

MASZYNY I URZĄDZENIA CHŁODNICZE	N O R M A B R A N Ż O W A	BN-84
	Przemysłowe urządzenia chłodnicze Skraplacze chłodzone cieczą Badania	2550-07
		Grupa katalogowa 0489

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP

- 1.1. Przedmiot normy
- 1.2. Rodzaje i cel badań
- 1.3. Zakres stosowania przedmiotu normy
- 1.4. Określenia
 - 1.4.1. wydajność cieplna skraplacza (strumień ciepła przekazywany w skraplaczu)
 - 1.4.2. obciążenie cieplne powierzchni skraplacza (zagęszczenie strumienia ciepła na zewnętrznej powierzchni wymiany ciepła)
 - 1.4.3. pole zewnętrznej powierzchni wymiany ciepła
 - 1.4.4. główna różnica temperatur w skraplaczu
 - 1.4.5. współczynnik przenikania ciepła w skraplaczu
 - 1.4.6. stan pomiarowy (ustalone warunki pomiaru)
- 1.5. Symbole i jednostki wielkości stosowanych w normie
- 1.6. Wskaźniki dolne (indeksy) wielkości w przekrojach przepływowych

2. WYTYCZNE OGÓLNE

- 2.1. Pomiar główny i pomiar potwierdzający
- 2.2. Dobór metod pomiarowych
- 2.3. Przygotowanie do pomiarów
- 2.4. Ustalenie warunków pomiaru

3. PRZYRZĄDY POMIAROWE

- 3.1. Postanowienia ogólne
- 3.2. Przyrządy do pomiaru temperatury
- 3.3. Przyrządy do pomiaru ciśnienia
- 3.4. Przyrządy do pomiaru strumienia masy czynnika skraplanego
- 3.5. Przyrządy do pomiaru strumienia masy cieczy chłodzącej
- 3.6. Przyrządy pomiarowe o mniejszej dokładności

4. SPOSÓB POMIARU

- 4.1. Sposób przeprowadzenia pomiarów podczas badań laboratoryjnych
- 4.2. Sposób przeprowadzenia pomiarów podczas badań w instalacji
- 4.3. Odczyty wartości wielkości mierzonych

5. METODY OKREŚLANIA WIELKOŚCI
MIERZONYCH BEZPOŚREDNIO

- 5.1. Metody pomiaru temperatur i ciśnień czynników płynących w rurociągach
- 5.2. Metody pomiaru przyrostu temperatury cieczy chłodzącej
- 5.3. Metody pomiaru spadku ciśnienia cieczy chłodzącej w skraplaczu
- 5.4. Metody pomiaru strumienia masy czynnika skraplanego
- 5.5. Metody pomiaru strumienia masy cieczy chłodzącej

6. METODY OKREŚLANIA WIELKOŚCI
MIERZONYCH POŚREDNIO

- 6.1. Metody określania wydajności cieplnej skraplacza (strumienia ciepła przekazywanego w skraplaczu)
 - 6.1.1. Postanowienia ogólne
 - 6.1.2. Metoda A — bilans skraplacza po stronie cieczy chłodzącej
 - 6.1.3. Metoda B — bilans skraplacza po stronie czynnika skraplanego
 - 6.1.4. Metoda B1 — bilans skraplacza po stronie czynnika skraplanego sporządzony na podstawie charakterystyki sprężarki
 - 6.1.5. Metoda B2 — bilans skraplacza po stronie czynnika skraplanego sporządzony na podstawie bilansu parowacza
- 6.2. Metoda określania głównej różnicy temperatur oraz współczynnika przenikania ciepła

7. OPRACOWANIE WYNIKÓW BADAŃ

- 7.1. Opracowanie wyników przy użyciu ETO
- 7.2. Opracowanie wyników badań w instalacji
- 7.3. Maksymalny błąd określenia wydajności cieplnej skraplacza

8. SPRAWOZDANIE Z BADAŃ

INFORMACJE DODATKOWE

Zgłoszona przez Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Przemysłu Budowy Urządzeń Chemicznych CEBEA
 Ustanowiona przez Dyrektora Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Podstaw Technologii i Konstrukcji Maszyn TEKOMA
 dnia 12 maja 1984 r. jako norma obowiązująca od dnia 1 stycznia 1985 r.
 (Dz. Norm. i Miar nr 14/1984 poz. 28)

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są rodzaje badań i metody pomiarów stosowane przy doświadczalnym wyznaczaniu wydajności cieplnej i innych wielkości charakterystycznych skraplaczy czynników chłodniczych. Norma dotyczy skraplaczy, w których czynnikiem odbierającym ciepło skraplania jest ciecz.

1.2. Rodzaje i cel badań. Rozróżnia się następujące rodzaje badań skraplaczy chłodzonych cieczami:

a) wyznaczenie charakterystyk skraplaczy na stanowisku umożliwiającym zmiany warunków działania w szerokim zakresie, nazywane dalej badaniami laboratoryjnymi,

b) atestacyjne, odbiorowe lub gwarancyjne, prowadzone w instalacji u użytkownika, nazywane dalej badaniami skraplacza w instalacji.

Celem badań laboratoryjnych skraplaczy jest określenie wydajności cieplnej wymiennika oraz innych wielkości charakterystycznych w różnych warunkach działania skraplacza, obejmujących możliwie szeroki zakres zmienności parametrów.

Badania laboratoryjne powinny być wykonywane:

— przed uruchomieniem seryjnej produkcji nowego typoszerogu wymienników, gdy istnieje potrzeba ekstrapolacji wyników na inne wielkości wymienników,

— gdy zachodzi potrzeba weryfikacji lub modernizacji modeli i algorytmów obliczeniowych lub programów na EMC służących do przewidywania strumienia ciepła przekazywanego w skraplaczu,

— gdy wyniki mają być podstawą dla opracowania kart katalogowych zawierających charakterystykę energetyczną wymiennika.

Celem badań skraplacza w instalacji jest określenie wydajności cieplnej aparatu oraz innych wielkości charakterystycznych w warunkach działania przyjętych za nominalne lub w typowych warunkach, w jakich działa skraplacz w danej instalacji. Wyniki tych badań powinny służyć jako podstawa dla odbioru w ruchu wymienników indywidualnie wykonywanych, jako weryfikacja danych katalogowych dla aparatów produkcji seryjnej oraz jako podstawa odbioru wymienników po remoncie lub naprawie gwarancyjnej.

1.3. Zakres stosowania przedmiotu normy. Norma obejmuje metody i sposoby pomiarów w trakcie badań laboratoryjnych oraz przy badaniach skraplaczy w instalacji dla określenia następujących wielkości:

- wydajności cieplnej skraplacza,
- głównej różnicy temperatur w skraplaczu,
- strumienia masy cieczy chłodzącej,
- współczynnika przenikania ciepła,
- oporów przepływu cieczy chłodzącej.

Metody podane w normie dla badań laboratoryjnych zapewniają dokładność wymaganą przy sporządzaniu doświadczalnych charakterystyk energetycznych aparatu.

Metody stosowane dla badań w instalacji charakteryzują się dokładnością wystarczającą dla warunków odbioru wymiennika w ruchu.

1.4. Określenia

1.4.1. wydajność cieplna skraplacza (strumień ciepła przekazywany w skraplaczu) — ilość energii przekazywana w postaci ciepła od czynnika skraplanego do cieczy chłodzącej w jednostce czasu.

1.4.2. obciążenie cieplne powierzchni skraplacza (zaęszczenie strumienia ciepła na zewnętrznej powierzchni wymiany ciepła) — wydajność cieplna skraplacza przypadająca na jednostkę pola zewnętrznej powierzchni wymiany ciepła.

1.4.3. pole zewnętrznej powierzchni wymiany ciepła — pole większej z dwóch powierzchni, na których następuje kontakt czynników z elementami konstrukcyjnymi stanowiącymi przeponeę wymiennika.

1.4.4. główna różnica temperatur w skraplaczu — średnia logarytmiczna z różnic temperatur czynnika skraplanego i cieczy chłodzącej na dopływie i odpływie z wymiennika.

1.4.5. współczynnik przenikania ciepła w skraplaczu — wydajność cieplna skraplacza odniesiona do jednostki głównej różnicy temperatur i przypadająca na jednostkę pola zewnętrznej powierzchni wymiany ciepła.

1.4.6. stan pomiarowy (ustalone warunki pomiaru) — stan równowagi termodynamicznej układu, przy którym dokonuje się rejestracji wielkości mierzonych.

1.5. Symbole i jednostki wielkości stosowanych w normie — wg tabl. 1.

Tablica 1

Symbol	Jednostka miary	Nazwa wielkości
A	m^2	pole zewnętrznej powierzchni wymiany ciepła w skraplaczu
C_{pw}	$J/(kg \cdot K)$	ciepło właściwe cieczy chłodzącej skraplacz
C_{pz}	$J/(kg \cdot K)$	ciepło właściwe cieczy oziębianej w parowaczu
h	J/kg	entalpia właściwa czynnika skraplanego
k	$W/(m^2 \cdot K)$	współczynnik przenikania ciepła
p	Pa	ciśnienie absolutne czynnika skraplanego
Δp_w	Pa	spadek ciśnienia cieczy chłodzącej w skraplaczu
q_{mc}	kg/s	strumień masy (masowe natężenie przepływu) czynnika skraplanego
q_{mw}	kg/s	strumień masy (masowe natężenie przepływu) cieczy chłodzącej w skraplaczu
q_{mz}	kg/s	strumień masy (masowe natężenie przepływu) cieczy oziębianej w parowaczu
t	$^{\circ}C$	temperatura czynnika skraplanego
t_n	$^{\circ}C$	temperatura nasycenia czynnika przy ciśnieniu p
t_{wd}	$^{\circ}C$	temperatura cieczy chłodzącej skraplacz na dopływie do skraplacza
t_{ww}	$^{\circ}C$	temperatura cieczy chłodzącej skraplacz na wypływie ze skraplacza

cd. tabl. 1

Symbol	Jednostka miary	Nazwa wielkości
Δt_w	K	przyrost temperatury cieczy chłodzącej w skraplaczu
t_{zd}	°C	temperatura cieczy oziębianej na dopływie do parowacza
t_{zw}	°C	temperatura cieczy oziębianej na wypływie z parowacza
Δt_z	K	spadek temperatury cieczy oziębianej w parowacu
Δt_m	K	główna różnica temperatur w skraplaczu
$\langle \dot{Q} \rangle_k$	W	wydajność cieplna skraplacza
$\dot{Q}_0$	W	wydajność chłodnicza parowacza
φ	W/m ²	gęstość strumienia ciepłego (obciążenie cieplne powierzchni w skraplaczu)

1.6. Wskaźniki dolne (indeksy) wielkości w przekrojach przepływowych — wg tabl. 2.

Tablica 2

Wskaźnik dolny (indeks)	Przekrój przepływowy
1	na tłoczeniu sprężarki
2	na dopływie do skraplacza
3	na wypływie ze skraplacza
4	przed zaworem rozprężonym w obiegu
5	na wypływie z parowacza
6	na ssaniu sprężarki

2. WYTYCZNE OGÓLNE

2.1. Pomiar główny i pomiar potwierdzający. Dla określenia wydajności cieplnej skraplacza należy przeprowadzić jednocześnie dwa pomiary:

- a) pomiar główny,
- b) pomiar potwierdzający.

Pomiar potwierdzający powinien być prowadzony inną metodą niż pomiar główny, tak aby uzyskane wyniki były od siebie niezależne.

2.2. Dobór metod pomiarowych

— dla badań laboratoryjnych pomiar główny należy przeprowadzić metodą A lub B, a pomiar potwierdzający — pozostałą z dwóch powyższych metod lub metodą B1,

— dla badań skraplacza w instalacji pomiar główny należy przeprowadzić metodą A lub B, a pomiar potwierdzający — pozostałą z dwóch powyższych metod lub metodą B1 czy B2, pod warunkiem że instalacja spełnia żądane warunki.

2.3. Przygotowanie do pomiarów. Instalacja badana powinna być szczelna oraz wypełniona czynnikiem obiegowym bez domieszek gazów nieskrapających się.

Sprawdzenie szczelności instalacji należy przeprowadzić wg PN-72/M-04601 p. 4.8.2 i p. 4.8.3 oraz wg PN-77/M-04605 p. 3.1.

Sprawdzenie, czy w instalacji nie ma gazów nie skraplających się w warunkach działania skraplacza należy wykonać w poniższy sposób.

Po uruchomieniu instalacji lub stanowiska badawczego i ustaleniu się równowagi termicznej, należy zamknąć zawór na wypływie cieczy skraplanej ze skraplacza. Gdy ciśnienie skraplania zacznie wzrastać, należy wyłączyć sprężarkę i zamknąć zawór na dopływie pary do skraplacza.

Przepływ cieczy chłodzącej należy pozostawić bez zmian. Po ustabilizowaniu się warunków termicznych, należy dokonać odczytu ciśnienia w skraplaczu i temperatury cieczy chłodzącej. Można przyjąć, że koncentracja gazów nie skraplających jest dostatecznie mała, gdy różnica temperatur między temperaturą nasycenia i temperaturą cieczy chłodzącej nie przekracza 0,5 K.

Czystość czynnika skraplanego powinna zapewniać możliwość korzystania z procedur obliczeniowych lub tablic własności fizycznych z błędem nie przekraczającym 1% dla wartości parametrów na linii nasycenia.

Gdy zachodzi wątpliwość, czy czynnik wypełniający instalację ma wystarczającą czystość, należy pobrać jego próbkę, a następnie, używając naczynia Dewara, sprawdzić jego temperaturę nasycenia w warunkach atmosferycznych i porównać z danymi tablicowymi.

Różbieżność temperatury nasycenia nie powinna przekraczać 0,3 K.

Skraplacz badany należy zabezpieczyć przed prądami powietrza o prędkości powyżej 0,2 m/s.

2.4. Ustalenie warunków pomiaru. Pomiary wydajności cieplnej skraplacza, bez względu na rodzaj badań, należy wykonywać w stanie równowagi termodynamicznej układu.

Należy przyjąć, że układ znajduje się w stanie równowagi termodynamicznej, jeżeli zmiany wartości poszczególnych wielkości mierzonych w ciągu godziny nie przekraczają:

- ciśnienie na dopływie i wypływie ze skraplacza 0,005 MPa,
- temperatura czynnika skraplanego 0,5 K,
- temperatura cieczy chłodzącej na dopływie do skraplacza 0,3 K,
- przyrost temperatury cieczy chłodzącej 0,1 K,
- temperatura otoczenia 1 K,
- strumień masy czynników 1% aktualnie mierzonej wartości.

3. PRZYRZĄDY POMIAROWE

3.1. Postanowienia ogólne. Wszystkie przyrządy pomiarowe muszą być sprawdzone, przed przystąpieniem do przeprowadzenia pomiarów i po ich zakończeniu, zalegalizowanymi przyrządami kontrolnymi.

Zaleca się stosowanie przyrządów rejestrujących oraz przystosowanych do automatycznego zbierania danych z czujników pomiarowych.

3.2. Przyrządy do pomiaru temperatury powinny mieć czujniki o kształcie i wymiarach umożliwiających umieszczenie ich w tulejkach cienkościennych lub bezpośrednio w rurociągu z uszczelnieniem dławikowym. Dla pomiaru temperatury cieczy chłodzącej przed wy-

miennikiem, łączna niepewność pomiarowa wynikająca z klasy przyrządu i błędu czujnika nie powinna być większa niż 0,1 K.

Różnice temperatur, których wartości są używane do sporządzania bilansu, powinny być mierzone bezpośrednio za pomocą układów do pomiaru różnicy temperatur z dokładnością nie mniejszą niż 0,05 K.

Dla badań w instalacji dopuszcza się dokładność pomiaru 0,1 K, pod warunkiem że przyrost temperatury cieczy chłodzącej jest większy niż 5 K.

Do pomiaru powyższych temperatur, szczególnie w przypadkach badań laboratoryjnych, należy unikać termometrów szklanych, poza przypadkiem specjalnym układów z termometrami Beckmana.

Pozostałe temperatury należy mierzyć z dokładnością:

- dla badań laboratoryjnych 0,3 K,
- dla badań w instalacji 1 K.

3.3. Przyrządy do pomiaru ciśnienia powinny zapewniać dokładność:

- dla badań laboratoryjnych 0,005 MPa,
- dla badań w instalacji 0,01 MPa.

3.4. Przyrządy do pomiaru strumienia masy czynnika skraplanego powinny zapewniać dokładność większą niż:

- dla badań laboratoryjnych 2%,
- dla badań w instalacji 5%.

3.5. Przyrządy do pomiaru strumienia masy cieczy chłodzącej powinny zapewniać dokładność:

- dla badań laboratoryjnych 1%,
- dla badań w instalacji 3%.

Stosując metody wagowe lub objętościowe należy uwzględnić dokładność pomiaru czasu.

3.6. Przyrządy pomiarowe o mniejszej dokładności jak w 3.2 ÷ 3.5 można stosować, pod warunkiem że maksymalny błąd wyznaczenia wydajności cieplnej skraplacza obliczany wg wzoru (2) nie przekroczy wartości podanych w rozdz. 7.

4. SPOSÓB POMIARU

4.1. Sposób przeprowadzenia pomiarów podczas badań laboratoryjnych. Po uruchomieniu stanowiska badawczego, należy układ doprowadzić do stanu pomiarowego, porównując zmiany poszczególnych parametrów w czasie z dopuszczalnymi.

Poszczególne stany pomiarowe nie muszą być realizowane w dokładnie ustalonych punktach zakresu badań. Powinny one natomiast pokrywać równomiernie obszar zmienności parametrów działania, w którym zostanie wykonana charakterystyka wymiennika.

4.2. Sposób przeprowadzenia pomiarów podczas badań w instalacji. Po uruchomieniu instalacji, należy układ doprowadzić do stanu pomiarowego, porównując zmiany poszczególnych parametrów w czasie z dopuszczalnymi.

Stan pomiarowy należy ustalić tak, aby poszczególne parametry działania przyjęły wartości zadane w warunkach odbiorowych, gwarancyjnych lub nominalnych dla instalacji.

4.3. Odczyty wartości wielkości mierzonych. Przy stosowaniu przyrządów z ciągłym zapisem wartości, do pomiaru temperatur i przyrostów temperatury użytych do bilansu cieplnego, należy dokonać podczas:

- badań laboratoryjnych dwóch rejestracji każdego stanu pomiarowego w odstępie czasu 30 min,
- badań w instalacji trzech rejestracji w ciągu godziny każdego stanu pomiarowego w odstępach czasu 30 min.

Przy braku zapisu automatycznego należy dokonać w tym samym czasie co najmniej 5 odczytów.

Za wartość mierzoną przyjmuje się średnią arytmetyczną z dokonanych odczytów.

5. METODY OKREŚLANIA WIELKOŚCI MIERZONYCH BEZPOŚREDNIO

5.1. Metody pomiaru temperatur i ciśnień czynników płynących w rurociągach. Pomiaru należy wykonywać zgodnie z PN-77/M-04606.

5.2. Metody pomiaru przyrostu temperatury cieczy chłodzącej. Przyrost temperatury cieczy chłodzącej zaleca się mierzyć termometrem różnicowym, wyposażonym w komplet czujników i przyrząd do rejestracji wskazań.

Gdy w przypadku badań laboratoryjnych stosuje się termometry Beckmana, należy wykonać specjalne kieszenie termometryczne, gwarantujące właściwe zanurzenie termometrów w strumieniu cieczy.

5.3. Metody pomiaru spadku ciśnienia cieczy chłodzącej w skraplaczu. W zależności od wartości spadku ciśnienia, pomiar ten można wykonywać dwoma manometrami, odejmując ich wskazania lub niezbędne jest użycie manometru różnicowego.

5.4. Metody pomiaru strumienia masy czynnika skraplanego. Strumień masy czynnika skraplanego może być mierzony w fazie parowej na dopływie do skraplacza, np. przy użyciu zwężki pomiarowej lub na wypływie w fazie ciekłej za pomocą rotametrów, naczyń pomiarowych oraz zwężki lub innego przepływomierza.

Pomiar strumienia cieczy za skraplaczem wymaga, aby między skraplaczem a przyrządem pomiarowym umieścić na pionowym rurociągu niewielki zbiornik z poziomowskazem, w którym można obserwować poziom cieczy, co daje gwarancję, że opory przepływu przez przyrząd pomiarowy nie powodują zalewania skraplacza.

5.5. Metody pomiaru strumienia masy cieczy chłodzącej. Pomiar ten może być wykonywany metodą objętościową lub wagową oraz przy użyciu zwęzek pomiarowych wg PN-65/M-53950, rotametrów lub innych przepływomierzy.

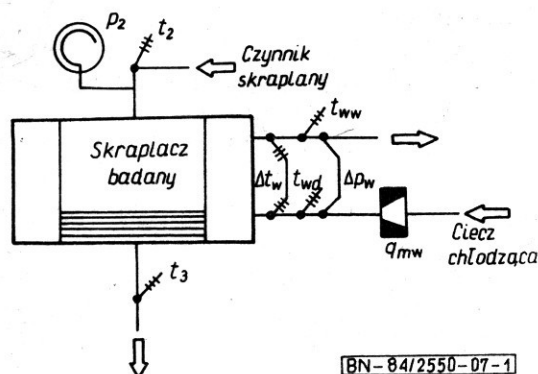
6. METODY OKREŚLANIA WIELKOŚCI MIERZONYCH POŚREDNIO

6.1. Metody określania wydajności cieplnej skraplacza (strumienia ciepła przekazywanego w skraplaczu)

6.1.1. Postanowienia ogólne. Strumień ciepła przekazywanego w skraplaczu można określić metodami

A, B, B1, B2. Wzory obliczeniowe dla różnych metod podano w tabl. 3.

6.1.2. Metoda A — bilans skraplacza po stronie cieczy chłodzącej — wg rys. 1.

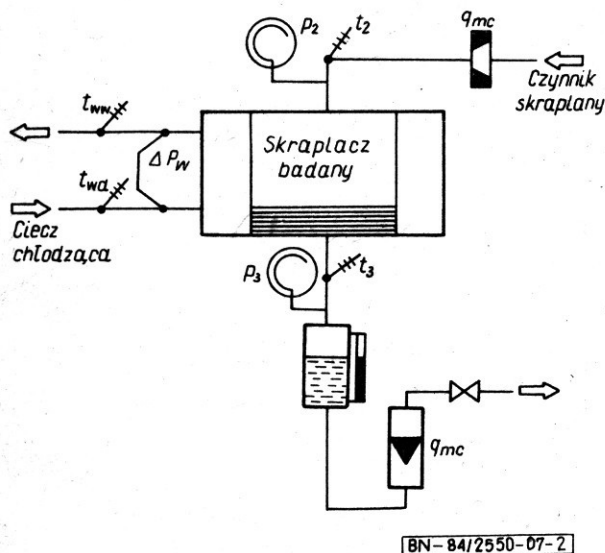


Rys. 1. Schemat układu pomiarowego dla metody A

Wielkości mierzone bezpośrednio:

- strumień masy cieczy chłodzącej,
- temperatura cieczy chłodzącej na dopływie do skraplacza,
- przyrost temperatury cieczy chłodzącej w skraplaczu,
- temperatura czynnika skraplanego na dopływie,
- ciśnienie czynnika skraplanego na dopływie do skraplacza,
- temperatura czynnika skraplanego na wypływie ze skraplacza,
- temperatura otoczenia,
- spadek ciśnienia cieczy chłodzącej skraplacza,
- ciśnienie barometryczne.

6.1.3. Metoda B — bilans skraplacza po stronie czynnika skraplanego — wg rys. 2.



Rys. 2. Schemat układu pomiarowego dla metody B

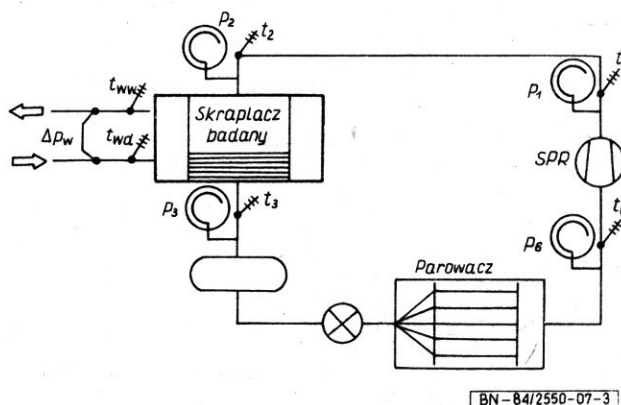
Pomiar strumienia masy czynnika skraplanego zaznaczony na rurociągu parowym i cieczowym może być stosowany alternatywnie.

Wielkości mierzone bezpośrednio:

- strumień masy czynnika skraplanego,
- temperatura pary na dopływie do skraplacza,
- temperatura cieczy czynnika skraplanego na wypływie ze skraplacza,
- ciśnienie czynnika skraplanego na dopływie,
- ciśnienie czynnika skraplanego na wypływie ze skraplacza,
- temperatura cieczy chłodzącej na dopływie i wypływie ze skraplacza,
- temperatura otoczenia,
- spadek ciśnienia cieczy chłodzącej skraplacza,
- ciśnienie barometryczne.

6.1.4. Metoda B1 — bilans skraplacza po stronie czynnika skraplanego sporządzony na podstawie charakterystyki sprężarki — wg rys. 3.

Metoda ta może być stosowana tylko wtedy, gdy skrapłacz badany znajduje się w obiegu jednostopniowym z jedną sprężarką, której charakterystyka była doświadczalnie zdejmowana lub weryfikowana oraz gdy w instalacji jest niepodłączony żaden inny skrapłacz.



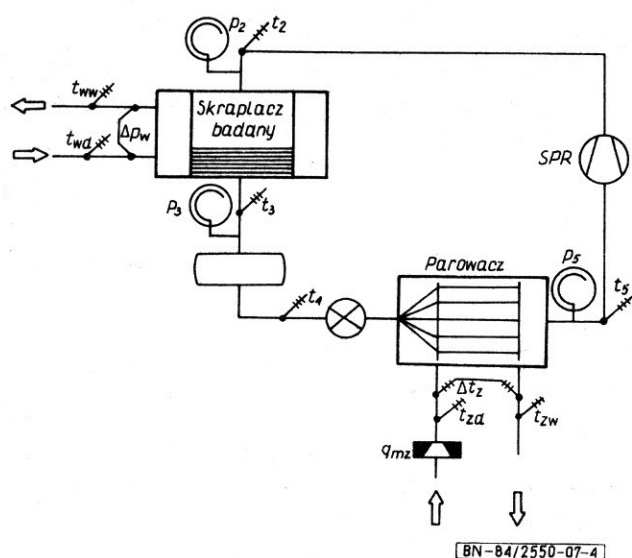
Rys. 3. Schemat układu pomiarowego dla metody B1

Wielkości mierzone bezpośrednio:

- ciśnienie ssania sprężarki,
- temperatura pary na ssaniu sprężarki,
- ciśnienie tłoczenia sprężarki,
- temperatura pary na tłoczeniu sprężarki,
- temperatura pary na dopływie do skraplacza,
- temperatura cieczy czynnika skraplanego wypływającej ze skraplacza,
- ciśnienie czynnika skraplanego na dopływie,
- ciśnienie czynnika skraplanego na wypływie,
- temperatura otoczenia,
- spadek ciśnienia cieczy chłodzącej skraplacza,
- ciśnienie barometryczne.

6.1.5. Metoda B2 — bilans skraplacza po stronie czynnika skraplanego sporządzony na podstawie bilansu parowacza — wg rys. 4.

Metoda ta może być stosowana tylko wtedy, gdy skrapłacz badany znajduje się jako jedyny skrapłacz w obiegu jednostopniowym, w którym jest zainstalowany oziębiacz cieczy jako jedyny parowacz.



Rys. 4. Schemat układu pomiarowego dla metody B2

Wielkości mierzone bezpośrednio:

- strumień masy cieczy oziębianej w parowaczu,
- temperatura cieczy oziębianej na dopływie do parowacza,
- spadek temperatury cieczy oziębianej w parowaczu,
- temperatura cieczy czynnika skraplanego przed parowaczem,
- temperatura pary czynnika skraplanego na wypływie z parowacza,
- temperatura pary czynnika skraplanego na dopływie do skraplacza,
- temperatura cieczy czynnika skraplanego na wypływie ze skraplacza,
- ciśnienie pary czynnika skraplanego na wypływie z parowacza,
- ciśnienie pary czynnika skraplanego na dopływie do skraplacza,
- ciśnienie cieczy czynnika skraplanego na wypływie ze skraplacza,
- temperatura otoczenia,

Tablica 3

Lp.	Wielkość określana	Symbol	Jednostka miary	Sposób określenia	Metoda, przy której wzór znajduje zastosowanie
1	2	3	4	5	6
1	Entalpia właściwa cieczy czynnika skraplanego na dopływie do parowacza	h_4	$\frac{\text{J}}{\text{kg}}$	$f(t_4)$ — otrzymana z tablic własności termodynamicznych lub z odpowiedniej procedury ze zbioru w pamięci EMC	B2, B1
2	Entalpia właściwa pary czynnika skraplanego na wypływie z parowacza	h_5	$\frac{\text{J}}{\text{kg}}$	$f(t_5, p_5)$ — jak w rozdz. 1	B1, B2
3	Ciepło właściwe cieczy oziębianej w parowaczu	C_{pz}	$\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	$f(t_2)$ — jak w rozdz. 1	B2
4	Wydajność chłodzenia sprężarki	Φ_0	W	$f(t_6, p_6; t_1, p_1)$ — otrzymana z charakterystyki sprężarki	B1
				obliczona wg wzoru $q_{mc} \cdot C_{pz} \cdot \Delta t_z$	B2
5	Strumień masy czynnika skraplanego	q_{mc}	$\frac{\text{kg}}{\text{s}}$	obliczony wg wzoru $\Phi_0 / (h_5 - h_4)$	B1, B2
				obliczony wg wzoru $\Phi_k / (h_2 - h_3)$	A
6	Entalpia właściwa pary czynnika skraplanego na dopływie do skraplacza	h_2	$\frac{\text{J}}{\text{kg}}$	$f(t_2, p_2)$ — jak w rozdz. 1	B, B1, B2
7	Entalpia właściwa cieczy czynnika skraplanego na wypływie ze skraplacza	h_3	$\frac{\text{J}}{\text{kg}}$	$f(t_3)$ — jak w rozdz. 1	B, B1, B2
8	Ciepło właściwe cieczy chłodzącej skraplacz	C_{pn}	$\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	$f(t_w)$ — jak w rozdz. 1	A
9	Wydajność cieplna skraplacza	Φ_k	W	obliczona wg wzoru $q_{mc} \cdot C_{pn} \cdot \Delta t_n$	A
				obliczona wg wzoru $q_{mc} \cdot (h_2 - h_3)$	B
10	Główna różnica temperatur w wymienniku	Δt_m	K	obliczona wg wzoru $\frac{(t_{n3} - t_{wd}) - (t_{n2} - t_{wn})}{\ln \frac{(t_{n3} - t_{wd})}{(t_{n2} - t_{wn})}}$ lub $\frac{(t_{n2} - t_{wd}) - (t_{n3} - t_{wn})}{\ln \frac{(t_{n2} - t_{wd})}{(t_{n3} - t_{wn})}}$ dla przeciupływu i prądu krzyżowego dla współprądu	
11	Współczynnik przenikania ciepła	k	$\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$	obliczony wg wzoru $\frac{\Phi_k}{A \cdot \Delta t_m}$	A, B

- spadek ciśnienia cieczy chłodzącej skraplacz,
- ciśnienie barometryczne.

6.2. Metoda określania głównej różnicy temperatur oraz współczynnika przenikania ciepła. Wzory obliczeń tych wielkości podano w tabl. 3, przy czym do wzoru określającego współczynnik przenikania ciepła należy wstawić wielkość Φ_k otrzymaną z obliczenia wykonanego dla pomiaru głównego.

7. OPRACOWANIE WYNIKÓW BADAŃ

7.1. Opracowanie wyników przy użyciu ETO. Przeprowadzając badania laboratoryjne zaleca się opracowanie wyników przy użyciu ETO.

Opracowanie powinno obejmować:

- obliczenie wydajności cieplnej skraplacza,
- obliczenie innych wielkości charakterystycznych skraplacza,
- opracowanie statystyczne wyników pomiarów w postaci analizy regresji (np. metodą najmniejszych kwadratów),

— analizę błędów zakończoną opracowaniem przedziału ufności lub przynajmniej podaniem współczynnika korelacji i odchylenia standardowego.

7.2. Opracowanie wyników badań w instalacji. Badanie w instalacji, ponieważ zwykle odbywa się w jednym stanie pomiarowym, wymaga rzetelnej analizy błędów.

Dla każdej wielkości mierzonej bezpośrednio należy obliczyć błąd średni kwadratowy wg wzoru

$$\delta_{\text{pom}} = \sqrt{\delta_{\text{met}}^2 + \delta_{\text{prz}}^2 + \delta_{\text{cz}}^2 + \delta_{\text{odcz}}^2} \quad (1)$$

gdzie:

- δ_{pom} — błąd pomiaru,
- δ_{met} — błąd metody pomiaru,
- δ_{prz} — błąd wynikający z klasy przyrządu pomiarowego,
- δ_{cz} — błąd wynikający z dokładności czujnika,
- δ_{odcz} — błąd popełniony przy odczycie w przyrządach wskaźnikowych.

Błąd określenia własności termodynamicznych dla czynników powszechnie stosowanych można przyjąć 1% wartości.

7.3. Maksymalny błąd określenia wydajności cieplnej skraplacza należy obliczyć wg wzoru

$$\delta\Phi = \frac{\partial\Phi}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial\Phi}{\partial x_2} dx_2 + \dots + \frac{\partial\Phi}{\partial x_n} dx_n \quad (2)$$

gdzie:

- $x_1, x_2, \dots, x_n$ — wielkości wchodzące do wzoru na wydajność Φ_k , w zależności od metody pomiaru.

$\frac{\partial\Phi}{\partial x_i}$ — pochodna cząstkowa

d_{xi} — wielkość błędu średniego kwadratowego wielkości mierzonej bezpośrednio lub oszacowana wielkość błędu stałej.

Szacunkowy rachunek błędów należy przeprowadzić przed podjęciem badań.

Spodziewany maksymalny błąd wyznaczenia wydajności skraplacza dla metody głównej nie powinien przekraczać:

- dla badań laboratoryjnych $\pm 5\%$,
- dla badań w instalacji $\pm 10\%$.

Maksymalny błąd określenia wydajności cieplnej skraplacza dla metody potwierdzającej nie powinien przekraczać:

- dla badań laboratoryjnych $\pm 8\%$,
- dla badań w instalacji $\pm 15\%$.

Dla obliczenia wielkości charakterystycznych należy użyć wartości otrzymane z pomiaru metodą główną.

Dopuszczalna różnica wyników obliczeń wydajności cieplnej skraplacza dla jednego stanu pomiarowego według metody głównej i potwierdzającej nie może przekraczać dla pomiarów laboratoryjnych $\pm 6\%$, dla pomiarów w instalacji $\pm 10\%$.

8. SPRAWOZDANIE Z BADAŃ

Sprawozdanie z badań powinno zawierać:

- dane ogólne:
 - data, miejsce, wykonawcę pomiarów,
 - stwierdzenie, że badania zostały wykonane zgodnie z BN-84/2550-07,
 - czas rozpoczęcia i zakończenia oraz czas trwania pomiarów,
 - opis przedmiotu badań zawierający wszystkie istotne parametry konstrukcyjne potrzebne do obliczeń cieplnych aparatu, wykonywanych przy użyciu zależności literaturowych,
 - typ aparatu, nazwa, nr fabryczny,
 - rodzaj czynnika skraplanego;
- warunki pomiarów:
 - temperatura cieczy chłodzącej na dopływie do skraplacza,
 - strumień masy (lub prędkość w określonym przekroju) cieczy chłodzącej,
 - ciśnienie absolutne pary czynnika skraplanego na dopływie do skraplacza lub obciążenie cieplne powierzchni skraplacza;
- opis zastosowanych metod pomiarów i zbiór zależności użytych do obliczeń:
 - metoda główna pomiaru wydajności,
 - metoda potwierdzająca;
- wykaz wielkości mierzonych i przyrządów pomiarowych z podaniem ich klasy dokładności, działki elementarnej i zakresu,
- wyniki wielkości mierzonych bezpośrednio,
- wyniki wielkości obliczonych z wyników pomiarów,
- dla pomiarów laboratoryjnych należy podać zależność, jaką aproksymowano charakterystykę oraz współczynniki regresji, korelacji, odchylenie standardowe lub przedział ufności dla otrzymanego wyniku,
- wyniki obliczeń maksymalnych błędów określenia wydajności metodą główną i potwierdzającą,
- imię i nazwisko wykonującego pomiary i obliczenia oraz źródła własności czynników.

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę — Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Przemysłu Budowy Urządzeń Chemicznych CEBEA, Kraków.

2. Normy związane

PN-72/M-04601 Warunki bezpieczeństwa w instalacjach chłodniczych

PN-77/M-04605 Chłodnictwo. Próby szczelności urządzeń chłodniczych o napełnieniu czynnikiem powyżej 5 kg

PN-77/M-04606 Urządzenia chłodnicze. Jednostopniowe sprężarki waporowe. Metody pomiarów

PN-65/M-53950 Pomiar strumienia przepływu płynów za pomocą zwężek

3. Autor normy — dr inż. Krzysztof Pakoński, mgr inż. Włodzimierz Skwircniański — Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Przemysłu Budowy Urządzeń Chemicznych CEBEA, Kraków.