

MASZyny I URZĄDZENIA CHŁODNICZE	NORMA BRANŻOWA	BN-76
	Przemysłowe urządzenia chłodnicze Oziębiacze powietrza Metody pomiarów	2550-04
		Grupa katalogowa IV 89

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP

- 1.1. Przedmiot normy
- 1.2. Rodzaje metod pomiarów
- 1.3. Zakres stosowania normy
- 1.4. Określenia
- 1.5. Symbole i jednostki wielkości stosowanych w normie

2. WYTYCZNE OGÓLNE

- 2.1. Pomiar główny i pomiar potwierdzający
- 2.2. Dobór metod pomiarowych
- 2.3. Przygotowanie do pomiarów
 - 2.3.1. Sprawdzenie szczelności instalacji
 - 2.3.2. Sprawdzenie obecności w instalacji gazów nie-skrapających się
 - 2.3.3. Pomiary zawartości oleju w czynniku
- 2.4. Ustalenie warunków pomiaru

3. WARUNKI POMIARÓW

- 3.1. Postanowienia ogólne
- 3.2. Pomiary temperatury czynnika chłodniczego lub pośredniczącego
- 3.3. Pomiary temperatury powietrza
- 3.4. Pomiary ciśnienia czynnika chłodniczego
- 3.5. Pomiary prędkości napływu powietrza w czołowym obrysie oziębiacza
- 3.6. Pomiary mocy elektrycznej
- 3.7. Pomiary metodami komorowymi
- 3.8. Pomiary metodą w kanale aerodynamicznym
- 3.9. Pomiary metodami bilansu energetycznego czynnika chłodniczego lub pośredniczącego

4. PRZYRZĄDY POMIAROWE

- 4.1. Postanowienia ogólne
- 4.2. Przyrządy do pomiaru temperatury

- 4.3. Przyrządy do pomiaru ciśnienia
- 4.4. Przyrządy do pomiaru wielkości elektrycznych
- 4.5. Przyrządy do pomiaru natężenia przepływu czynnika
- 4.6. Przyrządy do pomiaru prędkości napływu powietrza
- 4.7. Przyrządy do pomiaru objętościowego natężenia przepływu powietrza
- 4.8. Przyrządy do pomiaru gęstości czynnika
- 4.9. Przyrządy do pomiaru wilgotności względnej powietrza
- 4.10. Przyrządy do pomiaru ciśnienia statycznego powietrza
- 4.11. Przyrządy do pomiaru czasu

5. METODA A - KALORYMETR KOMOROWY Z ZEWNĘTRZNĄ OSŁONĄ ADIABATYCZNĄ

- 5.1. Zasada metody
- 5.2. Stanowisko pomiarowe
- 5.3. Przygotowanie do pomiarów
- 5.4. Sposób przeprowadzenia pomiarów
- 5.5. Wielkości mierzone
- 5.6. Obliczanie wydajności chłodniczej całkowitej

6. METODA B - KALORYMETR KOMOROWY Z WŁASNĄ OSŁONĄ ADIABATYCZNĄ

- 6.1. Zasada metody
- 6.2. Stanowisko pomiarowe
- 6.3. Przygotowanie do pomiarów
- 6.4. Sposób przeprowadzenia pomiarów
- 6.5. Wielkości mierzone
- 6.6. Obliczanie wydajności chłodniczej całkowitej

7. METODA C - KALORYMETR KOMOROWY BEZ OSŁONY ADIABATYCZNEJ

- 7.1. Zasada metody
- 7.2. Stanowisko pomiarowe

Zgłoszona przez Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Przemysłu Budowy Urządzeń Chemicznych CEBEA
Ustanowiona przez Dyrektora Zjednoczenia Przemysłu Budowy Urządzeń Chemicznych dnia 8 listopada 1976 r.
jako norma obowiązująca w zakresie czynności określonych normą od dnia 1 lipca 1977 r.
(Dz. Norm. i Miar nr 1/1977 poz. 4)

- 7.3. Przygotowanie do pomiarów
- 7.4. Sposób przeprowadzenia pomiarów
- 7.5. Wielkości mierzone
- 7.6. Obliczanie wydajności chłodniczej całkowitej

8. METODA D - KANAŁ AERODYNAMICZNY

- 8.1. Zasada metody
- 8.2. Stanowisko pomiarowe
- 8.3. Przygotowanie do pomiarów
- 8.4. Sposób przeprowadzenia pomiarów
- 8.5. Wielkości mierzone
- 8.6. Obliczanie wydajności chłodniczej całkowitej

9. METODA E - BILANS ENERGETYCZNY CZYNNIKA CHŁODNICZEGO W PRZYPADKU OZIĘBIACZY W SYSTEMIE CIŚNIENIOWYM

- 9.1. Zasada metody
- 9.2. Stanowisko pomiarowe
- 9.3. Przygotowanie do pomiarów
- 9.4. Sposób przeprowadzenia pomiarów
- 9.5. Wielkości mierzone
- 9.6. Obliczanie wydajności chłodniczej całkowitej

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są metody energetycznych pomiarów oziębiaczy powietrza o konstrukcji zamkniętej, stosowanych w systemach chłodzenia bezpośrednich ciśnieniowych lub pompowych oraz w systemach pośrednich.

1.2. Rodzaje metod pomiarów

- a) komorowe metody pomiarów - A, B, C,
- b) metoda pomiarów w kanale aerodynamicznym - D,
- c) metody bilansu energetycznego czynnika chłodniczego lub pośredniczącego - E, F.

1.3. Zakres stosowania normy. Norma obejmuje metody pomiarów i wyznaczania następujących wielkości:

- wydajności chłodniczej całkowitej,
- wydajności chłodniczej użytecznej,
- spadku wydajności chłodniczej na skutek oszronienia,
- współczynnika przenikania ciepła,

Podane wielkości umożliwiają ocenę przydatności oziębiaczy powietrza do poprawnego działania w złożonych warunkach termicznych.

1.4. Określenia

1.4.1. Oziębiacz - wg PN-67/M-04610 p. 2.3.

10. METODA F - BILANS ENERGETYCZNY CZYNNIKA POŚREDNICZĄCEGO

- 10.1. Zasada metody
- 10.2. Stanowisko pomiarowe
- 10.3. Przygotowanie do pomiarów
- 10.4. Sposób prowadzenia pomiarów
- 10.5. Wielkości mierzone
- 10.6. Obliczanie wydajności chłodniczej całkowitej

11. WYZNACZANIE SPADKU WYDAJNOŚCI OZIĘBIACZA WSKUTEK JEGO OSZRONIENIA

12. OBLICZANIE WIELKOŚCI CHARAKTERYSTYCZNYCH

13. OCENA BŁĘDÓW POMIARU

14. PROTOKÓŁ POMIARÓW

ZAŁĄCZNIK

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę
2. Normy związane
3. Normy zagraniczne

1.4.2. Wydajność chłodnicza całkowita oziębiacza powietrza - ilość ciepła przekazywana w jednostce czasu od powietrza do czynnika chłodniczego lub pośredniczącego.

1.4.3. Wydajność chłodnicza użyteczna oziębiacza powietrza - wydajność chłodnicza całkowita pomniejszona o moc elektryczną potrzebną do napędu wentylatorów oziębiacza.

1.4.4. Jednostkowe obciążenie cieplne - wydajność chłodnicza całkowita oziębiacza powietrza odniesiona do zewnętrznej powierzchni wymiany ciepła oziębiacza.

1.4.5. Strumień ciepła - ilość ciepła przekazywana w jednostce czasu.

1.4.6. Współczynnik przenikania ciepła - określony stosunkiem jednostkowego obciążenia cieplnego do logarytmicznej różnicy temperatur.

1.4.7. Logarytmiczna różnica temperatur - wg wzoru:

$$\Delta t_m = \frac{(t_{p1} - t_{z1}) - (t_{p2} - t_{z2})}{\ln \frac{t_{p1} - t_{z1}}{t_{p2} - t_{z2}}} \quad (1)$$

W przypadku przepływu krzyżowego należy uwzględnić poprawkę według normogramu Bahera lub tablic Nuselta.

1.4.8. Ustalony warunki pomiaru – pole temperatur i ciśnienie oraz natężenie przepływu czynnika niezmiennie w czasie; funkcja położenia punktu w przestrzeni: t , p , $q_m = f(x, y, z)$.

1.4.9. Quasistabilny okres przekazywania ciepła w oziębiaczu – okres, w którym strumień cieplny oraz współczynniki przekazywania ciepła i masy w oziębiaczu mają stałą wartość. Współczynniki charakteryzujące strukturę szronu (grubość, gęstość) są zmienne.

1.4.10. Minimalne stabilne przegrzanie – najmniejsze przegrzanie pary czynnika chłodniczego gwarantujące stabilne działanie oziębiacza w ustalonych warunkach pomiaru.

1.4.11. Liczba recyrkulacji – liczba określona stosunkiem całkowitej masy czynnika chłodniczego, doprowadzonego do oziębiacza, do masy wytworzonej w nim pary.

1.4.12. Pomiar główny – pomiar, z którego wyniki przyjmuje się do obliczania wielkości charakterystycznych oziębiacza.

1.4.13. Pomiar potwierdzający – pomiar, za pomocą którego stwierdza się, czy wynik pomiaru głównego można uznać za poprawny.

1.5. Symboli i jednostki wielkości stosowanych w normie – wg tabl. 1.

Tablica 1

Symbol	Jednostka miary	Nazwa wielkości
1	2	3
A_K	m^2	zewnątrzna powierzchnia ścian kalorymetru komorowego
A_z	m^2	zewnątrzna powierzchnia wymiany ciepła oziębiacza
$c_p \begin{matrix} t_{p2} \\ t_{p1} \end{matrix}$	$J/(kg \cdot K)$	średnie ciepło właściwe powietrza wilgotnego w zakresie temperatur $t_{p1} \div t_{p2}$
$c_{ps} \begin{matrix} t_{p2} \\ t_{p1} \end{matrix}$	$J/(kg \cdot K)$	średnie ciepło właściwe powietrza suchego w zakresie temperatur $t_{p1} \div t_{p2}$
c_{zt}	$J/(kg \cdot K)$	średnie ciepło właściwe czynnika pośredniczącego, w temperaturze t
d_H	m	średnica hydrauliczna kanału aerodynamicznego
h_1	J/kg	entalpia właściwa czynnika chłodniczego wpływającego do oziębiacza
h_2	J/kg	entalpia właściwa czynnika chłodniczego wy wpływającego z oziębiacza
K	$W/(m^2 \cdot K)$	współczynnik przenikania ciepła przez oziębiacz, odniesiony do jego powierzchni zewnętrznej

cd. tabl. 1

Symbol	Jednostka miary	Nazwa wielkości
1	2	3
K_{K1}	$W/(m^2 \cdot K)$	współczynnik przenikania ciepła przez ściany kalorymetru komorowego, wyznaczony metodą ogrzewania
K_{K2}	$W/(m^2 \cdot K)$	współczynnik przenikania ciepła przez ściany kalorymetru komorowego, wyznaczony metodą chłodzenia
N	-	liczba recyrkulacji
n	-	liczba punktów pomiaru temperatury powietrza przy cechowaniu kalorymetru komorowego
P_{c1}	W	całkowity strumień cieplny wprowadzony do kalorymetru komorowego przy cechowaniu metodą ogrzewania
P_{c2}	W	całkowity strumień cieplny wyprowadzony z kalorymetru komorowego przy cechowaniu metodą chłodzenia
P_g	W	moc grzejnika powietrza przy cechowaniu kalorymetru metodą ogrzewania
$\sum P_i$	W	suma pozostałych strumieni ciepła wprowadzonych do kalorymetru (jeśli takie występują)
P_o	W	moc grzejnika powietrza kompensującego działanie oziębiacza
P_w	W	moc elektryczna wentylatora oziębiacza
P_{st}	N/m^2	ciśnienie statyczne powietrza mierzone w przekroju pomiaru natężenia przepływu powietrza
r_o	J/kg	właściwe ustalone ciepło parowania
T_p	K	temperatura powietrza mierzona w przekroju pomiaru natężenia przepływu powietrza
t_1	$^{\circ}C$	temperatura miejscowa powietrza
Δt_m	K	logarytmiczna różnica temperatur w oziębiaczu
$\bar{t}_p(1 \text{ lub } 2)$	$^{\circ}C$	temperatura powietrza określana jako średnia ważona
Δt_p	K	spadek temperatury powietrza przy przepływie przez oziębiacz
t_{p1}	$^{\circ}C$	średnia temperatura powietrza wpływającego do oziębiacza
t_{p2}	$^{\circ}C$	średnia temperatura powietrza wpływającego z oziębiacza

cd. tabl. 1

Symbol	Jednostka miary	Nazwa wielkości
1	2	3
Δt_{pk}	K	różnica temperatur powietrza wewnątrz i na zewnątrz kalorymetru komorowego
t_{pw}	$^{\circ}\text{C}$	średnia temperatura powietrza w kalorymetrze komorowym
t_{pwn}	$^{\circ}\text{C}$	temperatura n-tego punktu pomiaru temperatury powietrza w kalorymetrze komorowym
t_{pz}	$^{\circ}\text{C}$	średnia temperatura powietrza otaczającego kalorymetr komorowy
t_{pn}	$^{\circ}\text{C}$	temperatura n-tego punktu pomiaru temperatury powietrza otaczającego kalorymetr komorowy
Δt_z	K	przyrost temperatury czynnika pośredniczącego przepływającego przez oziębiacz
t_{z1}	$^{\circ}\text{C}$	temperatura czynnika wpływającego do oziębiacza
t_{z2}	$^{\circ}\text{C}$	temperatura czynnika wpływającego z oziębiacza
w_1	m/s	prędkość miejscowa powietrza
q_m	kg/s	masowe natężenie przepływu cieczy czynnika
q_{vp}	m^3/s	objętościowe natężenie przepływu powietrza
x	kg pary/kg powietrza suchego	stopień zawilżenia powietrza
Φ	W	wydajność chłodnicza całkowita oziębiacza powietrza

cd. tabl. 1

Symbol	Jednostka miary	Nazwa wielkości
1	2	3
Φ_u	W	wydajność chłodnicza użyteczna oziębiacza powietrza
φ	W/m^2	jednostkowe obciążenie cieplne oziębiacza powietrza
φ_{pw}	%	wilgotność względna powietrza wpływającego do oziębiacza
ρ_p	kg/m^3	gęstość powietrza wilgotnego w przekroju pomiaru jego natężenia przepływu

2. WYTYCZNE OGÓLNE

2.1. Pomiar główny i pomiar potwierdzający. Dla wszystkich systemów chłodzenia, oprócz pompowego z czynnikiem chłodniczym, należy przeprowadzić równocześnie dwa pomiary oziębiacza:

- pomiar główny,
- pomiar potwierdzający.

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

Dopuszczalny błąd maksymalny pomiaru głównego nie powinien przekroczyć 5% i powinien być mniejszy niż błąd pomiaru potwierdzającego.

Różnica wartości wynikowych z pomiaru głównego i potwierdzającego nie powinna przekroczyć 6% mniejszej z porównywanych wartości.

2.2. Dobór metod pomiarowych

- dla badań w warunkach laboratoryjnych - wg tabl. 2,
- dla badań w warunkach eksploatacyjnych - wg tabl. 3.

Tablica 2

Przepływ powietrza	Usytuowanie wentylatora	System chłodzenia	Metoda pomiaru głównego	Metoda pomiaru potwierdzającego
Wymuszony	wentylator w obudowie oziębiacza	ciśnieniowy	A, B, C	E
		pompowy z czynnikiem chłodniczym	A, B, C	-
		pompowy z czynnikiem pośredniczącym	A, B, C	F
Wymuszony	wentylator nie stanowi bloku z oziębiaczem	ciśnieniowy	D	E
		pompowy z czynnikiem chłodniczym	D	-
		pompowy z czynnikiem pośredniczącym	D	F
Naturalny	-	ciśnieniowy	A, B, C	E
		pompowy z czynnikiem chłodniczym	A, B, C	-
		pompowy z czynnikiem pośredniczącym	A, B, C	F

Tablica 3

Przepływ powietrza	Usytuowanie wentylatora	System chłodzenia	Metoda pomiaru głównego	Metoda pomiaru potwierdzającego
Wymuszony	wentylator w obudowie oziębiacza	ciśnieniowy	B, C	E
		pompowy z czynnikiem chłodniczym	B, C	-
		pompowy z czynnikiem pośredniczącym	B, C	F
Wymuszony	wentylator nie stanowi bloku z oziębiaczem	ciśnieniowy	D	E
		pompowy z czynnikiem chłodniczym	D	-
		pompowy z czynnikiem pośredniczącym	D	F
Naturalny	-	ciśnieniowy	B, C	E
		pompowy z czynnikiem chłodniczym	B, C	-
		pompowy z czynnikiem pośredniczącym	B, C	F

2.3. Przygotowanie do pomiarów

2.3.1. Sprawdzenie szczelności instalacji należy przeprowadzić wg PN-72/M-04601 p. 4, 8, 2 i p. 4, 8, 3 oraz wg PN-75/M-04605 p. 3, 1.

2.3.2. Sprawdzenie obecności w instalacji gazów niekraplających się zaleca się przeprowadzać wg PN-69/M-04606 p. 2, 5. Gazy te należy usunąć przed przystąpieniem do wykonywania pomiarów.

2.3.3. Pomiary zawartości oleju w czynniku zaleca się przeprowadzać wg PN-69/M-04606 załącznik 7 lub inną metodą.

Udział masowy oleju w czynniku nie powinien przekraczać $1\pm 2\%$.

2.4. Ustalenie warunków pomiaru. Warunki pomiaru należy uznać za ustalone, jeżeli zmiany wartości mierzonych wielkości będą następujące:

a) dla oziębiaczy stosowanych w bezpośrednich systemach chłodzenia

- prędkość napływu powietrza w czołowym obrysie oziębiacza $0,1 \text{ m/s}$,

- temperatura powietrza wpływającego do oziębiacza $\pm 0,1 \text{ K}$,

- wilgotność względna powietrza wpływającego do oziębiacza $\pm 2\%$,

- temperatura parowania czynnika chłodniczego (określona jako temperatura nasycenia odpowiadająca ciśnieniu mierzonemu na wyptywie czynnika z oziębiacza) $\pm 0,2 \text{ K}$,

- natężenie przepływu czynnika chłodniczego $\pm 2\%$;

b) dla oziębiaczy stosowanych w pośrednich systemach chłodzenia

- prędkość napływu powietrza w czołowym obrysie oziębiacza $0,1 \text{ m/s}$,

- temperatura powietrza wpływającego do oziębiacza $\pm 0,1 \text{ K}$,

- wilgotność względna powietrza wpływającego do oziębiacza $\pm 2\%$,

- średnia temperatura czynnika pośredniczącego przyjęta jako średnia arytmetyczna wartości temperatur czynnika wpływającego i wyptywającego z oziębiacza $\pm 0,2 \text{ K}$,

- natężenie przepływu czynnika pośredniczącego $\pm 2\%$,

3. WARUNKI POMIARÓW

3.1. Postanowienia ogólne. Podczas pomiarów oziębiacz powinien mieć wyposażenie niezbędne do jego poprawnego działania.

Pomiary oziębiaczy w systemie ciśnieniowym należy przeprowadzać przy minimalnym stabilnym przegrzaniu czynnika chłodniczego w oziębiaczu. Zaleca się przeprowadzanie pomiarów przy użyciu ręcznego zaroru regulującego.

Dla oziębiaczy w systemie chłodzenia bezpośrednim, pompowym, należy podać liczbę recyrkulacji, przy której wydajność chłodnicza całkowita oziębiacza osiągnie maksymalną wartość w danych warunkach.

Zaleca się przeprowadzenie pomiaru dla co najmniej jednej z grup warunków podanych w tabl. 4.

Dopuszcza się pomiary dla innych warunków niż podano w tabl. 4.

Tablica 4

Grupa	Temperatura powietrza wpływającego do oziębiacza	Temperatura parowania czynnika chłodniczego lub średnia temperatura czynnika pośredniczącego w oziębiaczu	Czynniki
I	+5°C	-2°C	R12, R22, R502, amoniak, czynniki pośredniczące
II	0°C	-7°C	
III	-27°C	-32°C	
IV	-40°C	-45°C	

Pomiary oziębiacza należy wykonać przy "naturalnym" oszronieniu oziębiacza, tzn. bez wprowadzenia wilgoci do komory pomiarowej lub kanału. Wilgotność względna powietrza wpływającego do oziębiacza przyjmuje się jako wartość wynikową przy spełnieniu pozostałych, zadanych warunków pomiaru.

Pomiary właściwe (tzn. przyjmowane do obliczeń wielkości charakterystycznych oziębiacza) należy wykonać w okresie quasistabilnego przekazywania ciepła.

W praktyce, wyodrębnienie okresu quasistabilnego z nieustalonego procesu przekazywania ciepła przy tworzeniu się szronu umożliwia następujący tok postępowania: po osiągnięciu ustalonych warunków pomiaru dokonuje się odczytów wszystkich wielkości mierzonych w sposób ciągły, w równych odstępach czasu, nieprzekraczających 30 min, przy czym średnią należy tworzyć z co najmniej sześciu kolejnych odczytów. Okres quasistabilny przyjmuje się od momentu, gdy dla zadanych, ustalonych warunków pomiaru oziębiacza trzy kolejne wartości wydajności chłodniczej nie różnią się od siebie więcej niż wynosi odchyłka dokładności pomiaru wydajności.

Po zakończeniu cyklu pomiarów dla danej grupy parametrów, oziębiacz należy odszronić.

Podany tok postępowania przy prowadzeniu pomiarów obowiązuje dla każdej metody pomiarów oziębiacza powietrza.

3.2. Pomiary temperatury czynnika chłodniczego i pośredniczącego na dopływie do badanego oziębiacza i odpływie z niego należy przeprowadzać w prostoliniowym przewodzie o jednakowym przekroju, w odległości od oziębiacza nie mniejszej od trzech średnic przewodu. Jeżeli zainstalowanie tulejki termometrycznej wymaga zwiększenia średnicy przewodu lub załamania go, punkt pomiaru temperatury należy oddalić o odcinek równy 3 ÷ 5 średnicom prostego przewodu od punktu pomiaru ciśnienia.

Należy zwrócić uwagę na zachowanie dostatecznej głębokości zanurzenia tulejki termometrycznej, wymaganej dla wybranej metody pomiaru temperatury.

Odcinek przewodu od oziębiacza do tulejki oraz odcinek 200 mm przewodu za tulejką w przypadku cieczy, a 500 mm za tulejką w przypadku pary powinien być izolowany.

3.3. Pomiary temperatury powietrza wpływającego do

oziębiacza i wpływającego z niego należy przeprowadzać w środkach elementarnych pól, powstałych w wyniku podziału powierzchni czołowej oziębiacza.

Podział powierzchni czołowej oziębiacza na elementarne pola pomiarowe zaleca się przeprowadzać wg PN-72/M-04600 p. 3.1.2.2.

Za wartość pomiarową temperatury powietrza zaleca się przyjąć średnią ważoną, obliczoną wg wzoru (14).

Dopuszcza się stosowanie średniej arytmetycznej.

3.4. Pomiary ciśnienia czynnika chłodniczego należy przeprowadzać w miejscach, gdzie nie ma zmiany kierunku przepływu i na odcinkach, w których nie następuje zmiana prędkości lub charakteru przepływu strugi.

Punkt pomiaru ciśnienia należy usytuować w odległości około trzech średnic przewodu od badanego oziębiacza.

Otwór impulsowy o średnicy $1,0 \pm 2,0$ mm powinien być prostopadły do wewnętrznej powierzchni ścianki przewodu i przepływającej strugi czynnika; należy zachować gładkość krawędzi otworu.

Przewód impulsowy ciśnienia należy przylutować lub przyspawać do zewnętrznej powierzchni rurociągu, w osi otworu impulsowego.

Jeżeli rurociąg jest poziomy lub pochyły, należy umieścić otwór impulsowy w górnej jego części, aby uniknąć wpływu ciśnienia hydrostatycznego cieczy czynnika na pomiar. Jeżeli amplituda wahań wskazań manometru (manowakuometru) nie przekracza $\pm 3\%$ średniej wartości ciśnienia absolutnego, za wynik przyjąć należy średnie wskazania manometru.

W przypadku przekroczenia podanej wartości amplitudy wahań, należy stosować tłumiki drgań komorowe lub syfonowe, z przewodem kapilarnym o długości około 50 mm i średnicy otworu $0,5 \pm 1,0$ mm.

Mierniki ciśnienia ze sprężystym elementem pomiarowym powinny być wykorzystane w zakresie wskazań od $\frac{1}{3}$ do $\frac{2}{3}$ skali, a w przypadku ciśnień pulsujących - od $\frac{1}{3}$ do $\frac{1}{2}$ skali.

3.5. Pomiary prędkości napywu powietrza w czołowym obrysie oziębiacza należy przeprowadzać w środkach geometrycznych elementarnych pól i należy wykorzystać te same elementarne pola, w których wykonano pomiary temperatury wg 3.3.

Za wartość pomiarową prędkości powietrza należy przyjąć średnią arytmetyczną wartości prędkości odczytanych dla elementarnych pól.

3.6. Pomiary mocy elektrycznej należy wykonać stosując mierniki wskazujące pod warunkiem, że napięcie prądu nie zmienia się w czasie pomiaru więcej niż $\pm 1\%$.

Jeżeli warunek ten nie jest spełniony, należy stosować stabilizację napięcia lub obliczać moc z poboru energii elektrycznej.

3.7. Pomiary metodami komorowymi

a) średnią temperaturę powietrza wewnątrz komór i pojemników należy określać jako średnią arytmetyczną temperatur powietrza mierzonych w odległości 0,1 m od ścian, w co najmniej 14 punktach: w ośmiu narożach i pośrodku każdej ze ścian;

b) należy zapewnić niezakłócony przepływ powietrza dookoła badanego oziębiacza; w przypadku stosowania metody C, prawidłowy przepływ powietrza stwierdza się przez porównanie prędkości powietrza przy klapie otwartej i zamkniętej;

c) rozdział ciepła od urządzenia grzejnego powietrza powinien zapewniać równomierny rozkład temperatur w komorach;

d) grzejniki powietrza należy umieszczać za osłoną uniemożliwiającą promieniowanie na oziębiacz i czujniki temperatury;

e) przewody z czynnikiem w komorach powinny być izolowane;

f) należy zapewnić szczelność kalorymetrów komorowych;

g) ściany komór zewnętrznych powinny być wykonane z materiałów o dużym oporze cieplnym;

h) komory wewnętrzne i pojemniki powinny być wykonane jako lekkie osłony termiczne o małej bezwładności cieplnej;

i) temperatura izolacji komór wewnętrznych i pojemników powinna być równa średniej temperaturze powietrza w komorach wewnętrznych i pojemnikach, z dokładnością mieszczącą się w granicach klasy dokładności mierników temperatury.

3.8. Pomiary metodą w kanale aerodynamicznym

a) objętościowe natężenie przepływu powietrza należy zmierzyć metodą zwężkową zgodnie z PN-65/M-53950,

b) rozkład elementarnych pól pomiaru temperatury powietrza należy przyjąć zgodnie z PN-72/M-04600 p. 3.1.2.2,

c) w przypadku pomiaru rozkładu prędkości powietrza rurką Prandtla lub Pitota, należy dobrać rozkład elementarnych pól pomiarowych wg PN-72/M-04600 p. 3.1.2.2,

d) wewnętrzne ściany kanału powinny być czyste i pozabawione nierówności,

e) ścianki kanału powinny być izolowane cieplnie,

f) należy zapewnić szczelność połączeń kanału, a zwłaszcza odcinka od miejsca pomiaru natężenia przepływu po-

wietrza do wypływu powietrza z oziębiacza,

g) ilość powietrza można regulować w dowolnym miejscu kanału poza odcinkiem od zwężki do oziębiacza i poza odcinkami pomiarowymi (zachowując odpowiedni odstęp od odcinków pomiarowych).

Regulację należy przeprowadzić za pomocą dodatkowego oporu, np. przesłony o zmiennym otworze przepływowym.

3.9. Pomiary metodami bilansu energetycznego czynnika chłodniczego lub pośredniczącego. Jeżeli metoda E lub F jest przyjęta jako pomiar główny, masowe natężenie przepływu czynnika zaleca się wyznaczać dwiema różnymi metodami.

4. PRYZRZĄDY POMIAROWE

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

Dopuszcza się stosowanie przyrządów o innej klasie dokładności niż podano w niniejszej normie pod warunkiem, że dopuszczalny błąd maksymalny wyznaczenia wydajności chłodniczej nie przekroczy $\pm 5\%$, natomiast dopuszczalny błąd maksymalny wyznaczenia współczynnika ciepła nie przekroczy $\pm 10\%$.

4.2. Przyrządy do pomiaru temperatury

a) Laboratoryjny termometr szklany.

b) Termometr termoelektryczny.

c) Termometr oporowy.

Przyrządy do pomiaru temperatury powinny zapewniać dokładność wskazań w następujących granicach:

- dla pomiaru temperatury powietrza wpływającego do oziębiacza i spadku temperatury podczas przepływu przez oziębiacz $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$,

- dla wyznaczenia spadku temperatury za pomocą mierzenia temperatury powietrza wpływającego i wypływającego z oziębiacza $\pm 0,05^{\circ}\text{C}$,

- dla pomiaru innych temperatur $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$.

4.3. Przyrządy do pomiaru ciśnienia

a) Manometr cieczowy.

b) Manuwakuometr z rurką Bourdona.

c) Termometr.

Przyrządy do pomiaru ciśnienia powinny zapewniać dokładność wskazań w następujących granicach:

- dla pomiaru ciśnienia czynnika na wypływie z oziębiacza dokładność wskazań powinna umożliwiać określenie temperatury nasycenia w granicach $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$,

- dla pomiaru innych ciśnień $\pm 2,0\%$ ciśnienia absolutnego.

4.4. Przyrządy do pomiaru wielkości elektrycznych

a) Wskazujące - woltomierze, watomierze, amperomierze.

b) Całkujące – liczniki energii elektrycznej.

Dokładność wskazań przyrządów powinna mieścić się w następujących granicach;

- dla przyrządów służących do pomiaru wartości energii elektrycznej wchodzących bezpośrednio do równań bilansowych $\pm 0,5\%$ wartości mierzonej wielkości,

- dla przyrządów do pomiaru energii elektrycznej innych urządzeń $\pm 1,0\%$ wartości mierzonej wielkości,

- dla woltomierzy i amperomierzy $\pm 0,5\%$ wartości mierzonej wielkości.

4.5. Przyrządy do pomiaru natężenia przepływu czynnika

a) Zbiorniki pomiarowe do pomiaru objętości ciekłego czynnika lub zbiorniki umieszczone na wagach, do pomiaru masy ciekłego czynnika.

b) Ciężkomierniki do pomiaru masy lub objętości ciekłego czynnika.

c) Przepływomierze do pomiaru masy lub objętości czynnika ciekłego lub gazowego.

d) Zwężki.

Wymienione przyrządy powinny zapewnić pomiar określania masowego natężenia przepływu czynnika z dokładnością $\pm 2,0\%$ wartości mierzonej, z uwzględnieniem dokładności pomiaru czasu.

4.6. Przyrządy do pomiaru prędkości napływu powietrza w czołowym obrysie oziębiacza:

a) Termoanemometr.

b) Anemometr skrzydełkowy.

c) Anemometr wahadłowy (welometr).

d) Rurka Prandtla.

4.7. Przyrządy do pomiaru objętościowego natężenia przepływu powietrza. Zaleca się zwężkę wg PN-65/M-53950.

4.8. Przyrządy do pomiaru gęstości czynnika. Areometr lub inne przyrządy zapewniające dokładność pomiaru $\pm 1,0\%$ w stosunku do wartości mierzonej wielkości.

4.9. Przyrządy do pomiaru wilgotności względnej powietrza. Przyrządy zapewniające dokładność pomiaru $\pm 2,0\%$ wartości mierzonej wielkości.

4.10. Przyrządy do pomiaru ciśnienia statycznego powietrza. Zaleca się mikromanometry zapewniające dokładność pomiaru $\pm 0,1\%$ wartości mierzonej wielkości.

4.11. Przyrządy do pomiaru czasu powinny zapewniać pomiar z dokładnością $\pm 0,1\%$ wartości mierzonej wielkości.

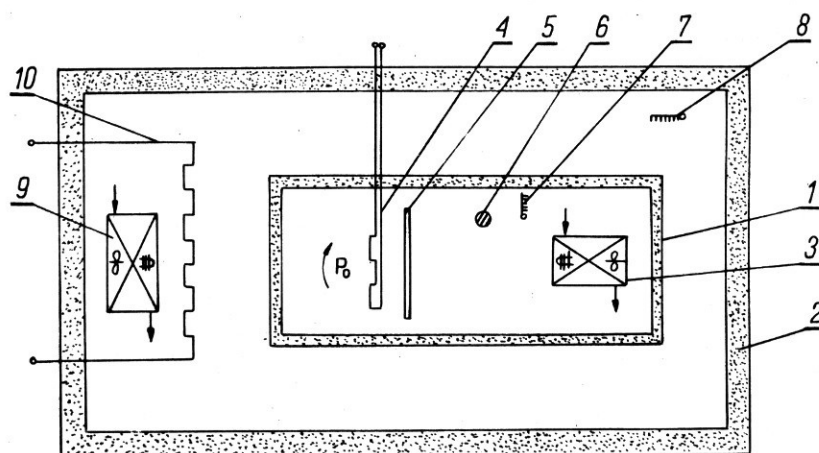
5. METODA A - KALORYMETR KOMOROWY Z ZEWNĘTRZNĄ OSŁONĄ ADIABATYCZNĄ

5.1. Zasada metody polega na bilansowaniu strumieni ciepłych wprowadzonych do kalorymetru, przy wyeliminowaniu przenikania ciepła przez ściany kalorymetru.

5.2. Stanowisko pomiarowe – wg rys. 1. Stanowisko pomiarowe składa się z dwu komór izolowanych cieplnie: wewnętrznej i zewnętrznej. W komorze wewnętrznej są zainstalowane: badany oziębiacz, grzejnik oraz czujniki pomiaru temperatury i wilgotności powietrza.

Zewnętrzna komora jest wyposażona w układ regulacji oraz czujniki pomiaru temperatury powietrza.

Rozwiązanie to umożliwia utrzymanie jednakowych temperatur powietrza w obu komorach.



BN-76/2550-04-1

Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego dla metody A

1 - komora wewnętrzna; 2 - komora zewnętrzna; 3 - badany oziębiacz; 4 - grzejnik; 5 - osłona grzejnika; 6 - czujnik pomiaru wilgotności; 7 - czujnik pomiaru temperatury powietrza w komorze wewnętrznej; 8 - czujnik pomiaru temperatury powietrza w komorze zewnętrznej; 9 - oziębiacz komory zewnętrznej; 10 - grzejnik komory zewnętrznej.

5.3. Przygotowanie do pomiarów należy przeprowadzić wg 2.3.

5.4. Sposób przeprowadzenia pomiarów, Przez regulację układu oziębiacz - grzejnik należy ustalić żadaną temperaturę powietrza w komorze wewnętrznej, ustalając równocześnie pozostałe warunki pomiaru wg 2.4.

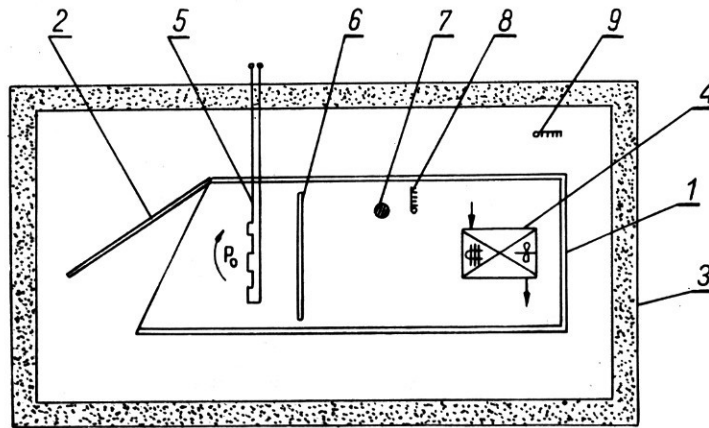
Temperaturę powietrza w komorze zewnętrznej należy doprowadzić do zadanej wartości temperatury powietrza w komorze wewnętrznej, utrzymując jednocześnie temperaturę powietrza w komorze wewnętrznej na zadanym poziomie.

Pomiary należy wykonać w okresie quasistabilnego przekazywania ciepła.

6. METODA B - KALORYMETR KOMOROWY Z WŁASNĄ OSŁONĄ ADIABATYCZNĄ

6.1. Zasada metody - wg 5.1.

6.2. Stanowisko pomiarowe - wg rys. 2 składa się z pojemnika umieszczonego w komorze izolowanej cieplnie (w warunkach eksploatacji w komorze chłodniczej). Pojemnik zaopatrzony w odchylną klapę, wykonany jest jako osłona termiczna o małej bezwładności cieplnej. W pojemniku jest zainstalowany badany oziębiacz, grzejnik oraz czujniki pomiarowe temperatury i wilgotności powietrza. Na zewnątrz pojemnika zainstalowane są czujniki pomiarowe temperatury powietrza otaczającego pojemnik.



BN-76/2550-04-2

Rys. 2. Schemat stanowiska pomiarowego dla metody B

1 - pojemnik; 2 - odchylna klapa; 3 - komora zewnętrzna; 4 - badany oziębiacz; 5 - grzejnik; 6 - osłona grzejnika; 7 - czujnik pomiaru wilgotności; 8 - czujnik pomiaru temperatury powietrza w pojemniku; 9 - czujnik pomiaru temperatury powietrza w komorze.

5.5. Wielkości mierzone

- temperatura powietrza na dopływie,
- temperatura powietrza na odpływie,
- temperatura powietrza komory wewnętrznej,
- temperatura powietrza komory zewnętrznej,
- prędkość napływu powietrza w czołowym obrysie oziębiacza,
- wilgotność względna powietrza na dopływie,
- temperatura i ciśnienie czynnika wpływającego do oziębiacza,
- temperatura i ciśnienie czynnika wyptywającego z oziębiacza,
- masowe natężenie przepływu czynnika (w przypadku oziębiaczy w systemie pompowym),
- moc grzejnika powietrza komory wewnętrznej,
- moc na zaciskach silników elektrycznych do napędu wentylatorów oziębiacza,
- moc innych źródeł ciepła (jeżeli występują).

5.6. Obliczanie wydajności chłodniczej całkowitej - wg wzoru (2):

$$\Phi = P_0 + P_w + \sum P_i \quad (2)$$

6.3. Przygotowanie do pomiarów należy przeprowadzić wg 2.3.

6.4. Sposób przeprowadzenia pomiarów, Przy otwartej klapie pojemnika należy ustalić warunki pomiaru oziębiacza wg 2.4.

Moc kompensująca działanie oziębiacza równa jest wtedy sumie mocy grzejnika powietrza, wentylatorów oziębiacza oraz strumienia ciepłego przenikającego z otoczenia przez ściany komory.

Po ustaleniu się warunków pomiaru i osiągnięcia okresu quasistabilnego przekazywania ciepła w oziębiaczu, uchylną klapę pojemnika należy zamknąć.

Moc kompensująca przy klapie zamkniętej zmniejszy się o strumień ciepły przekazywany z otoczeniem przez ściany komory.

Należy tak regulować moc grzejnika powietrza, aby temperatura powietrza w pojemniku przy zamkniętej klapie była nadal równa temperaturze poprzednio wyregulowanej przy klapie otwartej.

Zakres zmienności temperatury otoczenia pojemnika przy klapie zamkniętej nie może przekroczyć $\pm 0,5$ K.

6.5. Wielkości mierzone

- temperatura powietrza na dopływie,
- temperatura powietrza na odpływie,
- temperatura powietrza w komorze przy klapie otwartej,
- temperatura powietrza w pojemniku przy klapie zamkniętej,
- temperatura powietrza na zewnątrz pojemnika przy klapie zamkniętej,
- prędkość napływu powietrza w czołowym obrysie oziębiacza,
- wilgotność względna powietrza na dopływie,
- temperatura i ciśnienie czynnika wpływającego do oziębiacza,
- temperatura i ciśnienie czynnika wy wpływającego z oziębiacza,
- masowe natężenie przepływu czynnika (w przypadku oziębiaczy w systemie pompowym),
- moc grzejnika powietrza przy klapie otwartej,
- moc grzejnika powietrza przy klapie zamkniętej,
- moc na zaciskach silników elektrycznych do napędu wentylatorów oziębiacza,
- moc innych źródeł ciepła.

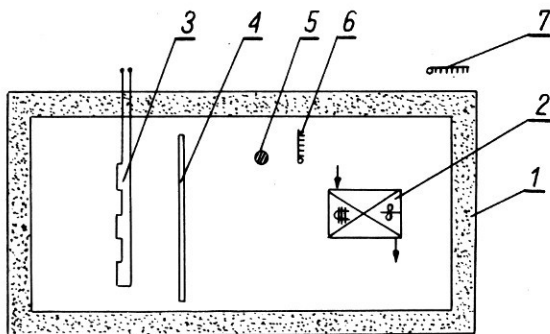
6.6. Obliczanie wydajności chłodniczej całkowitej - wg wzoru:

$$\Phi = P_0 + P_w + \sum P_i \quad (3)$$

7. METODA C - KALORYMETR KOMOROWY BEZ OSŁONY ADIABATYCZNEJ

7.1. Zasada metody polega na bilansowaniu strumieni ciepłych wprowadzonych do kalorymetru, z uwzględnieniem przenikania ciepła przez ściany kalorymetru.

7.2. Stanowisko pomiarowe - wg rys. 3 składa się z komory izolowanej cieplnie, w której zainstalowano badany oziębiacz, grzejnik oraz czujniki pomiaru temperatury i wilgotności powietrza. Na zewnątrz komory rozmieszczone są czujniki pomiaru temperatury powietrza otaczającego komorę. W warunkach eksploatacji rolę kalorymetru komorowego spełnia komora chłodnicza.



[BN-76/2550-04-3]

Rys. 3. Schemat stanowiska pomiarowego dla metody C
1 - komora; 2 - badany oziębiacz; 3 - grzejnik; 4 - osłona grzejnika; 5 - czujnik pomiaru wilgotności; 6 - czujnik pomiaru temperatury powietrza w komorze; 7 - czujnik pomiaru temperatury otoczenia komory.

7.3. Przygotowanie do pomiarów należy przeprowadzić wg 2.3.

7.4. Sposób przeprowadzenia pomiarów. Pomiar wydajności metodą C można prowadzić przy spełnieniu warunku stałej temperatury otoczenia komory. Zakres zmienności temperatury otoczenia nie może przekroczyć $\pm 0,5$ K. Przez regulację oziębiacza i grzejnika powietrza ustala się żądane parametry powietrza w komorze.

Równocześnie należy ustalić pozostałe warunki pomiaru wg 2.4. Pomiaru należy wykonać w okresie quasistabilnego przekazywania ciepła.

Kalorymetr należy wywzorcować w sposób podany w załączniku, w celu określenia wartości współczynnika przenikania ciepła przez ściany kalorymetru komorowego.

7.5. Wielkości mierzone

- temperatura powietrza na dopływie,
- temperatura powietrza na odpływie,
- temperaturę powietrza w komorze,
- temperaturę otoczenia komory,
- prędkość napływu powietrza w czołowym obrysie oziębiacza,
- wilgotność względna powietrza na dopływie,
- temperatura i ciśnienie czynnika wpływającego do oziębiacza,
- temperatura i ciśnienie czynnika wy wpływającego z oziębiacza,
- masowe natężenie przepływu czynnika (w przypadku oziębiaczy w systemie pompowym),
- moc grzejnika powietrza,
- moc na zaciskach silników elektrycznych do napędu wentylatorów oziębiacza,
- moc innych źródeł ciepła.

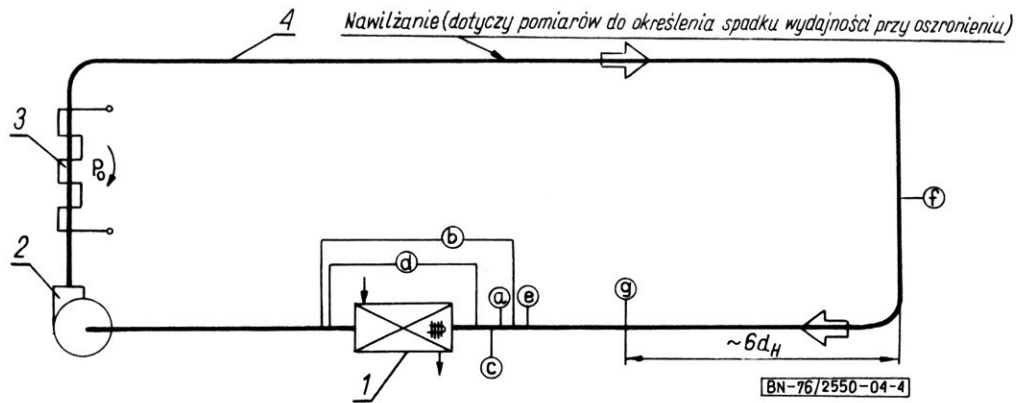
7.6. Obliczanie wydajności chłodniczej całkowitej - wg wzoru:

$$\Phi = P_0 + P_w + \sum P_i + A_K \cdot K_{K(1 \text{ lub } 2)} \cdot \Delta t_{pK} \quad (4)$$

8. METODA D - KANAŁ AERODYNAMICZNY

8.1. Zasada metody polega na określeniu wydajności chłodniczej oziębiacza przez pomiar parametrów powietrza na dopływie i odpływie powietrza z oziębiacza i pomiar objętościowego natężenia przepływu powietrza przez oziębiacz.

8.2. Stanowisko pomiarowe - wg rys. 4 składa się z kanału aerodynamicznego, w którym zainstalowano badany oziębiacz, grzejnik powietrza oraz czujniki pomiaru parametrów powietrza.



Rys. 4. Schemat stanowiska pomiarowego dla metody D I - badany oziębiacz; 2 - wentylator; 3 - grzejnik powietrza; 4 - kanał.

Rożmieszczenie punktów pomiarowych: a - pomiar temperatury powietrza wpływającego do oziębiacza; b - pomiar różnicy temperatur przed i za oziębiaczem; c - pomiar ciśnienia statycznego przed oziębiaczem; d - pomiar różnicy ciśnień statycznych powietrza przed i za oziębiaczem; e - pomiar wilgotności względnej powietrza przed i za oziębiaczem; f - pomiar natężenia przepływu powietrza metodą zwężkową; g - pomiar rozkładu prędkości powietrza wpływającego do oziębiacza.

8.3. Przygotowanie do pomiarów należy przeprowadzić wg 2.3.

8.4. Sposób przeprowadzenia pomiarów. Żądane parametry powietrza wpływającego do oziębiacza ustala się za pomocą oziębiacza i grzejnika powietrza. Jednocześnie należy ustalić pozostałe warunki pomiaru wg 2.4. Pomiaru należy wykonać w okresie quasistabilnego przekazywania ciepła.

8.5. Wielkości mierzone

- temperatura powietrza na doływie,
- spadek temperatury powietrza podczas przepływu przez oziębiacz,
- temperatura powietrza w przekroju pomiarowym objętościowego natężenia przepływu,
- objętościowe natężenie przepływu powietrza,
- rozkład prędkości powietrza wpływającego do oziębiacza,
- wilgotność względna powietrza na doływie i odpływie z oziębiacza,
- ciśnienie statyczne powietrza przed oziębiaczem,
- spadek ciśnienia statycznego powietrza podczas przepływu przez oziębiacz,
- temperatura i ciśnienie czynnika wpływającego do oziębiacza,
- temperatura i ciśnienie czynnika wyływającego z oziębiacza,
- masowe natężenie przepływu czynnika (w przypadku oziębiaczy w systemie pompowym),
- moc na zaciskach silnika elektrycznego do napędu wentylatora oziębiacza.

8.6. Obliczanie wydajności chłódniczej całkowitej - wg wzorów

$$\Phi = q_{vp} \cdot p \cdot c_p \left| \frac{t_{p2}}{t_{p1}} \right| \cdot \Delta t_p \quad (5)$$

gdzie:

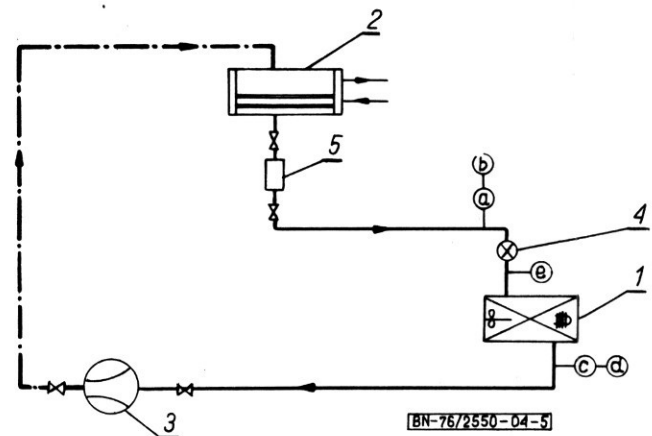
$$q_p = \frac{1 + x \cdot p_{st}}{x + 0,622 \cdot 461,5 \cdot T_p} \quad (6)$$

$$c_p \left| \frac{t_{p2}}{t_{p1}} \right| = c_{ps} \left| \frac{t_{p2}}{t_{p1}} \right| + x \cdot 1860 \quad (7)$$

9. METODA E - BILANS ENERGETYCZNY CZYNNIKA CHŁODNICZEGO W PRZYPADKU OZIĘBIACZY W SYSTEMIE CIŚNIENIOWYM

9.1. Zasada metody polega na określeniu wydajności chłódniczej oziębiacza powietrza z bilansu energetycznego czynnika chłódniczego przepłyającego przez oziębiacz.

9.2. Stanowisko pomiarowe - wg rys. 5 stanowi system chłódniczy (oziębiacz, sprężarka, skraplacz, zawór dławiący, rurociągi) wyposażony w przyrządy do pomiaru temperatur, ciśnień i natężenia przepływu czynnika z dokładnością mieszczącą się w granicach podanych w rozdz. 4.



Rys. 5. Schemat stanowiska pomiarowego dla metody D I - badany oziębiacz; 2 - skraplacz; 3 - sprężarka; 4 - zawór dławiący; 5 - miernik natężenia przepływu czynnika; a - pomiar temperatury czynnika wpływającego do oziębiacza; b - pomiar ciśnienia czynnika wpływającego do oziębiacza; c - pomiar temperatury czynnika wyływającego z oziębiacza; d - pomiar ciśnienia czynnika wyływającego z oziębiacza; e - pomiar ciśnienia czynnika za zaworem dławiącym.

9.3. Przygotowanie do pomiarów należy przeprowadzić wg 2.3.

9.4. Sposób przeprowadzenia pomiarów. Po ustaleniu warunków pomiaru wg 2.4, należy przeprowadzić pomiary w okresie quasistabilnego przekazywania ciepła. Z pomiaru ciśnienia i temperatury czynnika wpływającego i wypływającego z oziębiacza należy określić przyrost entalpii czynnika w oziębiaczu.

9.5. Wielkości mierzone

- temperatura powietrza na dopływie,
- temperatura powietrza na odpływie,
- prędkość napływu powietrza w czołowym obrysie oziębiacza,
- wilgotność względna powietrza na dopływie,
- temperatura i ciśnienia czynnika wpływającego do oziębiacza,
- temperatura i ciśnienie czynnika wypływającego z oziębiacza,
- ciśnienie czynnika za zaworem rozprężonym,
- masowe natężenie przepływu czynnika,
- moc na zaciskach silników elektrycznych do napędu wentylatorów oziębiacza.

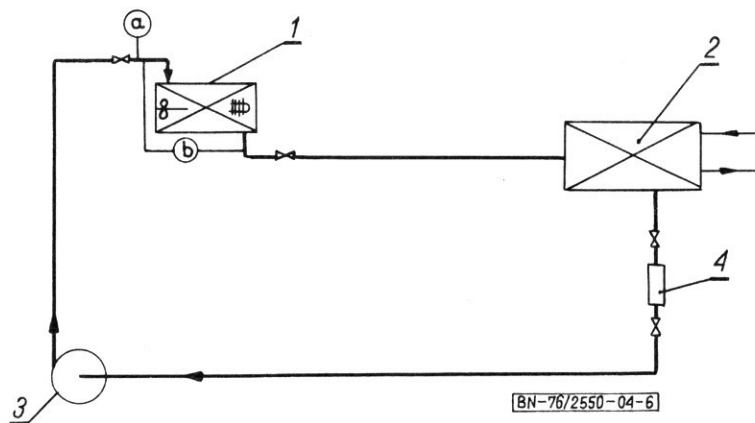
9.6. Obliczanie wydajności chłodniczej całkowitej - wg wzoru:

$$\Phi = q_m \cdot (h_2 - h_1) \quad (8)$$

10. METODA F - BILANS ENERGETYCZNY CZYNNIKA POŚREDNICZĄCEGO

10.1. Zasada metody polega na określeniu wydajności chłodniczej oziębiacza powietrza z bilansu energetycznego czynnika pośredniczącego przepływającego przez oziębiacz.

10.2. Stanowisko pomiarowe - wg rys. 6 stanowi system chłodniczy (oziębiacz, pompa, wymiennik ciepła, rurociągi) wyposażony w przyrządy do pomiaru temperatur, ciśnień i natężenia przepływu czynnika z dokładnością mieszczącą się w granicach podanych w rozdz. 4.



Rys. 6. Schemat stanowiska pomiarowego dla metody F

1 - badany oziębiacz; 2 - wymiennik ciepła; 3 - pompa; 4 - miernik natężenia przepływu czynnika pośredniczącego; a - temperatura czynnika pośredniczącego wpływającego do oziębiacza; b - różnica temperatury czynnika pośredniczącego pomiędzy temperaturą na dopływie i odpływie z oziębiacza.

10.3. Przygotowanie do pomiarów należy przeprowadzić wg 2.3.

10.4. Sposób prowadzenia pomiarów. Po ustaleniu warunków pomiaru wg 2.4, należy wykonać pomiary w okresie quasistabilnego przekazywania ciepła.

10.5. Wielkości mierzone

- temperatura powietrza na dopływie,
- temperatura powietrza na odpływie,
- prędkość napływu powietrza w czołowym obrysie oziębiacza,
- wilgotność względna powietrza na dopływie,
- temperatura czynnika pośredniczącego wpływającego do oziębiacza,
- różnica między temperaturą czynnika pośredniczącego, wpływającego do oziębiacza, a temperaturą czynnika pośredniczącego wypływającego z niego,
- masowe natężenie przyprływu czynnika pośredniczącego,
- gęstość czynnika pośredniczącego,
- moc na zaciskach silników elektrycznych do napędu wentylatorów oziębiacza.

10.6. Obliczanie wydajności chłodniczej całkowitej - wg wzoru:

$$\Phi = q_m \cdot C_{21} \cdot \Delta t_2 \quad (9)$$

11. WYZNACZANIE SPADKU WYDAJNOŚCI OZIĘBIACZA WSKUTEK JEGO OSZRONIENIA

Pomiary do wyznaczenia spadku wydajności oziębiacza wskutek jego oszronienia można przeprowadzić według dowolnej, podanej w tabl. 2 i 3 metody pomiarowej.

Pomiary te należy przeprowadzić, utrzymując następujące ustalone warunki:

- a) dla oziębiaczy w systemach chłodzenia bezpośrednich, ciśnieniowych
 - temperaturę powietrza wpływającego do oziębiacza,
 - wilgotność względną powietrza wpływającego do oziębiacza (przewidzianą dla normalnych warunków eksploatacji oziębiacza),

- temperaturę parowania czynnika;
- b) dla osiźbiaczy w systemach bezpośrednich, pompowych
 - temperaturę powietrza wpływającego do osiźbiacza,
 - wilgotność względną powietrza wpływającego do osiźbiacza (przewidzianą dla normalnych warunków eksploatacji osiźbiacza),
 - temperaturę parowania;
 - natężenie przepływu czynnika;
- c) dla osiźbiaczy w systemach chłodzenia pośrednich
 - temperaturę powietrza wpływającego do osiźbiacza,
 - wilgotność względną powietrza wpływającego do osiźbiacza (przewidzianą dla normalnych warunków eksploatacji osiźbiacza),
 - temperaturę czynnika na wypływie,
 - natężenie przepływu czynnika.

Pomiar należy prowadzić do momentu, w którym wydajność chłodnicza osiźbiacza obniża się do 50% wydajności nieosronionego osiźbiacza.

Należy podać zależność wykreślną spadku wydajności od czasu osronienia, a także masę wody uzyskaną w procesie odszraniania.

12. OBLICZANIE WIELKOŚCI CHARAKTERYSTYCZNYCH

Do obliczania wielkości charakterystycznych zaleca się przyjąć dane pomiarowe z okresu quasistabilnego przekazywania ciepła:

- a) obliczanie wydajności chłodniczej całkowitej
 - metodą A wg wzoru (2),
 - metodą B wg wzoru (3),
 - metodą C wg wzoru (4),
 - metodą D wg wzoru (5),
 - metodą E wg wzoru (8),
 - metodą F wg wzoru (9);
- b) obliczanie wydajności chłodniczej użytecznej wg wzoru

$$\Phi_u = \Phi - P_w \quad (10)$$

- c) obliczanie jednostkowego obciążenia cieplnego wg wzoru

$$\varphi = \frac{\Phi}{A_z} \quad (11)$$

- d) obliczanie logarytmicznej różnicy temperatur wg wzoru (1);

e) obliczanie współczynnika przenikania ciepła wg wzoru

$$K = \frac{\Phi}{\Delta t_m \cdot A_z} \quad (12)$$

f) obliczanie liczby recyrkulacji wg wzoru

$$N = \frac{r_o \cdot q_m}{\Phi} \quad (13)$$

- g) obliczanie średniej ważonej temperatury powietrza wg wzoru

$$\bar{t}_p (1 \text{ lub } 2) = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot t_i}{W_1} \quad (14)$$

13. OCENA BŁĘDÓW POMIARU

W celu oceny sumarycznego błędu wyznaczania wydajności i współczynnika przenikania na podstawie pomiarów, konieczne jest określenie błędu przypadkowego i systematycznego.

Błąd przypadkowy należy obliczyć jako średni błąd kwadratowy odchyłek przypadkowych wszystkich wartości pomiarowych, użytych do obliczenia mierzonej wielkości.

Błąd systematyczny zależy przede wszystkim od zawartości oleju w czynniku oraz dokładności stosowanych przyrządów.

W przypadku gdy udział masowy oleju w czynniku nie przekracza 2%, błąd systematyczny wynikający z zaolejenia pomija się.

Minimalna wartość błędu systematycznego jest określona dokładnością stosowanych przyrządów.

W przypadku gdy wyznaczana wielkość nie jest mierzona bezpośrednio, lecz na podstawie innych wielkości, błąd maksymalny można określić w przybliżeniu metodą różniczki zupełnej:

$$\Delta y_{max} = \left| \frac{dy}{dx_1} \cdot \Delta x_1 \right| + \left| \frac{dy}{dx_2} \cdot \Delta x_2 \right| + \dots + \left| \frac{dy}{dx_n} \cdot \Delta x_n \right| \quad (15)$$

gdzie szukana wielkość y jest funkcją wielkości x

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (16)$$

przy czym x_1, x_2, \dots, x_n - niepewności systematyczne (dokładności przyrządów).

Maksymalny błąd nie powinien przekroczyć przy wyznaczaniu:

- wydajności chłodniczej $\pm 5\%$,
- współczynnika przenikania ciepła $\pm 10\%$,

14. PROTOKÓŁ POMIARÓW

Wyniki pomiarów należy ująć w protokole, który powinien zawierać:

- a) datę, miejsce i wykonawcę pomiarów,
- b) czas rozpoczęcia i zakończenia pomiarów,
- c) nazwę wytwórcy i typ osiźbiacza,
- d) rodzaj czynnika,
- e) opis podstawowych warunków pomiarów,
- f) zastosowane metody pomiarowe,
- g) średnie wartości odczytane z pomiarów,
- h) obliczenia mierzonych wielkości,
- i) ocenę błędów,
- j) zestawienie źródeł przyjętych własności fizycznych,
- k) zestawienie wyników,
- l) opis przebiegu badań i wnioski.

KONIEC

Załącznik

Informacje dodatkowe

CHOWANIE KALORYMETRU KOMOROWEGO1. Warunki cechowania. Należy określić:

a) średnie temperatury powietrza wewnątrz komory i powietrza otaczającego komorę – jako średnie arytmetyczne temperatury powietrza mierzonych w odległości 0,1 m od ścian, w 14 punktach: w ośmiu narożach komory i w środku każdej z sześciu ścian komory; średnie temperatury nie powinny podlegać większym wahanom niż $\pm 0,5$ K;

b) wilgotność względną powietrza wewnątrz komory – jako wartość wynikową przy spełnieniu pozostałych warunków pomiaru.

Właściwy pomiar należy wykonać w ustalonych warunkach pomiaru, po upływie co najmniej 12 godz od chwili uzyskania warunków ustalonych i kontynuować w tych warunkach przez co najmniej 12 godz, przy czym:

– maksymalna różnica temperatur między najwyższą i najniższą temperaturą powietrza w komorze nie powinna przekraczać 3 K,

– maksymalna różnica temperatur między najwyższą i najniższą temperaturą otoczenia komory nie powinna przekraczać 2 K,

– cechowanie komory zaleca się prowadzić przy takiej prędkości powietrza na zewnątrz i wewnątrz komory, jaką narzucają warunki pomiarów oziębiacza,

– cechowanie komory zaleca się prowadzić przy zakresie temperatur przewidzianym do pomiarów oziębiacza.

2. Cechowanie metodą ogrzewania. Wewnątrz komory, za pomocą grzejnika o regulowanej mocy, należy utrzymywać temperaturę powietrza wyższą co najmniej o 15 K od temperatury otoczenia.

Należy określić:

a) całkowity strumień ciepła wprowadzony do komory – wg wzoru

$$P_{c1} = P_g + P_w + \sum P_i \quad (Z-1)$$

b) temperaturę powietrza wewnątrz komory – wg wzoru

$$t_{pw} = \frac{\sum_{n=1}^{n=14} t_{pwn}}{n} \quad (Z-2)$$

c) temperaturę powietrza otaczającego komorę – wg wzoru

$$t_{pz} = \frac{\sum_{n=1}^{n=14} t_{pzn}}{n} \quad (Z-3)$$

d) współczynnik przenikania ciepła ścian kalorymetru – wg wzoru

$$K_{K1} = \frac{P_{c1}}{A_K \cdot (t_{pw} - t_{pz})} \quad (Z-4)$$

3. Cechowanie metodą chłodzenia. Wewnątrz komory należy utrzymywać temperaturę powietrza niższą co najmniej o 15 K od temperatury otoczenia. W tym celu z komory należy wyprowadzić strumień ciepła za pomocą oziębiacza, którego wydajność można określić z bilansu energii czynnika lub którego charakterystyka jest znana:

– całkowity strumień ciepła wyprowadzony z komory – wg wzoru

$$P_{c2} = \Phi - P_w - \sum P_i \quad (Z-5)$$

– temperaturę powietrza wewnątrz komory – wg wzoru

(Z-2)

– temperaturę powietrza otaczającego komorę – wg wzoru (Z-3)

– współczynnik przenikania ciepła ścian kalorymetru – wg wzoru

$$K_{K2} = \frac{P_{c2}}{A_K \cdot (t_{pz} - t_{pw})} \quad (Z-6)$$

INFORMACJE DODATKOWE

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

2. Normy związane

PN-72/M-04600 Przemysłowe sprężarkowe urządzenia chłodnicze. Metody badań

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

PN-75/M-04605 Chłodnictwo. Próby szczelności urządzeń chłodniczych o napełnieniu czynnikiem powyżej 5 kg

PN-69/M-04606 Urządzenia chłodnicze. Jednostopniowe sprężarki waporowe. Metody pomiarów

PN-67/M-04610 Urządzenia chłodnicze. Aparaty. Nazwy, określenia i podział

PN-65/M-53950 Pomiar natężenia przepływu płynów za pomocą zwęzek

3. Normy zagraniczne

USA ASRE 25-56 Method of rating air coolers for refrigeration