

BUDOWNICTWO	N O R M A B R A N Ż O W A	BN-86
	Wymienniki ciepła przepływowe	8864-61
	Badania cieplne i hydrauliczne	
		Grupa katalogowa 0724

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są badania cieplne i hydrauliczne przepływowych wymienników ciepła wodno-wodnych i parowo-wodnych, stosowanych w ciepłownictwie.

1.2. Określenia

1.2.1. moc cieplna wymiennika — całkowita ilość ciepła przejęta w jednostce czasu przez wodę ogrzewaną przepływającą przez wymiennik, przy izolacji cieplnej wymiennika przewidzianej dla warunków jego normalnej pracy.

1.2.2. straty ciśnienia czynnika przy przepływie przez wymiennik — różnica ciśnień spoczynkowych czynnika przepływającego przez wymiennik, mierzona między kołnierzami króćców wymiennika na dopływie i odpływie.

Rozróżnia się straty ciśnienia przy przepływie czynnika grzejącego i ogrzewanego.

1.2.3. warunki nominalne — wybrane ze względów eksploatacyjnych wartości temperatur czynników grzejącego i ogrzewanego na dopływie i odpływie z wymiennika, dla których określa się moc cieplną wymiennika $\dot{Q}_n$.

Rozróżnia się warunki nominalne dla ciepłej wody użytkowej i dla centralnego ogrzewania.

1.2.4. charakterystyka cieplna wymiennika — zbiór wartości parametrów podstawowych ($t_{1,1}$; $t_{1,2}$; $t_{2,1}$; $t_{2,2}$; $\dot{m}_1$; $\dot{m}_2$) i funkcyjnych ($\dot{Q}$; $\dot{Q}_n$; k ; φ ; ϵ) podany tabelarycznie, graficznie lub funkcyjnie dla punktów w całym obszarze działania wymiennika.

1.2.5. charakterystyka hydraulicznego wymiennika — zbiór wartości parametrów (t_{1m} ; t_{2m} ; $\dot{m}_1$; $\dot{m}_2$; Δp_1 ; Δp_2) podany tabelarycznie, graficznie lub funkcyjnie dla punktów w całym obszarze działania wymiennika.

1.3. Oznaczenia. Wykaz oznaczeń zastosowanych w tekście normy podano w tablicy.

Wielkość	Oznaczenie	Jednostka
1	2	3
Moc cieplna wymiennika	$\dot{Q}$	W
Moc cieplna wymiennika w warunkach nominalnych	$\dot{Q}_n$	W
Moc cieplna dostarczona przez czynnik grzejący	$\dot{Q}_1$	W
Strumień masy czynnika grzejącego	$\dot{m}_1$	kg/s
Strumień masy czynnika ogrzewanego	$\dot{m}_2$	kg/s
Temperatura otoczenia	t_o	°C (K)
Temperatura czynnika grzejącego na dopływie do wymiennika	$t_{1,1}$	°C (K)
Temperatura czynnika grzejącego na odpływie z wymiennika	$t_{1,2}$	°C (K)
Temperatura średnia czynnika grzejącego	$t_{1m} = \frac{t_{1,1} + t_{1,2}}{2}$	°C (K)
Temperatura czynnika ogrzewanego na dopływie do wymiennika	$t_{2,1}$	°C (K)
Temperatura czynnika ogrzewanego na odpływie z wymiennika	$t_{2,2}$	°C (K)
Temperatura średnia czynnika ogrzewanego	$t_{2m} = \frac{t_{2,1} + t_{2,2}}{2}$	°C (K)

Zgłoszona przez Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Techniki Instalacyjnej INSTAL
 Ustanowiona przez Dyrektora Instytutu Techniki Budowlanej dnia 22 grudnia 1986 r.
 jako norma obowiązująca od dnia 1 lipca 1987 r.
 (Dz. Norm. i Miar nr 6/1987, poz. 16)

cd. tablicy

Wielkość	Oznaczenie	Jednostka
1	2	3
Entalpia właściwa czynnika grzejącego na dopływie do wymiennika	$i_{1,1}$	J/kg
Entalpia właściwa czynnika grzejącego na odpływie z wymiennika	$i_{1,2}$	J/kg
Ciśnienie absolutne czynnika grzejącego	p_1	MPa
Temperatura nasycenia pary przy ciśnieniu p_1	t_{1n}	°C
Współczynnik przenikania ciepła	k	W/(m ² · K)
Powierzchnia zewnętrzna wymiany ciepła	A	m ²
Ciepło właściwe czynnika grzejącego określone dla t_{1m}	c_1	J/(kg · K)
Ciepło właściwe czynnika ogrzewanego określone dla t_{2m}	c_2	J/(kg · K)
Średnia logarytmiczna różnica temperatury czynnika grzejącego i czynnika ogrzewanego	$\Delta t_{\log} = \frac{(t_{1,1} - t_{2,2}) - (t_{1,2} - t_{2,1})}{\ln \left(\frac{t_{1,1} - t_{2,2}}{t_{1,2} - t_{2,1}} \right)}$	K
Średnia logarytmiczna różnica temperatury czynnika grzejącego i czynnika ogrzewanego, gdy $t_{1,2}$ jest równe t_{1n}	$\Delta t_{\log} = \frac{(t_{1,1} - t_{2,2}) - (t_{1n} - t_{2,1})}{\ln \left(\frac{t_{1,1} - t_{2,2}}{t_{1n} - t_{2,1}} \right)}$	K
Stałe w równaniach cieplnych	$a; b; c; d; e; f; g$	—
Współczynniki — wzory (7) i (8)	ϕ i ϵ	—
Strata ciśnienia przy przepływie czynnika grzejącego przez wymiennik	Δp_1	Pa
Strata ciśnienia przy przepływie czynnika ogrzewanego przez wymiennik	Δp_2	Pa
Stałe w równaniach hydraulicznych	$B_1(t_{1m}); B_2(t_{2m}); r_1; r_2$	—

2. OGÓLNE ZASADY BADANIA WYMIENNIKÓW

2.1. Badanie mocy cieplnej wymiennika. Moc cieplną wymiennika bada się w warunkach ustalonej wymiany ciepła na stanowisku pomiarowym wg rozdziału 3.

Moc cieplną wymiennika, w warunkach badania, określa się wg wzoru

$$\dot{Q} = \dot{m}_2 \cdot c_2 (t_{2,2} - t_{2,1}) \quad (1)$$

Moc cieplną dostarczoną przez czynnik grzejący określa się wg wzoru

$$\dot{Q}_1 = \dot{m}_1 (i_{1,1} - i_{1,2}) \quad (2)$$

Jeśli czynnikiem grzejącym jest woda, wówczas

$$\dot{Q}_1 = \dot{m}_1 \cdot c_1 (t_{1,1} - t_{1,2}) \quad (3)$$

2.2. Pomiar strat ciśnienia przy przepływie przez wymiennik. Straty ciśnienia przy przepływie czynnika grzejącego i ogrzewanego przez wymiennik mierzy się podczas wykonywania badań mocy cieplnej wymiennika.

2.3. Rodzaje badań

a) Badania pełne, obejmujące sporządzenie charakterystyk cieplnych i charakterystyk hydraulicznych wymiennika w przewidywanym zakresie jego stosowania.

Badaniami pełnymi obejmuje się nowe konstrukcje wymienników.

b) Badania skrócone, obejmujące określenie mocy cieplnej dla warunków nominalnych i określenie spadków ciśnienia czynników w warunkach nominalnych.

Badaniami skróconymi obejmuje się znane, objęte uprzednio badaniami pełnymi, konstrukcje wymienników, wdrażane do produkcji u innych producentów lub po pewnym okresie eksploatacji dla sprawdzenia ich własności cieplnych i hydraulicznych oraz porównania z poprzednimi.

c) Badania modelowe stosowane do jednostek dużych, obejmujące badania jak w poz. a); są one przeprowadzane na wymienniku będącym modelem wymiennika rzeczywistego, wykonanym na zasadzie podobieństwa.

3. URZĄDZENIA DO BADAŃ CIEPLNYCH

3.1. Wymagania ogólne. Stanowisko do badania mocy cieplnej wymiennika powinno umożliwiać stworzenie warunków stacjonarnych, zbliżonych do tych, w jakich wymiennik ciepła jest użytkowany oraz ustalenie tych warunków na zadanym poziomie i na czas niezbędny do prowadzenia badań. Woda grzejąca i ogrzewana powinna odpowiadać wymaganiom wody kotłowej, dla kotłów małej mocy.

Podstawowymi zespołami stanowiska są:

— urządzenia grzejące dostarczające strumień czynnika grzejącego do wymiennika badanego,

— ciąg przewodów dostarczający strumień czynnika ogrzewanego do wymiennika badanego,

— urządzenia regulacyjne i pomiarowe zapewniające możliwość stworzenia warunków stacjonarnych na zadanym poziomie oraz pomiar strumieni masy czynników, temperatur, ciśnień, różnic temperatur lub ciśnień.

3.2. Urządzenia grzejne powinny zapewniać uzyskanie stacjonarnych warunków cieplnych na wymaganym w normie poziomie oraz możliwość wykonania pomiarów z wymaganą w normie dokładnością. Przykładowe schematy urządzeń grzejnych podano w BN-85/8864-48 oraz w BN-79/8962-10.

Dopuszcza się wykorzystanie jako źródła ciepła:

a) miejskiej sieci ciepłej jako źródła wyłącznego bądź w połączeniu z urządzeniami grzejnymi podanymi w ww. normach,

b) zespołu izolowanych cieplnie zbiorników, w których magazynowany czynnik jest podgrzewany do żądanej temperatury za pomocą wody z miejskiej sieci ciepłej przepływającej w węzownicach, wody z kotła o mocy cieplnej mniejszej niż moc cieplna badanego wymiennika lub za pomocą podgrzewaczy elektrycznych.

3.3. Ciąg przewodów czynnika ogrzewanego powinien zapewnić uzyskanie stabilnego strumienia czynnika ogrzewanego na wymaganym w normie poziomie oraz możliwość wykonania pomiarów z żadaną w normie dokładnością. Za źródło czynnika ogrzewanego można przyjmować miejską sieć wodociągową pod warunkiem, że wyniki pierwszego i ostatniego pomiaru wartości tego samego parametru nie różnią się więcej niż o 5%. W innym przypadku należy zastosować uzdatnianie wody.

Dopuszcza się wykorzystanie jako źródła czynnika ogrzewanego zespołu izolowanych cieplnie zbiorników, w których magazynowany czynnik jest schładzany do żądanej temperatury za pomocą chłodzi.

Jako pomocnicze źródło ciepła dla przygotowania czynnika ogrzewanego o określonej temperaturze dopuszcza się wykorzystanie:

— części mocy urządzeń grzejnych wytwarzających czynnik grzejny,

— miejskiej sieci ciepłej (pośrednio, przez dodatkowy wymiennik ciepła),

— zespołu zbiorników, w których jest przygotowany czynnik grzejny,

— czynnika grzejjego na wylocie z wymiennika badanego, bezpośrednio (przez domieszanie strumienia czynnika grzejjego do ogrzewanego) bądź pośrednio (w dodatkowym wymienniku ciepła).

3.4. Urządzenia regulacyjne i pomiarowe

3.4.1. Urządzenia regulacyjne muszą zapewniać stabilizację warunków badań na poziomie określonym w 4.3.

Zaleca się stosowanie układów automatycznej regulacji. Dopuszcza się regulację ręczną, jeżeli w okresie poprzedzającym badania stwierdzona jest dostateczna stabilność strumienia masy czynników i ich temperatur.

3.4.2. Pomiar temperatury czynnika wykonuje się za pomocą termometrów umożliwiających pomiar z dokładnością $\pm 0,1$ K. Użyte przyrządy pomiarowe powinny być klasy 0,5. Wymagania te należy stosować alternatywnie w celu uzyskania wyższej dokładności pomiaru (dotyczy zwłaszcza pomiarów różnic temperatur).

Czujnik termometru powinien być umieszczony w osi rurociągu, równolegle do napływającego czynnika,

zwrócony końcem w kierunku napływającego czynnika. Tulejka osłony termometru powinna być zanurzona całkowicie w izolacji cieplnej przewodu prowadzącego czynnik. Odcinek przewodu między czujnikiem a wymiennikiem ciepła badanym, nie dłuższy niż 10 średnic przewodu, powinien być izolowany cieplnie warstwą co najmniej 50 mm waty szklanej lub mineralnej o gęstości 200 kg/m^3 (lub równoważną cieplnie warstwą innego materiału izolacyjnego) w płaszczu z folii aluminiowej. Grubość warstwy izolacyjnej przewodu powinna być nie mniejsza niż izolacji cieplnej przewidzianej dla badanego wymiennika. Tą samą warstwą izolacyjną powinien być izolowany cieplnie przewód czynnika na odcinku długości co najmniej 20 średnic przewodu poza czujnikiem termometru (licząc od strony wymiennika badanego na zewnątrz).

Dopuszcza się stosowanie termometrów rtęciowych. Szczegóły zainstalowania termometrów rtęciowych oraz tabelę ich wzorcowania należy podać w sprawozdaniu z badań.

Dopuszcza się inne niż współosiowe usytuowanie czujnika termometru (prostopadłe lub skośne do strumienia), jeżeli liczba Reynoldsa przepływu w przewodzie $Re > 10\,000$ (z wyjątkiem przepływów minimalnych — wg 4.2b).

3.4.3. Pomiar strumienia masy czynnika należy wykonywać:

— w obiegach otwartych czynnika metodą wagową, a w przypadku gdy strumień masy czynnika jest większy niż $0,1 \text{ kg/s}$, dopuszcza się pomiar metodą objętościową stosując naczynia wzorcowane; w każdym przypadku czynnik wpływający do naczynia pomiarowego powinien być ochłodzony do temperatury niższej niż 40°C , aby ograniczyć parowanie, a czas gromadzenia pojedynczej mierzonej porcji czynnika powinien wynosić co najmniej 5 min,

— w obiegach zamkniętych za pomocą zwęzek pomiarowych wg PN-65/M-53950, stosując wymagania jak dla pomiarów dokładnych; dopuszcza się stosowanie wymagań jak dla pomiarów technicznych, ale pod warunkiem wzorcowania zwęzek w układzie przewodów bezpośrednio przed badaniami za pomocą zwęzek przepływowych jak dla pomiarów dokładnych, metodą wagową lub objętościową, w zakresie przepływów jak dla wymiennika badanego,

— innymi przyrządami zapewniającymi dokładność pomiaru nie mniejszą niż w klasie 0,5.

3.4.4. Pomiar ciśnienia czynnika. Ciśnienie czynnika na dopływie do wymiennika badanego należy mierzyć na odcinku prostym przewodu dopływowego w odległości nie większej niż $5d$ od króćca wymiennika.

Pomiar można wykonywać dowolnym ciśnieniomierzem zapewniającym dokładność $\pm 1\%$ mierzonej wielkości ciśnienia bezwzględne.

4. BADANIA CIEPLNE

4.1. Zakres badań. Badania cieplne, pod względem zakresu temperatur i strumieni masy czynników, powinny pokrywać zakres pracy przewidziany dla bada-

nego wymiennika ciepła. Zakres badań powinien umożliwić sporządzenie charakterystyki cieplnej wymiennika.

Zakres badań powinien obejmować punkty dla warunków nominalnych określonych przez konstruktora wymiennika w zależności od przeznaczenia wymiennika.

Dla wymienników stosowanych w ciepłownictwie zakres badań podany jest w Informacjach dodatkowych.

4.2. Warunki badań. Badania mocy cieplnej wymiennika wykonuje się przy ustalonych dla danego pomiaru temperaturach i ciśnieniach czynnika grzejącego i ogrzewanego na dopływie i ustalonych strumieniach masy czynników.

W celu sporządzenia charakterystyk cieplnych wymiennika należy wykonać niżej podane pomiary.

4 różne strumienie czynnika grzejącego stopniowane następująco:

a) strumień nominalny otrzymany w wyniku podzielenia mocy cieplnej nominalnej określonej przez konstruktora wymiennika przez iloczyn ciepła właściwego i nominalnej różnicy temperatur dla wody grzejącej lub nominalnej różnicy entalpii dla pary, przewidzianych dla zastosowań danego wymiennika,

b), c), d) strumień stanowiący 0,5; 0,75 i 2-krotność strumienia nominalnego.

4 różne strumienie wody ogrzewanej stopniowane następująco:

a) strumień nominalny otrzymany w wyniku podzielenia mocy cieplnej nominalnej przez iloczyn ciepła właściwego i nominalnej różnicy temperatur wody ogrzewanej,

b), c) strumień stanowiący 0,5; 0,75; 2-krotność strumienia nominalnego.

3 różne temperatury czynnika grzejącego, różniące się co najmniej o 10 K.

Dla badań pełnych i badań modelowych oznacza to wykonanie minimum 48 pomiarów.

Strumienie czynników należy ustalać na poziomie $\pm 20\%$ wielkości określonej wyżej, ale z utrzymaniem stałego przepływu dla różnych temperatur czynników.

Dla wymiennika o ściśle określonym, wąskim zakresie zastosowania dopuszcza się ograniczenie liczby pomiarów pod warunkiem, że zakres strumieni i temperatur badanych mieści się w zakresie strumieni i temperatur przewidzianych dla pracy wymiennika badanego.

4.3. Stabilizacja warunków badań. Warunki uznaje się za ustabilizowane, jeśli mierzone wartości parametrów mieszczą się w granicach podanych niżej odchyłek od wartości przyjętych do przeprowadzenia danego pomiaru:

- strumień masy czynnika $\pm 2\%$,
- temperatura czynnika $\pm 0,2$ K.

Sprawdzenie stabilizacji przyjętych warunków pomiaru wykonuje się przed właściwym pomiarem, odczytując 3-krotnie wielkości mierzone w odstę-

pach $5 \div 10$ min lub stosując ich ciągłą rejestrację w czasie nie krótszym niż 10 min.

4.4. Przeprowadzenie badań. Określenie mocy cieplnej wymiennika przeprowadza się przez badanie w warunkach ustalonych wg 4.2 i ustabilizowanych wg 4.3. Badanie powinno trwać nie krócej niż 20 min, dla każdej serii pomiarów. W tym okresie należy w równych odstępach czasu wykonać co najmniej 3 serie odczytów wszystkich wielkości mierzonych.

Odczyty wszystkich wielkości mierzonych należy wykonywać równocześnie. Warunek równoczesności jest spełniony, gdy wszystkie odczyty danej serii mieszczą się w połowie okresu przyjętego za odstęp między kolejnymi seriami pomiarów. Za wynik pomiaru każdej z wielkości przyjmuje się wynik obliczony ze średniej arytmetycznej odczytów wykonanych w czasie pomiaru.

4.5. Wielkości mierzone i dokładność ich pomiaru

- temperatura otoczenia $\pm 0,5$ K,
- temperatury lub różnice temperatur czynników na dopływie i odpływie z wymiennika $\pm 0,1$ K; pomiar temperatury lub różnicy temperatur powinien odpowiadać klasie dokładności co najmniej 0,5,
- strumień masy czynników $\pm 1\%$,
- ciśnienie czynników $\pm 1\%$.

4.6. Opracowanie wyników badań cieplnych

4.6.1. Moc cieplna wymiennika określana jest na podstawie pomiarów wg 4.4 i 4.5 ze wzoru (1) wg 2.1, wstawiając do wzoru wartości $\dot{m}_2$; $t_{2,2}$; $t_{2,1}$ średnie z pomiaru, a wartość c_2 dla średniej arytmetycznej temperatury wody ogrzewanej t_{2m} .

Jednocześnie należy określić moc cieplną dostarczoną przez czynnik grzejący ze wzoru (2) lub (3) wg 2.1, wstawiając do wzoru wartości $\dot{m}_1$; $i_{1,1}$; $i_{1,2}$; $t_{1,1}$; $t_{1,2}$ średnie z pomiaru, a wartość c_1 dla średniej arytmetycznej temperatury wody grzejącej t_{1m} .

Badanie uznaje się za przeprowadzone prawidłowo, jeśli różnica obliczonych wartości $\dot{Q}_1$ i $\dot{Q}_2$ zawarta jest w granicach $0 \div 5\%$ wartości $\dot{Q}$.

4.6.2. Charakterystyka cieplna wymiennika. Dla uogólnienia wyników badań cieplnych wymiennika zaleca się korzystanie ze wzorów (1) $\div$ (5) i (7) dla wymienników wodno-wodnych i wzorów (1) $\div$ (4), (6) i (8) dla wymienników parowo-wodnych.

$$\dot{Q} = A \cdot k \cdot \Delta t_{\log} \quad (4)$$

$$k = a \cdot \dot{m}_1^b \cdot \dot{m}_2^c \cdot t_{1,1}^d \cdot t_{2,2}^e \cdot \phi^f \quad (5)$$

$$k = a \cdot \dot{m}_1^b \cdot \dot{m}_2^c \cdot p_1^d \cdot t_{2,1}^e \cdot t_{2,2}^f \cdot \epsilon^g \quad (6)$$

w których współczynniki ϕ i ϵ są określone wzorami

$$\phi = \frac{\dot{Q}}{(t_{1,1} - t_{2,1}) \cdot \dot{m}_1 \cdot c_1} \quad (7)$$

$$\epsilon = \frac{\Delta t_{\log}}{\Delta t_{\log}} \quad (8)$$

Charakterystyka cieplna wymiennika może być podana tabelarycznie, graficznie (zalecane formy podano w Informacjach dodatkowych) lub funkcyjnie (zalecane wzory 4 ÷ 8).

Wzory (5) i (6) mogą być poszerzone o dodatkowe czynniki bądź skrócone, jeśli korelacja wyników badań to uzasadnia.

Zakres stosowania wzorów (5) i (6) musi być ściśle określony przez prowadzących badania.

Charakterystyka cieplna wymiennika może być podana funkcyjnie w innej postaci, na przykład $\dot{Q} = f(\dot{m}_1; \dot{m}_2; t_{1,1}; t_{1,2})$, jeśli wynika to z wymagań użytkowników wymiennika.

4.6.3. Przeliczenie wyników pomiarów mocy cieplnej na warunki zadane. Moc cieplna wymiennika zbadanego, w warunkach zadanych, określonych przez podanie 4 parametrów spośród sześciu ($t_{1,1}; t_{1,2}; t_{2,1}; t_{2,2}; \dot{m}_1; \dot{m}_2$) wyznacza się z tabel, na podstawie obliczeń ze wzorów (1) ÷ (8) lub wykreślnie z postaci graficznej charakterystyki cieplnej wymiennika.

5. BADANIA HYDRAULICZNE

5.1. Zakres i warunki badań. Badania hydrauliczne przeprowadza się podczas badań cieplnych wymiennika. Punkty pomiaru ciśnienia spoczynkowego wody na dopływie i odpływie z wymiennika badanego należy umieszczać na odcinku prostym przewodu w odległości nie mniejszej niż $5d$ od króćców wymiennika.

Różnicę ciśnień spoczynkowych między przewodami dopływowymi i odpływowymi należy mierzyć dowolnym przyrządem klasy 0,5.

5.2. Charakterystyka hydrauliczna wymiennika. Dla uogólnienia wyników badań zaleca się korzystanie ze wzorów (9) i (10), które umożliwiają wyznaczenie charakterystyki hydraulicznej wymiennika:

— dla przepływu czynnika grzejącego

$$\Delta p_1 = B_1(t_{1m}) \cdot \dot{m}_1^{r_1} \quad (9)$$

— dla przepływu czynnika ogrzewanego

$$\Delta p_2 = B_2(t_{2m}) \cdot \dot{m}_2^{r_2} \quad (10)$$

6. PROTOKÓŁ BADAŃ

Protokół badań powinien zawierać:

- numer normy, rodzaj i zakres badań,
 - schemat urządzenia do badań cieplnych, w tym: urządzenia grzejne, ciąg przewodów, dane dotyczące urządzeń regulacyjnych i pomiarowych,
 - dane dotyczące wymiennika badanego: przeznaczenie, krótki opis, rysunek z podstawowymi wymiarami, specyfikacja materiałów, masa, pojemności wodne,
 - schemat podłączenia wymiennika w układzie badawczym, schemat układu pomiarowego z podstawowymi wymiarami,
 - wykaz oznaczeń,
 - program badań,
 - wyniki prób ciśnieniowych (szczelności),
 - tablic wyników pomiarów z zaznaczeniem daty i czasu pomiarów oraz ciśnienia i temperatury otoczenia; w tablicach protokołu badań podaje się tylko średnie arytmetyczne wartości wyników badań,
 - charakterystykę cieplną i hydrauliczną wymiennika podaną tabelarycznie, graficznie lub funkcyjnie (dla badań pełnych i modelowych) moc cieplną dla warunków nominalnych (dla badań skróconych),
 - analizę wyników badań,
 - obliczanie i ocenę wartości kryterialnych wskaźników oceny wymiennika (dla badań pełnych).
- Wszystkie wyniki badań, uwagi i obserwacje czynione podczas badań wymiennika powinny być przechowywane w archiwum jednostki badawczej przez 10 lat.

K O N I E C

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę — Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Techniki Instalacyjnej INSTAL.

2. Normy i dokumenty związane
 PN-65/M-53950 Pomiar strumienia przepływu płynów za pomocą zwężek
 BN-85/8864-48 Ogrzewnictwo. Grzejniki. Badania cieplne i hydrauliczne
 BN-79/8962-10 Ogrzewnictwo i wentylacja. Nagrzewnice ramowe. Badania cieplne, aerodynamiczne i hydrauliczne

3. Autor projektu normy — dr inż. Andrzej Chmielowski — COBRTI INSTAL.

4. Zalecany zakres badań dla wymienników stosowanych w ciepłownictwie

Dla wody ogrzewanej zakres badań obejmuje następujące wartości temperatur $t_{2,1}/t_{2,2}$ (°C):

— dla wymienników ciepłej wody użytkowej
 5/30; 5/35; 5/55
 10/30; 10/35; 10/55
 warunki nominalne 5/55

— dla wymienników centralnego ogrzewania
 50/60; 70/90; 70/95
 warunki nominalne 70/90

— dla wymienników grzejących wodę sieciową
 70/130; 70/150
 warunki nominalne 70/150.

Dla czynnika grzejnego zakres badań obejmuje następujące wartości temperatur $t_{1,1}/t_{1,2}$ (°C) oraz ciśnień absolutnych p_1 (MPa), uznanych jako nominalne:

- dla ciepłej wody użytkowej — woda o temperaturach 70/25 i para o ciśnieniu 0,6,
- dla centralnego ogrzewania — woda o temperaturach 150/80 i para o ciśnieniu 0,6,
- dla wymienników grzejących wodę sieciową para o ciśnieniu 1,0.

Dla pary suchej nasyconej zakres badań obejmuje następujące wartości ciśnień p_1 (MPa):

0,12; 0,16; 0,25; 0,60
1,0; 1,6

5. Zalecane formy graficznego przedstawienia charakterystyk cieplnych wymiennika

Dla wymienników wodno-wodnych

Zestaw wykresów, z których każdy wykonany jest dla ustalonych wartości $t_{1,1} = \text{const}$ i $t_{2,1} = \text{const}$

Na rzędnej wykresu wartości $t_{1,2}$ na odciętej $\dot{m}_1$.

Na wykresie przedstawia się 2 rodziny linii $\dot{m}_2 = \text{const}$ i $t_{2,2} = \text{const}$.

Moc cieplną wymiennika oblicza się ze wzoru (1).

Dla wymienników parowo-wodnych

Zestaw wykresów, z których każdy wykonany jest dla ustalonych wartości $t_{2,1} = \text{const}$ i $t_{2,2} = \text{const}$

Na rzędnej wykresu skierowanej do góry wartości $\dot{Q}$ i odpowiadające im wartości $\dot{m}_2$. Na rzędnej wykresu skierowanej do dołu wartości $t_{1,2}$ i $\dot{m}_1$.

Na odciętej wartości ϵ .

W części górnej wykresu rodzina linii $p_1 = \text{const}$

W części dolnej wykresu 2 rodziny linii $\dot{m}_1 = \text{const}$ i $t_{1,2} = \text{const}$

Dla żądanej mocy cieplnej $\dot{Q}$ wymiennika, której odpowiada, dla danego wykresu, wartości $\dot{m}_2$ (wobec $t_{2,1} = \text{const}$ $t_{2,2} = \text{const}$) wartości pozostałych parametrów uzyskuje się bezpośrednio z wykresu.

6. Kryteria oceny wymienników ciepła. Dla nowej konstrukcji wymiennika ciepła wprowadzanej do produkcji seryjnej określa się wartości niżej wymienionych współczynników oraz porównuje je z zestawionymi wartościami tych współczynników dla odpowiednich, pod względem zastosowania i materiałów, wymienników ciepła aktualnie produkowanych. Wartości współczynników kryterialnych określa się dla mocy cieplnej wymiennika w warunkach nominalnych.

Wskaźnik masy wymiennika, m^2/kg

$$K_1 = \frac{A}{m}$$

w którym:

m — masa wymiennika, bez izolacji cieplnej i bez płynów roboczych, kg.

Wskaźnik intensywności wymiany ciepła w odniesieniu do masy wymiennika, $\text{W}/(\text{kg} \cdot \text{K})$

$$K_2 = \frac{\dot{Q}_n}{m \cdot \Delta t_{\log}}$$

Wskaźnik intensywności wymiany ciepła w odniesieniu do mocy pompowania wody grzejnej i ogrzewanej

$$K_{3,1} = \frac{\dot{Q}_n}{N_1}$$

$$K_{3,2} = \frac{\dot{Q}_n}{N_2}$$

w którym:

N_1 i N_2 — moce zużyte na wymuszenie przepływu wody grzejnej i ogrzewanej przez wymiennik

$$N_1 = \frac{\dot{m}_1 \cdot \Delta p_1}{\rho}$$

$$N_2 = \frac{\dot{m}_2 \cdot \Delta p_2}{\rho}$$

ρ — gęstość czynnika.

Wskaźnik gęstości powierzchniowej strumienia ciepła, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

$$K_4 = K = \frac{\dot{Q}_n}{A \cdot \Delta t_{\log}}$$

Wskaźnik zawartości konstrukcji wymiennika, $1/\text{m}$

$$K_5 = \frac{A_1}{V_1}$$

w którym:

A_1 — powierzchnia zewnętrzna wymiany ciepła przypadająca na 1 m długości wymiennika,

V_1 — objętość wymiennika przypadająca na 1 m jego długości.