

Nota dotyczy uniwersalnego miernika TA465 jak i precyzyjnego mikromanometru PH730 wbudowanego w balometr PROHOOD PH731. Po podłączeniu opcjonalnych zewnętrznych sond termooanemometrycznych - modele **964** lub **966** z wilgotnością, mierniki umożliwiają wyliczenie strumienia ciepła i wyznaczenie wydajności wymiennika, poprzez pomiar temperatury, wilgotności i strumienia przepływu przed i za wymiennikiem.

W celu wykonania pomiaru należy podłączyć do miernika sondę pozwalającą na pomiar temperatury, wilgotności i prędkości przepływu, a następnie wybrać z menu zakładkę:

Heat Flow:

Strumień cieplny (Heat Flow) – wyznaczany jest na podstawie pomiaru temperatury, wilgotności i przepływu powietrza w kanale przed i za wymiennikiem. Pierwszy pomiar dokonuje się przed wymiennikiem (zgodnie z kierunkiem przepływu powietrza). Na wyświetlaczu mierników pojawia się wartość temperatury, wilgotności i strumienia objętościowego (strumień można pomierzyć również rurką Prandtla). Uzyskane wyniki można skorygować poprzez zaznaczenie ich i naciśnięcie kolejny raz klawisza pomiaru. Kolejny pomiar należy wykonać za wymiennikiem (zgodnie z kierunkiem przepływu powietrza). Użytkownik uzyskuje na ekranie wartość strumienia ciepła z uwzględnieniem ciepła ukrytego i ciepła jawnego.

Sposób obliczenia przez miernik strumienia ciepła jawnego dla jednostek SI:

$$Q_s = c_p \rho q \Delta t / 3600$$

Gdzie:

Q_s = ciepło jawne [kW]

c_p = ciepło właściwe (1.0048 [kJ/kg K])

ρ = gęstość powietrza w warunkach normalnych (1.202 [kg/m³])

q = wartość zmierzonego strumienia powietrza [m³/h] (przy założeniu, że wartość strumienia ciepła jest taka sama za i przed wymiennikiem)

Δt = różnica temperatur przed i za wymiennikiem [°C]

Po wstawieniu do wzoru otrzymujemy:

$$Q_s = 1.21 q \Delta t / 3600 \text{ (kW)}$$

Strumień ciepła utajonego (Latent Heat Flow)

Ciepło utajone (ciepło przemiany fazowej) – ilość energii termicznej wymienionej pomiędzy układem a otoczeniem podczas przejścia fazowego, prowadzonego w warunkach ściśle izotermicznych. (W przypadku powietrza w wymienniku to ciepło oddane/pobrane przez powietrze przy jego skraplaniu/odparowaniu)

$$Q_L = h_{fg} \rho q \times \Delta W / 3600 \text{ (kW)}$$

Gdzie:

Q_L = wartość strumienia ciepła utajonego (kW)

h_{fg} = ciepło ukryte parowania wody (2465.56 [kJ/kg])

ρ = gęstość powietrza w warunkach normalnych (1.202 [kg/m³])

q = wartość zmierzonego strumienia powietrza [m³/h]
(przy założeniu, że wartość strumienia ciepła jest taka sama za i przed wymiennikiem)

ΔW = wartość współczynnika wilgotności - różnica zawartości pary wodnej w powietrzu między dwoma punktami pomiarowymi (przed wymiennikiem i za wymiennikiem) (kg pary wodnej/kg powietrza suchego)

Po podstawieniu otrzymujemy:

$$Q_L = 0.8287 q \Delta W$$

Całkowita wartość strumienia ciepła

$$Q_T = Q_S + Q_L$$

Gdzie:

Q_T = całkowita wartość strumienia ciepła (kW)

Q_S = strumień ciepła jawnego (kW)

Q_L = strumień ciepła ukrytego (kW)

Współczynnik ciepła jawnego – (Sensible Heat Factor)

$$SHF = Q_S / Q_T$$

Gdzie:

SHF – stosunek strumienia ciepła jawnego do ciepła całkowitego

Q_S – strumień ciepła jawnego [kW]

Q_T – całkowity strumień ciepła [kW]

Przykład 1: pomiar w miejscu 1 (warunki w pomieszczeniu):

- ❑ temperatura termometru suchego $t_1 = 24.4^{\circ}\text{C}$
- ❑ Wilgotność względna $\%RH_1 = 49.0\%$ ($\emptyset_1 = 0.490$)
- ❑ Ciśnienie barometryczne = 760mmHg

Pomiar w miejscu 2 (warunki dla powietrza zasilającego pomieszczenie):

- ❑ temperatura termometru suchego $t_2 = 11.7^{\circ}\text{C}$
- ❑ wilgotność względna $\%RH_2 = 88.0\%$ ($\emptyset_2 = 0.880$)
- ❑ strumień objętościowy powietrza $q = 25486 \text{ std m}^3/\text{h}$

Szukane:

Q_S = strumień ciepła jawnego (sensible heat flow Q_S),

Q_L = strumień ciepła ukrytego (latent heat flow Q_L),

Q_T = całkowita wartość strumienia ciepła (total heat flow Q_T), oraz

SHF = stosunek strumienia ciepła jawnego do ciepła całkowitego

 Q_S = strumień ciepła jawnego (sensible heat flow Q_S):

$Q_S = 1.21 q \Delta t / 3600 = 1.21 (25486) (|24.4 - 11.7|) = 108.79 \text{ kW}$ ciepła usuwanego

 Q_L = strumień ciepła ukrytego

$Q_L = 0.8287 q \Delta W$, potrzebujemy odnaleźć W_1 i W_2 .

$W = 0.62198 p_{ws}(t_d) / (760 - p_{ws}(t_d))$

$p_{ws}(t_d) = (\emptyset_1)(p_{ws}(t))$

gdzie:

$p_{ws}(t_d)$ = Ciśnienie nasycenia strumienia powietrza w temperaturze punktu rosy (mmHg)

$p_{ws}(t)$ = Ciśnienie nasycenia strumienia powietrza w temperaturze otoczenia (mmHg)

$\emptyset$ = wilgotność (wyrażona jako wartość pomiędzy 0-1, a nie jako % RH)

Do wyznaczenia W1:

$$p_{ws}(t_1) = p_{ws}(24.4^{\circ}\text{C}) = 22.922\text{mmHg (dane z wewnętrznej pamięci miernika)}$$

$$p_{ws}(t_{d1}) = (\phi_1) (p_{ws}(t_1)) = (0.490) (22.922) = 11.232\text{mmHg}$$

$$W1 = 0.62198 p_{ws}(t_{d1}) / (760 - p_{ws}(t_{d1})) = 0.62198 (11.232) / (760 - 11.232) = 0.00933 \text{ kgH}_2\text{O} / \text{kg powietrza suchego}$$

Do wyznaczenia W2:

$$p_{ws}(t_2) = p_{ws}(11.7^{\circ}\text{C}) = 10.312\text{mmHg (dane z wewnętrznej pamięci miernika)}$$

$$p_{ws}(t_{d2}) = (\phi_2) (p_{ws}(t_2)) = (0.880) (10.312) = 9.075\text{mmHg}$$

$$W2 = 0.62198 p_{ws}(t_{d2}) / (760 - p_{ws}(t_{d2})) = 0.62198 (9.075) / (760 - 9.075) = 0.00752 \text{ kgH}_2\text{O} / \text{kg powietrza suchego}$$

Do wyznaczenia Q_L:

$$Q_L = 0.8287 q \Delta W = 0.8287 (25486)(0.00752 - 0.00933) = 38.228\text{kW usuniętego ciepła}$$

Q_T = całkowita wartość strumienia ciepła (total heat flow Q_T):

$$Q_T = Q_S + Q_L = 108.79 + 38.228 = 147.018\text{kW}$$

SHF = stosunek strumienia ciepła jawnego do ciepła całkowitego

$$SHF = Q_S / Q_T = 108.79 / 147.018 = 0.74$$