - t_1)$$

stąd entalpia pary mokrej

$$h = c \left( t_k + \frac{m_{wk}}{D_{kk}} \Delta t \right) = h' + x \cdot r$$

stąd stopień suchości pary

$$x = \frac{1}{r} \left[ c \left( t_k + \frac{m_{wk}}{D_{kk}} \cdot \Delta t \right) - h' \right]$$

w którym:

$t_k$  — temperatura skroplin, °C,

$\Delta t = (t_2 - t_1)$  różnica temperatury wody na wejściu i wyjściu, °C,

$t_1$  — temperatura wody na wejściu, °C,

$t_2$  — temperatura wody na wyjściu, °C,

$m_{wk}$  — masa wody, kg,

$D_{kk}$  — masa skroplin, kg,

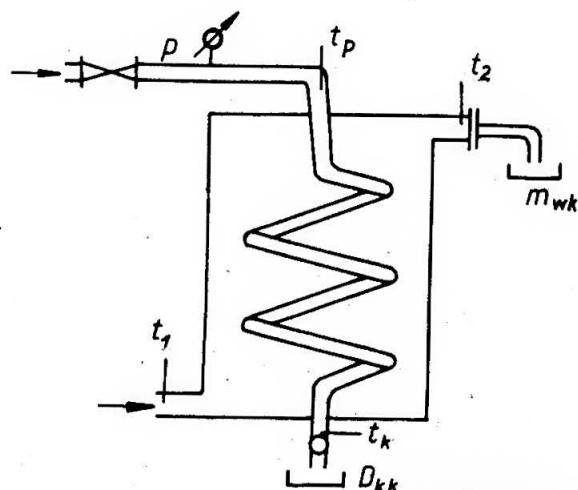
$h$  — entalpia pary mokrej, kJ/kg,

$h'$  — entalpia wrzącej wody, kJ/kg,

$x$  — stopień suchości pary, kg/kg,

$r$  — ciepło parowania wody, kJ/kg,

$c$  — ciepło właściwe wody, kJ/(kg · °C).



BN-82/2563-07-Z-1

Rys. Z-1

b) Kalorymetr cieczowy składa się z izolowanego cieplnie metalowego zbiornika, który podłączony jest do izolowanego cieplnie przewodu doprowadzającego parę i przewodu doprowadzającego wodę. Zbiornik kalorymetru napełnia się wodą do 1/2 jego objętości, określa masę wody  $m_{1M}$  i jej temperaturę  $t_{1M}$ .

Następnie przewodem doprowadza się parę do kalorymetru oraz mierzy się ciśnienie  $p$  i temperaturę  $t_D$  pary przed wejściem do kalorymetru.

Ponadto należy określić masę wody  $m_{2M}$  otrzymanej ze skraplania pary, a także jej temperaturę  $t_{2M}$ .

Na podstawie uzyskanych parametrów układu się bilans cieplny

$$m_{1M} \cdot c \cdot t_{1M} + (m_{2M} - m_{1M}) \cdot h = m_{2M} \cdot c \cdot t_{2M}$$

Stąd entalpia pary mokrej

$$h = \frac{c (m_{2M} \cdot t_{2M} - m_{1M} \cdot t_{1M})}{m_{2M} - m_{1M}} = h' + x \cdot r$$

Stąd stopień suchości pary

$$x = \frac{1}{r} \cdot \left[ \frac{c (m_{2M} \cdot t_{2M} - m_{1M} \cdot t_{1M})}{m_{2M} - m_{1M}} - h' \right]$$

w którym:

$t_{1M}$  — temperatura wody w kalorymetrze przed doprowadzeniem pary, °C,

$t_{2M}$  — temperatura wody w kalorymetrze po skropleniu pary, °C,

$m_{1M}$  — masa wody w kalorymetrze przed doprowadzeniem pary, kg,

$m_{2M}$  — masa wody w kalorymetrze po skropleniu pary, kg,

$h$  — entalpia pary mokrej, kJ/kg,

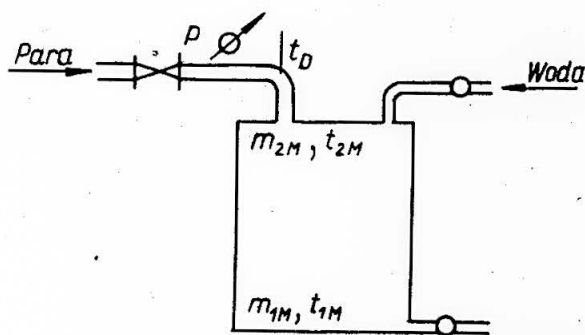
$h'$  — entalpia wrzącej wody, kJ/kg,

$r$  — ciepło parowania wody, kJ/kg,

$x$  — stopień suchości pary, kg/kg,

$c$  — ciepło właściwe wody, kJ/(kg · °C),

$p$  — ciśnienie pary, Pa.



BN-82/2563-07-Z-2

Rys. Z-2