

MASZYNY I URZĄDZENIA CHŁODNICZE	NORMA BRANŻOWA	BN-76
	Przemysłowe urządzenia chłodnicze	2550-06
	Agregaty skraplające sprężarkowe	
	Metody pomiarów	Grupa katalogowa IV 89

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP

- 1.1. Przedmiot normy
- 1.2. Rodzaje metod pomiarowych
 - 1.2.1. Metody pomiaru masy strumienia czynnika obiegowego
 - 1.2.2. Metody pomiaru mocy agregatu skraplającego
 - 1.2.3. Metody pomiaru zużycia wody chłodzącej
 - 1.2.4. Metody pomiaru prędkości powietrza chłodzącego
- 1.3. Zakres stosowania normy
- 1.4. Określenia
 - 1.4.1. Agregat skraplający sprężarkowy
 - 1.4.2. Napełnienie agregatu
 - 1.4.3. Masa strumienia czynnika chłodniczego
 - 1.4.4. Wydajność chłodnicza agregatu skraplającego
 - 1.4.5. Wydajność chłodnicza normalna agregatu skraplającego
 - 1.4.6. Dochłodzenie czynnika za agregatem
 - 1.4.7. Moc napędowa agregatu skraplającego
 - 1.4.8. Sprawność termiczna agregatu skraplającego
 - 1.4.9. Zużycie wody chłodzącej
 - 1.4.10. Prędkość masowa powietrza
 - 1.4.11. Pomiary główne
 - 1.4.12. Pomiary potwierdzające
 - 1.4.13. Porównawcze (normalne) warunki termiczne pracy agregatu skraplającego
- 1.5. Symbole wielkości stosowanych w normie

2. WYTYCZNE OGÓLNE

- 2.1. Ustalanie warunków
- 2.2. Przygotowanie do pomiarów

3. WARUNKI POMIARÓW

- 3.1. Postanowienia ogólne
- 3.2. Pomiary ciśnienia i temperatury
- 3.3. Pomiary mocy
- 3.4. Wyznaczenie średniej prędkości powietrza chłodzącego

4. STANOWISKO BADAWCZE I PRZYRZĄDY POMIAROWE

- 4.1. Stanowisko badawcze
- 4.2. Przyrządy pomiarowe

5. SPOSÓB POMIARU**6. METODY POMIARU**

- 6.1. Metody pomiaru masy strumienia czynnika obiegowego
- 6.2. Metody pomiaru mocy agregatu skraplającego
- 6.3. Metody pomiaru zużycia wody chłodzącej
- 6.4. Metody pomiaru prędkości powietrza chłodzącego

7. OBLICZENIA WIELKOŚCI CHARAKTERYSTYCZNYCH

- 7.1. Obliczenie wydajności chłodniczej agregatu
- 7.2. Sprawność termiczna agregatu
- 7.3. Prędkość masowa powietrza

8. OCENA BŁĘDÓW POMIARU I ROZBIEŻNOŚCI MIĘDZY WYNIKAMI UZYSKANYMI Z DWU NIEZALEŻNYCH POMIARÓW

- 8.1. Błąd pomiaru
- 8.2. Dopuszczalny błąd pomiaru wydajności agregatu
- 8.3. Rozbieżność między wynikami uzyskanymi z dwu niezależnych pomiarów strumienia masy

9. SPRAWOZDANIE Z POMIARÓW**INFORMACJE DODATKOWE**

1. Instytucja opracowująca normę
2. Normy związane
3. Normy zagraniczne
4. Symbole wielkości stosowanych w normie

Zgłoszona przez Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Przemysłu Budowy Urządzeń
Chemicznych CEBEA

Ustanowiona przez Dyrektora Zjednoczenia Przemysłu Budowy Urządzeń
Chemicznych dnia 20 grudnia 1976 r.

jako norma obowiązująca w zakresie czynności określonych normą
od dnia 1 października 1977 r.
(Dz. Norm. i Miar nr 3/1977 poz. 8)

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są metody pomiarów agregatów skraplających stosowanych w chłodnictwie, zasilanych energią elektryczną i wyposażonych w jednostopniowe sprężarki wyporowe.

Podane metody mogą być wykorzystywane przy badaniach agregatów z innym źródłem napędu.

1.2. Rodzaje metod pomiarowych

1.2.1. Metody pomiaru masy strumienia czynnika obiegowego

- a) metody kalorymetryczne — A, B, C, G,
- b) metoda polegająca na pomiarze przepływu czynnika pomiarowego — D,
- c) metoda polegająca na pomiarze całkowitej ilości ciekłego czynnika krążącego w obiegu pomiarowym — F.

1.2.2. Metody pomiaru mocy agregatu skraplającego

- a) za pomocą watomierzy,
- b) z zastosowaniem liczników energii elektrycznej.

1.2.3. Metody pomiaru zużycia wody chłodzącej — za pomocą przepływomierzy.

1.2.4. Metody pomiaru prędkości powietrza chłodzącego — za pomocą anemometrów.

1.3. Zakres zastosowania normy. Norma obejmuje metody pomiarów stosowane przy określaniu:

- wydajności chłodniczej agregatu,
- mocy napędowej agregatu,
- sprawności termicznej agregatu,
- zużycia wody chłodzącej (dla agregatów ze skraplaczem wodnym),
- prędkości masowej powietrza (dla agregatów ze skraplaczem chłodzonym powietrzem).

Podane metody oraz sposoby ich stosowania zapewniają dokładność pomiarów wymaganą przy sporządzaniu charakterystyk agregatów oraz oceny poprawności działania w obszarze zadanych warunków termicznych.

1.4. Określenia

1.4.1. Agregat skraplający sprężarkowy — urządzenie przeznaczone do sprężania i skraplania czynnika chłodniczego.

Agregat składa się ze skraplacza, sprężarki wraz z silnikiem napędowym (sprężarek) oraz osprzętu pomocniczego, połączonych wzajemnie w niezależny układ funkcjonalny i mających wspólną automatykę i sterowanie.

Ze względu na sposób chłodzenia skraplacza i związane z tym różnice konstrukcyjne, agregaty skraplające dzieli się na:

a) agregaty skraplające ze skraplaczem chłodzonym wodą,

b) agregaty skraplające ze skraplaczem chłodzonym powietrzem.

1.4.2. Napełnienie agregatu — objętość (masa) ciekłego czynnika zapełniająca skraplacz, przewody i zbiorniki cieczy agregatu podczas pracy agregatu przy zadanych parametrach termicznych.

1.4.3. Masa strumienia czynnika chłodniczego q_{mz} — masowe natężenie przepływu czynnika chłodniczego przetwarzanego przez sprężarkę (sprężarki) agregatu w warunkach termicznych określonych ciśnieniem wrzenia i temperaturą ssania, występujących w przekroju pomiarowym na dopływie do agregatu oraz:

a) dla agregatów ze skraplaczem chłodzonym wodą — ciśnieniem nasycenia odpowiadającym temperaturze skraplania w skraplaczu przy zadanej temperaturze wody chłodzącej występującej w przekroju pomiarowym na dopływie do skraplacza i zadaniem napełnieniem agregatu,

b) dla agregatu ze skraplaczem chłodzonym powietrzem — temperaturą powietrza w przekroju pomiarowym na dopływie do skraplacza i zadaniem napełnieniem agregatu.

1.4.4. Wydajność chłodnicza agregatu skraplającego Φ_{oa} — iloczyn masy strumienia q_{mz} czynnika chłodniczego przepływającego przez agregat skraplający i różnicy entalpii właściwych tego czynnika przy parametrach termicznych występujących w przekrojach pomiarowych na rurociągu ssawnym i rurociągu cieczowym agregatu:

$$\Phi_{oa} = q_{mz} (h_p - h_c) \quad (1)$$

1.4.5. Wydajność chłodnicza normalna agregatu skraplającego Φ_{ona} — wydajność określona w porównawczych (normalnych) warunkach termicznych pracy agregatu.

1.4.6. Dochłodzenie czynnika za agregatem Δt_d — różnica między wartością temperatury nasycenia odpowiadającej ciśnieniu ciekłego czynnika w przekroju pomiarowym za agregatem i rzeczywistej wartości temperatury czynnika w tym przekroju.

1.4.7. Moc napędowa agregatu skraplającego P_a — odniesiony do czasu średni sumaryczny pobór energii napędowej i grzejnej oraz pozostałych urządzeń wchodzących w skład agregatu.

1.4.8. Sprawność termiczna agregatu skraplającego ε_{za} — stosunek wydajności chłodniczej agregatu do mocy napędowej agregatu:

$$\varepsilon_{za} = \frac{\Phi_{oa}}{P_a} \quad (2)$$

1.4.9. Zużycie wody chłodzącej q_{mw} — odniesiony do czasu średni pobór wody chłodzącej skraplacz oraz sprężarkę agregatu (jeśli jest chłodzona wodą z niezależnego dopływu).

1.4.10. Prędkość masowa powietrza — iloczyn średniej prędkości powietrza w_{pw} na dopływie do skraplacza i gęstości powietrza ρ_{pw} odpowiadającej jego średniej temperaturze występującej w przekroju pomiarowym na dopływie do skraplacza

$$w_{mpw} = w_{pw} \cdot \rho_{pw} \quad (3)$$

1.4.11. Pomiary główne — pomiary, za pomocą których wyznacza się masę strumienia czynnika chłodniczego q_{mz} .

1.4.12. Pomiary potwierdzające — pomiary, za pomocą których stwierdza się, czy wynik pomiarów głównych można uznać za poprawny.

1.4.13. Porównawcze (normalne) warunki termiczne pracy agregatu skraplającego — warunki, w których należy wyznaczać normalną wydajność chłodniczą i wskaźniki agregatu w celach porównawczych. Warunki te ujęto w tabl. 1.

Tablica 1

Rodzaj agregatu		Agregaty ze skraplaczem chłodzonym wodą						Agregaty ze skraplaczem chłodzonym powietrzem						
Przeznaczenie	t_0 °C	Rodzaj czynnika	t_{ss} °C	t_{w1} °C		t_k °C		Rodzaj czynnika	t_{ss} °C				t_{pw1} °C	
				Strefa klimatyczna					Strefa klimatyczna					
				umiarkowana	tropikalna	umiarkowana	tropikalna		umiarkowana	tropikalna	umiarkowana	tropikalna		
do niskich temperatur	-35	R13B1, R22, R502	-20	20	35	40	50	R22, R502	32	-20	43	-20	32	43
		NH ₃				35	45							
do średnich temperatur	-25	R12	20	20	35	40	50	R12	32	20	43	20	32	43
		R22, R502				35	45							
		NH ₃				35	45							
	-15	R12	20	20	35	40	50	R12	32	20	43	20	32	43
		R22, R502				35	45							
		NH ₃				35	45							
do klimatyzacji	5	R12, R22, R502	20	20	35	40	50	R12, R22, R502	32	20	43	20	32	43
		NH ₃				15	35							

a) Δt_a = wynikowe przy zadanym napełnieniu agregatu, ale $\geq 0,5$ K

b) Δt_a = gdy napełnienie nie znane — 0,5 K dla agregatów ze skraplaczem chłodzonym powietrzem
— 1 K dla agregatów ze skraplaczem chłodzonym wodą

a) $t_a = 20 \div 30^\circ\text{C}$ dla strefy klimatycznej umiarkowanej

b) $t_a = 35 \div 45^\circ\text{C}$ dla strefy klimatycznej tropikalnej

$$t_a = t_{pw1}$$

¹⁾ Wartości temperatury ssania dla agregatów ze sprężarką o $V_s \geq 5$ m³/h.

1.5. Symbole wielkości stosowanych w normie— wg tabl. 2.

Tablica 2

Symbol	Jednostka miary	Nazwa wielkości
1	2	3
ρ_{pw}	kg/m ³	Gęstość powietrza
v_{ss}	m ³ /kg	Objętość właściwa parowego czynnika na dopływie do agregatu
v_{sen}	m ³ /kg	Objętość właściwa parowego czynnika w warunkach ssania odpowiadających danym warunkom termicznym badań
q_{mw}	kg/s	Zużycie wody chłodzącej
q_{mz}	kg/s	Masa strumienia czynnika chłodniczego przepływającego przez agregat skraplający, wyznaczona przez pomiar główny
q'_{mz}	kg/s	Masa strumienia czynnika chłodniczego przepływającego przez agregat skraplający, wyznaczona przez pomiar potwierdzający
V_s	m ³ /s	Wydajność skokowa sprężarki agregatu
P_a	W	Moc napędowa agregatu skraplającego
p_o	MPa	Ciśnienie nasycenia odpowiadające temperaturze wrzenia t_o
p_d	MPa	Ciśnienie czynnika chłodniczego na odpływie z agregatu skraplającego
p_{ss}	MPa	Ciśnienie ssania
t_{ss}	°C	Temperatura ssania
t_d	°C	Temperatura czynnika chłodniczego na odpływie z agregatu skraplającego, (temperatura przechłodzenia)
t_o	°C	Temperatura wrzenia czynnika
t_{ssn}	°C	Temperatura ssania czynnika chłodniczego w warunkach odpowiadających danym warunkom termicznym badań
t_{w1}	°C	Temperatura wody na dopływie do skraplacza
t_k	°C	Temperatura skraplania
t_{pw1}	°C	Temperatura powietrza na dopływie do skraplacza
t_a	°C	Temperatura powietrza otaczającego agregat
Δt_d	K	Dochłodzenie czynnika za agregatem
Φ_{oa}	W	Wydajność chłodnicza agregatu skraplającego
Φ_{ona}	W	Wydajność chłodnicza normalna agregatu skraplającego
h_p	J/kg	Entalpia właściwa pary czynnika określona ciśnieniem wrzenia i daną temperaturą ssania na dopływie do agregatu
h_o	J/kg	Entalpia właściwa ciekłego czynnika określona temperaturą czynnika na odpływie z agregatu
ε_{za}		Sprawność termiczna agregatu skraplającego
w_{mpw}	m/s	Prędkość masowa powietrza
w_{pw}	m/s	Średnia prędkość powietrza na dopływie do skraplacza
X		Rozbieżność między wynikami uzyskanymi z dwóch niezależnych pomiarów strumienia masy

2. WYTYCZNE OGÓLNE

2.1. Ustalanie warunków. Podane metody pomiarów mają zastosowanie wyłącznie do agregatów skraplających działających w sposób ciągły

w ustalonych warunkach ruchu.

Warunki można uznać za ustalone, jeśli zmiany wartości podstawowych dla badań wielkości mierzonych będą się mieścić w następujących granicach:

a) ciśnienia absolutne lub odpowiadające im temperatury nasycenia $p_{ss}(t_0)$ i p_d czynnika chłodniczego w przekrojach pomiarowych na dopływie do agregatu i na odpływie z agregatu nie powinny zmieniać się więcej niż o $\pm 1\%$,

b) temperatury ssania t_{ss} i t_d czynnika chłodniczego w przekrojach pomiarowych na dopływie do agregatu i na odpływie z agregatu nie powinny zmieniać się więcej niż o $\pm 1^\circ\text{C}$,

c) temperatura otoczenia w pomieszczeniach, w którym znajduje się agregat i bilansowane aparaty, nie powinna zmieniać się więcej niż o $\pm 0,5^\circ\text{C}$,

d) prędkość obrotowa sprężarki nie powinna zmieniać się więcej niż o $\pm 1\%$.

Granice zmienności pozostałych wielkości mierzonych podstawowych dla zastosowanych metod pomiarowych podane są w opisach tych metod. Odchylenia zmierzonych wartości parametrów termicznych pracy agregatu od wartości podanych w tabl. 1 i 3, lub zadanych w programie badań, powinny mieścić się w granicach zmienności wielkości mierzonych.

Dla temperatury i ciśnienia w przekroju pomiarowym na dopływie do agregatu dopuszcza się takie odchylenia od wartości zadanych, przy których objętość właściwa parowego czynnika v_{ss} nie różni się więcej niż o $\pm 2\%$ od wartości v_{ssn} odpowiadającej warunkom zadany.

2.2. Przygotowanie do pomiarów. Układ pomiarowy (stanowisko badawcze — agregat skraplający) powinien być szczelny zewnętrznie oraz mieć sprawdzoną szczelność wewnętrzną zamknięć na tych połączeniach w obrębie instalacji, które umożliwiają przepływ czynnika obiegowego poza przyrządem lub urządzeniem pomiarowym.

Układ powinien być napełniony odpowiednią ilością czynnika i oleju smarowego.

Objętość czynnika chłodniczego, którą należy wprowadzić do układu, powinna być taka, aby podczas pracy agregatu przy zadanych parametrach termicznych ruchu, poziom czynnika w skraplaczu lub w zbiorniku cieczy (włączonym szeregowo do obiegu) był zgodny z zaleceniami wytwórcy.

Jeśli badany agregat nie ma podanej wysokości poziomu czynnika, należy do obiegu wprowadzić tyle czynnika, aby przy zadanych parametrach termicznych obiegu, przechłodzenie jego w przekroju pomiarowym na odpływie z agregatu skraplającego wynosiło:

0,5 K — dla agregatów ze skraplaczem chłodzonym powietrzem,

1 K — dla agregatów ze skraplaczem chłodzonym wodą.

Zawartość wagowa oleju w ciekłym czynniku zapełniającym skraplacz i zbiorniki cieczy nie po-

winna przekraczać 1 do 2% (zawartość oleju w roztworze olej-czynnik może być wyznaczona sposobem podanym w PN-69/M-04606 załącznik 7).

Czynnik i olej powinny mieć czystość zapewniającą normalne działanie agregatu w ruchu ciągłym i utrzymanie niedokładności pomiarów w ustalonych granicach.

Przed rozpoczęciem pomiarów należy sprawdzić nieobecność gazów nieskrapających się. Obecność lub nieobecność gazów nieskrapających się można stwierdzić między innymi mierząc podczas postoju agregatu ciśnienie i temperaturę czynnika w przestrzeni parowej skraplacza lub zbiornika cieczy i porównując zmierzoną temperaturę z temperaturą nasycenia czynnika odpowiadającą zmierzonemu ciśnieniu. Dotyczy to również innych aparatów układu.

Jeśli skraplacz agregatu wyposażony jest w urządzenie do automatycznej regulacji ciśnienia skraplania, należy urządzenie to na okres pomiarów zdemontować lub zablokować w położeniu maksymalnie otwartym.

Jeśli w skład agregatu wchodzi odolejacz działający w sposób okresowy, należy przedsięwziąć odpowiednie środki ostrożności, aby powrót oleju do karteru sprężarki nie naruszał warunków ustalonych w okresie pomiarowym.

3. WARUNKI POMIARÓW

3.1. Postanowienia ogólne. Podczas badań agregat skraplający powinien mieć kompletne wyposażenie niezbędne do poprawnego działania i przewidziane dla niego w warunkach eksploatacji.

Przy wyznaczaniu wydajności chłodniczych oraz innych charakterystyk agregatu w warunkach termicznych obiegu, różnych od warunków porównawczych (normalnych), zaleca się ustalić poszczególne parametry termiczne wg tabl. 3.

3.2. Pomiary ciśnienia i temperatury. Ciśnienie p_0 i temperaturę t_{ss} czynnika chłodniczego na dopływie do agregatu skraplającego należy mierzyć w tym samym przekroju pomiarowym w prostoliniowym przewodzie o jednakowym przekroju, w odległości 300 mm lub równej 8 średnicom przewodu, jeśli jest to wartość większa od dopływu do agregatu lub zaworu odcinającego, jeśli stanowi on wyposażenie agregatu.

Ciśnienie p_d i temperatura t_d czynnika na odpływie z agregatu skraplającego, a także ciśnienia i temperatury na dopływie i odpływie zbilansowanych aparatów należy mierzyć w tym samym przekroju pomiarowym, w odległości od agregatu (aparatu, zaworu odcinającego), równej 3 średnicom przewodu.

Tablica 3

Parametry termiczne obiegu odniesienia	Czynnik		
	R12	R22, R502	NH ₃
Agregaty ze skraplaczem chłodzonym wodą			
t_0, t_{w1}, t_k	dowolne w zakresie dopuszczalnych dla danego agregatu		
t_{ss}	20°C	$t_0 + 15$ K	$t_0 + 15$ K dla $t_0 \leq 0$ $t_0 + 10$ K dla $t_0 > 0$
Δt_d	a) wynikowe przy określonym napełnieniu agregatu, ale $\geq 0,5$ K, b) gdy napełnienie nie jest znane — 1 K		
a) $t_d = 20 \div 30^\circ\text{C}$ dla klimatu umiarkowanego b) $t_d = 35 \div 45^\circ\text{C}$ dla klimatu tropikalnego			
Agregaty ze skraplaczem chłodzonym powietrzem			
t_0, t_{pw1}	dowolne w zakresie dopuszczalnym dla danego agregatu		—
t_{ss}	a) $t_{ss} = t_{pw1}$ dla $V_s < 5$ m ³ /h		—
	20°C b) dla $V_s \geq 5$ m ³ /h	$t_0 + 15$ K dla $V_s \geq 5$ m ³ /h	
Δt_d	a) wynikowe przy określonym napełnieniu agregatu, ale $\geq 0,5$ K b) gdy napełnienie nie jest znane — 0,5 K		
$t_d = t_{pw1}$			

Przy pomiarze temperatury czynnika chłodniczego, szczególnie tam, gdzie według temperatury określa się entalpię czynnika, należy przestrzegać następujących zasad:

— przy pomiarze temperatury pary przegrzanej minimalne przegrzanie powinno wynosić 8 do 15 K dla czynników chlorowcopochodnych i 5 do 10 K dla amoniaku (NH₃),

— przy pomiarze temperatury cieczy, minimalne przechłodzenie powinno wynosić 3 K.

Przy pomiarze temperatury w przekroju pomiarowym za agregatem dopuszcza się przechłodzenie minimalne:

— 0,5 K dla agregatów ze skraplaczem chłodzonym powietrzem,

— 1 K dla agregatów ze skraplaczem chłodzonym wodą,

— temperaturę wody chłodzącej na dopływie do skraplacza i sprężarki oraz na odpływie z nich należy mierzyć w przekrojach pomiarowych w odległości równej 3 do 5 średnic przewodu od króćca zasilającego (odpływowego).

Przy instalowaniu tulejek termometrycznych i wykonywaniu otworów impulsowych do pomiaru ciśnienia, należy stosować się do postanowień PN-69/M-04606 p. 2.4.1.

Temperaturę otoczenia agregatu ze skraplaczem chłodzonym wodą należy mierzyć co najmniej w

dwóch punktach umieszczonych w połowie wysokości agregatu, w odległości 100 mm od jego obrysu.

Za wynik pomiaru przyjmuje się średnią arytmetyczną odczytanych wartości.

Temperaturę otoczenia agregatu ze skraplaczem chłodzonym powietrzem należy przyjmować równą temperaturze powietrza na dopływie do skraplacza i mierzyć w co najmniej czterech punktach rozmieszczonych równomiernie w polu obrysu skraplacza, w odległości 150 mm od jego powierzchni czołowej.

Za wynik pomiaru przyjmuje się średnią odczytanych wartości.

Termometry do pomiaru temperatury otoczenia powinny być tak dobrane i zainstalowane, aby błąd od promieniowania cieplnego ze strony agregatu, lub innych urządzeń stanowiska, mieścił się w granicach żądanej niedokładności pomiaru.

3.3. Pomiary mocy. Moc agregatu należy mierzyć w przewodach elektrycznych na zasilaniu agregatu lub na zaciskach głównego stycznika.

Jeśli agregat ma kilka niezależnych doprowadzeń zasilających, należy mierzyć moc lub zużycie energii na każdym z nich równocześnie, a wyniki sumować.

Przy pomiarze mocy w układach trójfazowych, przy zestawianiu układów pomiarowych, należy

korzystać z postanowień zawartych w PN-72/E-06000 p. 3.18.

3.4. Wyznaczenie średniej prędkości powietrza chłodzącego. Prędkość powietrza chłodzącego skraplacz należy mierzyć możliwie najbliżej powierzchni czołowej skraplacza od strony wlotu powietrza.

Za wartość pomiarową przyjmuje się średnią arytmetyczną wartości odczytanych w poszczególnych punktach pomiarowych.

Podczas pomiaru należy zwracać uwagę na to, aby nie wprowadzić zakłóceń w przepływie strumienia powietrza.

4. STANOWISKO BADAWCZE I PRYZRZĄDY POMIAROWE

4.1. Stanowisko badawcze. Badania agregatów skraplających powinny być prowadzone na stanowiskach badawczych specjalnie przystosowanych do tego celu i powinny:

— umożliwiać realizację obiegu chłodniczego przy zadanych parametrach czynnika obiegowego na ssaniu, wody lub powietrza chłodzącego i otaczającej atmosfery oraz napełnieniu agregatu,

— umożliwiać osiągnięcie i trwałe utrzymanie ustalonych warunków,

— mieć urządzenia zapewniające prawidłowy obieg oleju w układzie stanowisko-agregat skraplający oraz nie pozwalające na wzrost zawartości oleju w ciekłym czynniku obiegowym powyżej wartości dopuszczalnych,

— mieć urządzenia (aparaty) i przyrządy umożliwiające wyznaczenie równocześnie i niezależnymi metodami:

— masy strumienia czynnika obiegowego (dwoma metodami),

— mocy napędowej agregatu,

— strumienia wody lub powietrza chłodzącego,

— mieć prawidłowo usytuowane przekroje pomiarowe oraz prawidłowo zainstalowane przyrządy pomiarowe,

— chronić badany agregat przed zewnętrznym promieniowaniem cieplnym oraz zewnętrznymi prądami powietrza o prędkości ponad 0,2 m/s,

— spełniać warunki bezpieczeństwa wg PN-72/M-04601.

4.2. Przyrządy pomiarowe

a) przyrządy pomiarowe do pomiaru prędkości powietrza:

— anemometr skrzydełkowy,

— anemometr elektryczny;

dokładność przyrządów powinna być tak dobrana, aby błąd pomiaru prędkości powietrza nie przekraczał $\pm 0,1$ m/s;

b) dobór pozostałych przyrządów pomiarowych — wg PN-69/M-04606 p. 2.3.

5. SPOSÓB POMIARU

Po osiągnięciu ustalonych warunków ruchu należy wykonać w okresie trwającym co najmniej 1 godz (okresie pomiarowym) odczyty potrzebnych wielkości mierzonych.

Odczyty należy wykonywać stale w tej samej kolejności, w równych odstępach czasu nie przekraczających 20 min, przy czym średnią należy tworzyć z co najmniej 4 kolejnych odczytów.

Zaleca się użycie rejestrujących przyrządów pomiarowych o klasie dokładności odpowiadającej niedokładności metody pomiaru, przy czym mogą one również dublować właściwe przyrządy pomiarowe.

Za wartość pomiarową każdej wielkości w danym okresie pomiarowym przyjmuje się średnią arytmetyczną 4 odczytów tej wielkości.

Pomiary masy objętości czynnika lub energii elektrycznej, jeśli są wykonywane licznikiem, należy wykonywać na początku i na końcu każdego odstępu czasu między odczytami, w celu sprawdzenia, czy warunki są ustalone. Za wartość pomiarową w danym okresie pomiarowym przyjmuje się różnicę między pierwszym a ostatnim odczytem całego okresu pomiarowego.

W celu wyznaczenia masy lub objętości strumienia czynnika, wartości tej różnicy odnosi się do czasu trwania pomiaru.

W okresie pomiarowym, po ustaleniu się warunków ruchu, nie wolno dodawać czynnika do obiegu ani oleju smarowego do zamkniętych skrzyń korbowych sprężarek mających połączenie z obiegiem czynnika.

Poziom ciekłego czynnika we wszystkich zbiornikach układu pomiarowego powinien być taki sam na początku i na końcu okresu pomiarowego w warunkach ruchu ustalonego.

6. METODY POMIARU

6.1. Metody pomiaru masy strumienia czynnika obiegowego. Przy pomiarach lub wyznaczaniu masy strumienia czynnika obiegowego należy stosować metody A, B, C, D (po stronie ssawnej) i E wg PN-69/M-04606 p. 2.2.1.

W agregatach skraplających chłodzonych wodą można stosować również metodę G, pod warunkiem, że obliczone straty ciepłe skraplacza do otoczenia nie przekraczają 2% wydajności chłodniczej agregatu oraz będzie możliwe wykonanie pomiaru parametrów termicznych czynnika obiegowego na dopływie do skraplacza.

Masę strumienia czynnika obiegowego należy wyznaczać dwoma metodami równocześnie, przy czym metody powinny być tak dobrane, aby uzyskane wyniki były od siebie niezależne.

Jedną z metod należy przyjąć jako pomiar główny, drugą — jako potwierdzający.

Pomiar główny powinien gwarantować mniejszy błąd pomiaru.

6.2. Metody pomiaru mocy agregatu skraplającego. Zużycie mocy przez agregat należy mierzyć metodą bezpośrednią za pomocą watomierzy.

Dopuszcza się również pomiar przy zastosowaniu liczników energii elektrycznej przez określenie średniego zużycia energii elektrycznej w okresie pomiarowym.

6.3. Metody pomiaru zużycia wody chłodzącej. Pomiar zużycia wody chłodzącej należy wykonywać jednym lub kilkoma z przyrządów wg PN-69/M-04606 p. 2.3.6.

6.4. Metody pomiaru prędkości powietrza chłodzącego. Pomiar prędkości powietrza chłodzącego należy wykonywać jednym lub wieloma z przyrządów wymienionych w 4.2a).

Pomiar należy przeprowadzić w kilku (kilkunastu) punktach rozmieszczonych równomiernie w polu ograniczonym obudową boczną skraplacza i oddalonych wzajemnie nie więcej niż 150 mm.

7. OBLICZENIA WIELKOŚCI CHARAKTERYSTYCZNYCH

7.1. Obliczenie wydajności chłodniczej agregatu. Wydajność chłodniczą agregatu oblicza się wg wzoru (1) po:

a) wyznaczeniu masy strumienia czynnika obiegowego mierzonej objętości zastosowanymi metodami (6.1) za pomocą aparatów lub przyrządów zainstalowanych w obiegu pomiarowym między odpływem z agregatu i dopływem do niego,

b) określenie umownej różnicy entalpii w warunkach podanych w 1.4.3 lub 1.4.4.

Do wzoru na wydajność chłodniczą agregatu należy wstawiać wartość masy strumienia q_{mz} wyznaczoną metodą główną.

Przy obliczaniu masy strumienia należy korzystać z wzorów podanych w PN-69/M-04606 w rozdziałach opisujących metody pomiaru A, B, C, D, G i F.

Jeśli podczas pomiaru temperatura i ciśnienie w przekroju pomiarowym na dopływie do agregatu różniły się od wartości zadanych, należy wartość masy pomnożyć przez współczynnik poprawkowy v_{ss}/v_{ssn} .

Entalpie właściwe oraz objętości właściwe czynnika, jeśli zachowane są zasady podane w 2.2 i 3.2, należy określić na podstawie uznanych tablic.

Stosunek objętości właściwych czynnika można obliczyć również wg wzoru:

$$\frac{v_{ss}}{v_{ssn}} = \frac{p_0}{p_{ss}} \cdot \frac{273,1 + t_{ss}}{273,1 + t_{ssn}} \quad (4)$$

7.2. Sprawność termiczna agregatu powinna być obliczona wg wzoru (2), po wykonaniu pomiarów wydajności i poboru mocy przez agregat.

7.3. Prędkość masowa powietrza powinna być obliczona wg wzoru (3). Gęstość ρ_{pw} należy przyjąć z uznanych tablic.

8. OCENA BŁĘDÓW POMIARU I ROZBIEŻNOŚĆ MIĘDZY WYNIKAMI UZYSKANymi Z DWU NIEZALEŻNYCH POMIARÓW

8.1. Błąd pomiaru, z jakim wyznacza się masę strumienia czynnika lub wydajność chłodniczą, jest sumą błędu przypadkowego i błędu systematycznego.

W celu określenia błędu przypadkowego należy obliczyć średni błąd kwadratowy odchyłek przypadkowych wszystkich wartości pomiarowych użytych do obliczenia mierzonej wielkości. Błąd systematyczny zależy przede wszystkim od przegrzania zasysanej pary i od obecności oleju w czynniku i można go wyeliminować przestrzegając wymagań wg 2.2 i 3.2.

8.2. Dopuszczalny błąd pomiaru wydajności agregatu nie powinien przekraczać $\pm 5\%$.

8.3. Rozbieżność między wynikami uzyskanymi z dwu niezależnych pomiarów strumienia masy. Ważność pomiaru głównego ustala się na podstawie rozbieżności między wynikami uzyskanymi z dwu niezależnych pomiarów wg wzoru:

$$X = \frac{q_{mz} - q'_{mz}}{q_{mz}} \quad (5)$$

Wynik uzyskany z pomiaru głównego można uznać jako poprawny, jeśli wynik pomiaru potwierdzającego nie różni się od niego więcej niż $\pm 4\%$.

9. SPRAWOZDANIE Z POMIARÓW

Wyniki pomiarów należy ująć w sprawozdaniu z przebiegu badań, które powinno zawierać:

a) Dane ogólne

- data, miejsce i wykonujący pomiary,
- czas rozpoczęcia, czas zakończenia i czas trwania pomiarów,
- typ agregatu, dane znamionowe i nazwa wytwórni,
- numer fabryczny agregatu i ważniejszych zespołów (skraplacza, sprężarki),
- napełnienie agregatu.

b) Warunki pomiarów

— ciśnienie absolutne na ssaniu sprężarki, wyrażone odpowiadającą temperaturą nasycenia (wrzenia) czynnika,

— temperatura na ssaniu agregatu,

— ciśnienie absolutne skraplania, wyrażone odpowiadającą temperaturą nasycenia czynnika i temperatura wody chłodzącej skraplacza — dla agregatów ze skraplaczem chłodzonym wodą, temperatura otoczenia — dla agregatów ze skraplaczem chłodzonym powietrzem,

— temperatura ciekłego czynnika za agregatem,

— ciśnienie absolutne ciekłego czynnika za agregatem oraz ciśnienie absolutne tłoczenia sprężarki dla tych agregatów, w których wmontowany jest odpowiedni króciec impulsowy.

c) Zastosowane metody pomiarów ze wskazaniem pomiarów głównych i potwierdzających.

d) Średnie wartości odczytów pomiarowych.

Oprócz podstawowych warunków pomiarów należy podać wartości parametrów eksploatacyjnych, takich jak:

— temperatura i ilość wody chłodzącej sprężarki,

— temperatura i ciśnienie oleju smarowego w sprężarce, temperatura tłoczenia itp.

Jeśli w okresie pomiarów były kontrolowane również:

— temperatura uzwojeń silnika sprężarki,

— opory przepływu wody lub powietrza w skraplaczu itp., należy wartości tych odczytów umieścić w sprawozdaniu.

e) Wyniki pomiarów i obliczeń

— wyniki obliczeń wielkości charakterystycznych,

— zastosowane wzory obliczeniowe i tablice własności fizycznych,

— wyniki wzorcowania i obliczeń strat ciepłych.

K O N I E C

INFORMACJE DODATKOWE

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

2. Normy związane

PN-72/E-06000 Maszyny elektryczne wirujące. Ogólne wymagania i badania

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

3. Normy zagraniczne

Anglia BS 1586 : 1964 Methods for the testing of refrigerant condensing units

4. Symbole wielkości stosowanych w normie — zgodne z PN-70/M-04612 Chłodnictwo. Symbole wielkości i jednostki miar.