

POMIARY WILGOTNOŚCI POWIETRZA

POMIARY WILGOTNOŚCI POWIETRZA

Na podstawie: „Pomiary cieplne cz. I”, praca zbiorowa:
Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1993

8.1. Własności powietrza wilgotnego

8.1.1. Podstawowe definicje

Powietrze atmosferyczne jest mieszaniną gazową zawierającą zawsze pewną ilość pary wodnej. Zawartość pary wodnej w powietrzu atmosferycznym zmienia się, a zachowanie się jej jest odmienne od pozostałych gazów (możliwość zmiany stanu skupienia) – można więc do celów praktycznych traktować powietrze atmosferyczne jako mieszaninę powietrza suchego (składającego się wyłącznie z gazów) oraz pary wodnej. Ilość pary wodnej znajdującej się w jednostce objętości powietrza nie może przekraczać pewnej wielkości maksymalnej, która jest zależna od temperatury.

Powietrze niedosycone jest to powietrze, które może w danej temperaturze wchłonić pewną ilość pary wodnej, natomiast *powietrze nasycone* zawiera już maksymalną ilość pary wodnej w danej temperaturze.

Ciśnienie powietrza wilgotnego (ciśnienie barometryczne) wg prawa Daltona jest sumą ciśnień składnikowych powietrza suchego p_g oraz pary wodnej p_p

$$p_b = p_g + p_p \quad (8.1)$$

W powietrzu niedosyconym ciśnienie składnikowe pary wodnej p_p jest mniejsze od ciśnienia nasycenia pary wodnej p_p'' w danej temperaturze. W powietrzu nasyconym parą wodną ciśnienie p_p jest równe ciśnieniu nasycenia w danej temperaturze – stan ten nazywa się *punktem rosy*, gdyż najmniejsze obniżenie temperatury spowoduje wykroplenie się pewnej ilości pary, powstanie mgły lub rosy.

Wilgotność bezwzględna powietrza ρ_p jest stosunkiem masy pary m_p do objętości V powietrza wilgotnego

$$\rho_p = \frac{m_p}{V} \quad (8.2)$$

czyli jest gęstością pary wodnej przy jej ciśnieniu p_p i temperaturze powietrza wilgotnego.

Wilgotność względna powietrza wilgotnego φ jest stosunkiem wilgotności bezwzględnej ρ_p do maksymalnej wilgotności bezwzględnej ρ_p'' dla tej samej temperatury. Może być również określona jako stosunek ciśnienia składnikowego pary p_p do jej ciśnienia maksymalnego p_p'' w tej samej temperaturze

$$\varphi = \left(\frac{\rho_p}{\rho_p''} \right) = \left(\frac{p_p}{p_p''} \right) \quad (8.3)$$

Zawartość wilgoci (stopień wilgoci) x jest stosunkiem masy pary wodnej m_p do ilości powietrza suchego m_g

$$x = \frac{m_p}{m_g} \quad (8.4)$$

Z równań stanu dla pary wodnej i powietrza suchego otrzymuje się

$$x \approx 0,622 \frac{p_p}{p_b - p_p} \approx 0,622 \frac{\varphi p_p''}{p_b - \varphi p_p''} \quad (8.5)$$

Stopień nasycenia ψ jest stosunkiem stopnia wilgoci x do stopnia wilgoci x'' powietrza nasyconego w tej samej temperaturze

$$\psi = \frac{x}{x''} \quad (8.6)$$

Wyrażając wartość ψ w zależności od wilgotności względnej φ otrzymuje się

$$\psi = \varphi \frac{p_b - p_p''}{p_b - \varphi p_p''} \quad (8.7)$$

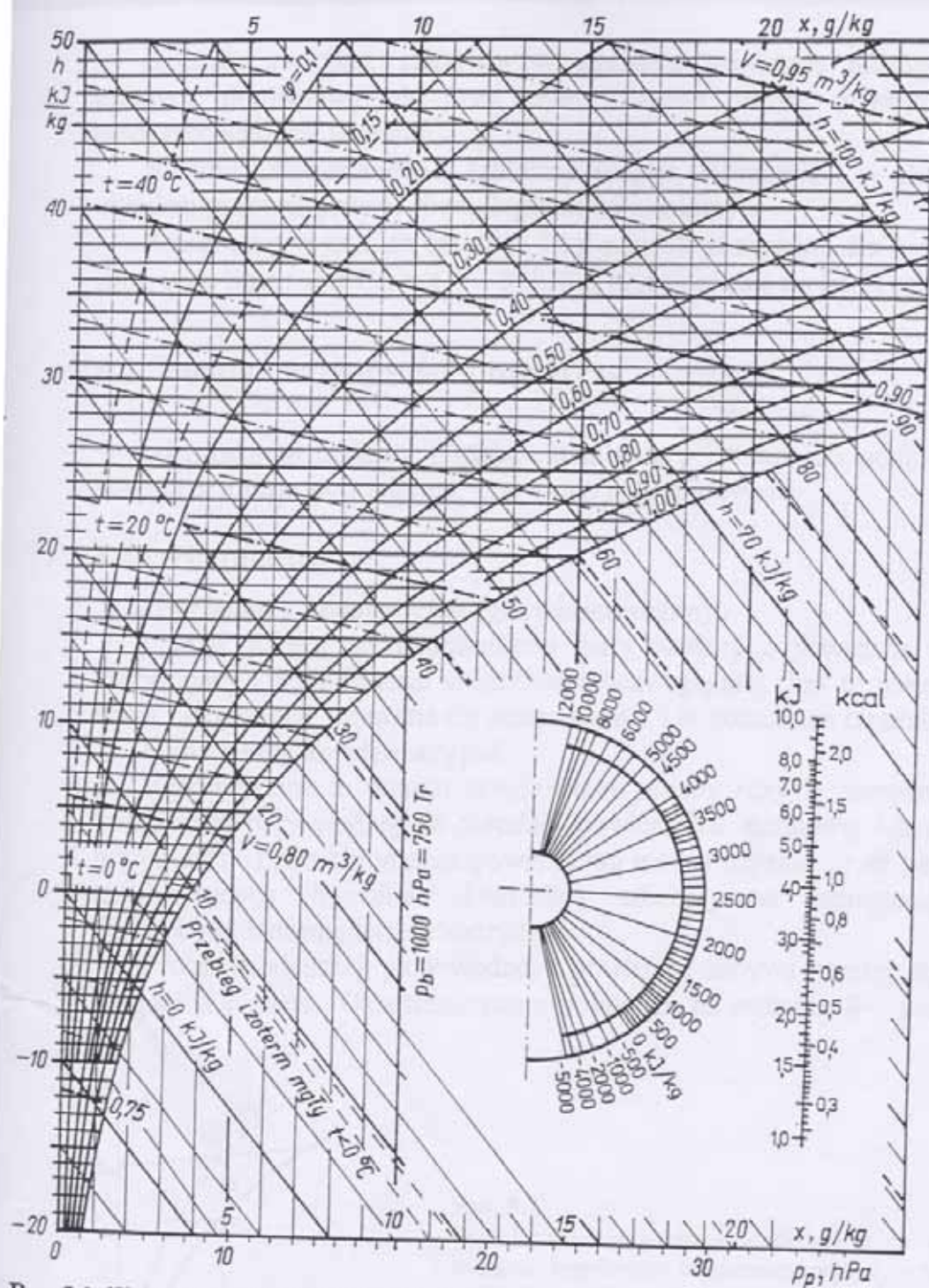
Entalpią powietrza wilgotnego h o zawartości wilgoci x kg/kg nazywa się entalpię mieszaniny 1 kg powietrza suchego i x kg pary wodnej. Przyjmując, że dla takiej mieszaniny powietrza suchego oraz całej zawartości wilgoci w postaci cieczy w temperaturze 0°C entalpia równa się zeru, otrzymuje się

$$h = c_{pg} t + x (c_{pp}'' t + r_0) \quad (8.8)$$

8.1.2. Wykres Molliera $h-x$

W takich działach techniki cieplnej, jak wentylacja, klimatyzacja, suszarnictwo, w celu obrazowego przedstawienia procesów fizycznych zachodzących w wilgotnym powietrzu oraz uproszczonego dokonywania obliczeń, powszechne zastosowanie znajdują wykresy prezentujące w sposób graficzny zależności parametrów t , φ , h oraz x przy stałym ciśnieniu ($p_b = \text{const}$).

Do budowy wykresu $h-x$ (rys. 8.1) stosuje się ukośny układ współrzędnych. Na osi poziomej jest naniesiona skala zawartości wilgoci x , w g/kg, – linie stałej zawartości wilgoci są pionowe. Na lewej osi pionowej znajduje się skala entalpii h , w kJ/kg, – linie stałej entalpii biegną ukośnie (zazwyczaj pod kątem 135° od osi



Rys. 8.1. Wykres h - x dla powietrza wilgotnego

pionowej); w prostokątnym układzie współrzędnych obszar powietrza niedosyconego wypadłby zbyt wąski.

Linie stałej wilgotności względnej $\varphi = \text{const}$ stanowią rodzinę krzywych biegnących skośnie od lewego dolnego rogu wykresu ku górze. Krzywa $\varphi = 1$ (stan nasycenia powietrza parą) oddziela obszar powietrza niedosyconego (powyżej krzywej $\varphi = 1$) od obszaru mgły (poniżej krzywej $\varphi = 1$).

Izotermy $t = \text{const}$ stanowią w obszarze powietrza nienasyconego układ prostych nierównoległych, przy czym izoterma $t = 0^\circ\text{C}$ w obszarze powietrza nienasyconego jest pozioma.

Na linii nasycenia $\phi = 1$ izotermy ulegają załamaniu i w obszarze mgły są układem prostych prawie równoległych do izentalp.

Ponieważ przyjęto, że entalpia 1 kg powietrza suchego dla $t = 0^\circ\text{C}$ równa się zero, więc linie $t = 0^\circ\text{C}$ oraz $h = 0$ kJ/kg przecinają się na lewej osi pionowej.

8.2. Pomiar wilgotności powietrza

W zależności od budowy i zasady działania przyrządu do pomiaru wilgotności powietrza można podzielić na: *higrometry*, *psychrometry*.

8.2.1. Higrometry

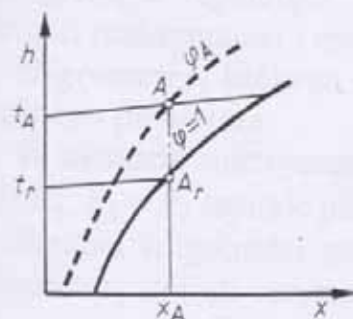
Higrometry absorpcyjne (grawimetryczne)

Pomiar polega na pochłanianiu pary wodnej z powietrza przez materiał absorbujący i wyznaczaniu wilgotności bezwzględnej. Jest to metoda skomplikowana i kłopotliwa, używana do wzorcowania i w pomiarach laboratoryjnych.

Higrometry kondensacyjne

Wykorzystano tu pomiar *temperatury punktu rosy*, tj. temperatury początku kondensacji pary wodnej na chłodnej powierzchni metalowej lub szklanej (lustra higrometru). Efekt chłodzenia powierzchni można uzyskać przez parowanie cieczy łatwoprzegrzewających (*higrometr Daniella*), adiabatyczne rozprężanie gazu, efekt Peltiera – chłodzenie termoelektryczne.

Proces kondensacji pary wodnej z powietrza odbywa się przy stałej zawartości wilgoci ($x = \text{const}$). Określenie stanu powietrza na wykresie $h-x$ przedstawiono na rys. 8.2.



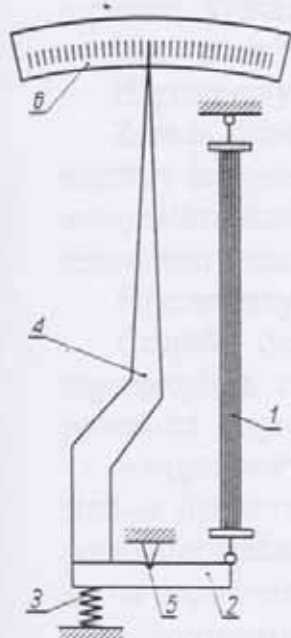
Rys. 8.2.

Wyznaczanie wilgotności względnej ϕ na wykresie $h-x$ wg wskazań higrometru kondensacyjnego; t_A – temperatura badanego powietrza, t_r – temperatura punktu rosy, ϕ_A – wilgotność względna badanego powietrza

Higrometry włosowe

Wykorzystano tu właściwości włosów ludzkich, zwierzęcych oraz niektórych włókien syntetycznych polegające na zmianie ich długości pod wpływem zmian wilgotności powietrza. Schemat higrometru włosowego przedstawiono na rys. 8.3.

Ze względu na prostotę budowy i działania higrometry włosowe są powszechnie stosowane. Dokładność pomiaru zawiera się w granicach $\pm 3\%$, przy zakresie pomiarowym 30÷100% wilgotności względnej.



Rys. 8.3.

Schemat higrometru włosowego; 1 – wiązka włosów odłuszczonych, 2 – dźwignia, 3 – sprężyna dźwigni, 4 – wskazówka, 5 – punkt podparcia dźwigni, 6 – skala

Higrometry z włosiem ludzkim mają następujące wady:

- występowanie zjawiska histerezy,
- konieczność starannego odłuszczenia włosów,
- zakres stosowania tylko w temperaturze do 50°C ,
- konieczność okresowej regeneracji.

Higrometry z włókien syntetycznych mogą być stosowane w temperaturze do 120°C i nie wymagają regeneracji. Nie wymagają również regeneracji higrometry pracujące na zewnątrz pomieszczeń.

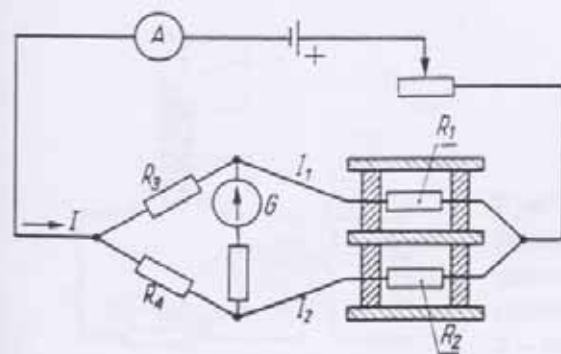
Zaletą higrometrów włosowych jest możliwość pomiaru wilgotności powietrza w temperaturze poniżej 0°C oraz bardzo mały wpływ temperatury na krzywą wzorcowania.

Higrometry rejestrujące w sposób ciągły zmianę wilgotności powietrza to *higrografy*, a regulujące wilgotność powietrza to *higrostaty* (styki elektryczne wartości maksymalnej i minimalnej).

Higrometry, których budowę oparto na zasadzie zmiany przewodnictwa ciepłego powietrza

W układzie elektrycznego mostka Wheatsone'a (rys. 8.4) występują rezystory $R_1 = R_2$; $R_3 = R_4$ (spirale platynowe).

Zmiana wilgotności powietrza wokół rezystora R_1 lub R_2 powoduje zmianę temperatury spirali rezystora na skutek zmiany przewodnictwa ciepłego wokół



Rys. 8.4.

Schemat higrometru działającego na zasadzie zmiany przewodnictwa ciepłego wilgotnego powietrza; R_1 , R_2 – rezystory (spirale platynowe), $R_3 = R_4$ – rezystory, G – galwanometr, A – amperomierz

rezystora. Wskazówka galwanometru wychyli się, gdy $R_1 \neq R_2$. Wychylenie można wyskalować w % wilgotności względnej.

Higrometry pojemnościowe

Zasada działania jest oparta na pomiarze admitancji (pojemności) porowatej warstwy higroskopijnej. Czujnik jest kondensatorem o złotej i aluminiowej porowatej elektrodzie. Charakteryzuje się dużą stałością charakterystyki przy zmianach temperatury oraz małą bezwładnością wskazań.

Higrometry rezystancyjne

Czujniki tych higrometrów składają się z elektrod rozdzielonych warstwą higroskopijną zmieniającą przewodność elektryczną przy zmianie wilgotności powietrza. Higrometry rezystancyjne można podzielić na dwie grupy:

- *higrometry z czujnikami elektrolitycznymi*; elektrody umieszczone w elektrolicie (nienasycone roztwory soli lub kwasów); zmiana wilgotności powietrza powoduje zmianę stężenia elektrolitu; wartość wilgotności względnej ϕ odczytuje się na odpowiednio wyskalowanym amperomierzu,

- *higrometry z czujnikami sorpcyjnymi*; na warstwie higroskopijnej następuje pochłanianie wilgoci z otoczenia; dyfundująca woda powoduje spadek przewodnictwa elektrycznego warstwy.

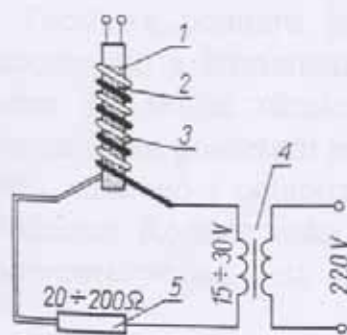
Higrometry z ogrzewanymi czujnikami

Czujnikiem pomiarowym najczęściej jest termometr rezystancyjny (rys. 8.5) z umieszczoną na nim tkaniną z włókna szklanego nasyconą roztworem chlorku litu i nawiniętymi dwiema elektrodami.

Napięcie przyłożone do elektrod powoduje przepływ prądu przez elektrolit, wskutek czego temperatura czujnika wzrasta do chwili osiągnięcia temperatury przemiany. Ciśnienie składnikowe pary wodnej nad powierzchnią elektrolitu wzrasta, powodując odparowanie wody z roztworu do otaczającego powietrza i zmniejsza przewodność elektryczną. Wskutek tworzenia się kryształów chlorku litu (LiCl) o właściwościach higroskopijnych, przerywa się przepływ prądu, powodując ochłodzenie czujnika. To z kolei powoduje absorpcję wilgoci z powietrza i ponowne ogrzewanie czujnika. Proces ten powtarza się aż do ustalenia się stanu równowagi w temperaturze przemiany, odpowiadającej temperaturze punktu rosy, w której nie występuje wymiana wilgoci między chlorkiem litu a otoczeniem. Znając temperaturę punktu rosy i temperaturę powietrza można określić wilgotność względną powietrza.

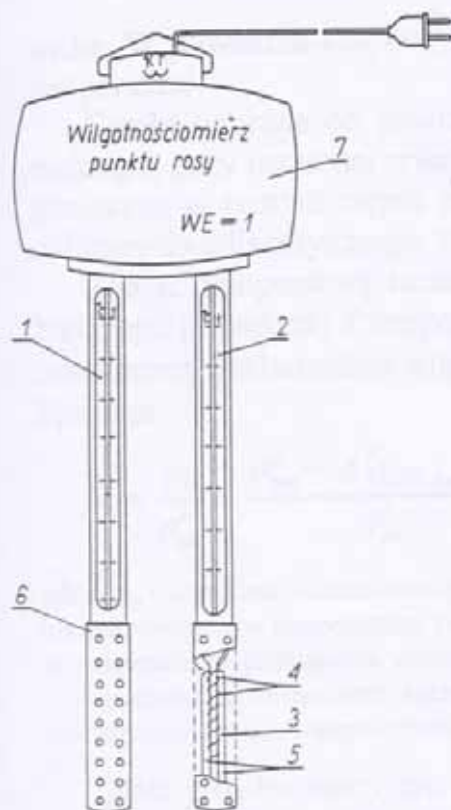
Czujniki chlorolitowe są stosowane w zakresie temperatury $-20 \div +100^\circ\text{C}$ i wilgotności względnej $10 \div 100\%$.

Na rys. 8.6 pokazano higrometr punktu rosy ze szklanymi termometrami.



Rys. 8.5.

Schemat ideowy higrometru chlorolitowego; 1 – czujnik termometru rezystancyjnego, 2 – włókno szklane nasycone wodnym roztworem chlorku litu (LiCl), 3 – elektrody, 4 – transformator, 5 – rezystor rozruchowy



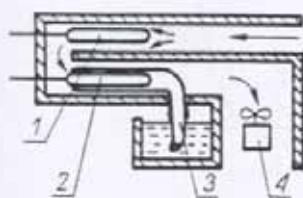
Rys. 8.6.

Higrometr punktu rosy ze szklanymi termometrami; 1 – termometr temperatury powietrza, 2 – termometr punktu rosy, 3 – zbiornik rtęci termometru punktu rosy, 4 – elektrody metalowe, 5 – warstwa włókna azbestowego, 6 – osłona perforowana, 7 – obudowa

8.2.2. Psychrometry

Psychrometr jest klasycznym przyrządem do pomiaru wilgotności powietrza umożliwiającym osiągnięcie największej dokładności pod warunkiem właściwego użytkowania.

Psychrometr przedstawiony na rys. 8.7 składa się z dwóch termometrów, tzw. *termometru suchego* i *termometru mokrego*. Termometr suchy wskazuje temperaturę powietrza, a termometr mokry, którego czujnik jest owinięty higroskopijną koszulką zwilżaną wodą destylowaną, tzw. temperaturę termometru mokrego.



Rys. 8.7.

Zasada działania psychrometru; 1 – termometr suchy, 2 – termometr mokry, 3 – koszulka higroskopijna, 4 – wentylator

Podstawą pomiaru jest założenie, że w warstwie powietrza graniczącego bezpośrednio z termometrem mokrym ustali się stan nasycenia powietrza parą wodną. Na skutek różnicy ciśnień składnikowych pary wodnej w tej warstwie i otaczającym powietrzu nastąpi parowanie wody z higroskopijnej warstwy termometru mokrego i ochłodzenie czujnika do temperatury odpowiadającej granicy chłodzenia. Różnicę wskazań termometru suchego i mokrego nazywa się *różnicą psychrometryczną*. Jest ona tym większa, im powietrze otaczające jest bardziej

suche. W powietrzu nasyconym ($\varphi = 100\%$) oba termometry wskazują jednakową temperaturę.

Ciepło pobrane od powietrza na odparowanie wody z koszulki termometru mokrego, przy ustalonej wymianie ciepła i swobodnym dopływie masy, wraca do powietrza w postaci ciepła parowania wody. Można przyjąć, że proces ten jest zbliżony do adiabatycznego, tzn. zachodzi bez wymiany ciepła z otoczeniem.

Znając temperaturę termometru suchego t_s (która jest równa temperaturze badanego powietrza) i temperaturę termometru mokrego t_m można wyznaczyć z dostateczną dokładnością wilgotność powietrza dla temperatury do 50°C ze wzoru Sprunga

$$\varphi = \frac{p_p}{p''_{ps}} = \frac{p''_{pm} - A(t_s - t_m)p_b}{p''_{ps}} 100 \quad \% \quad (8.9)$$

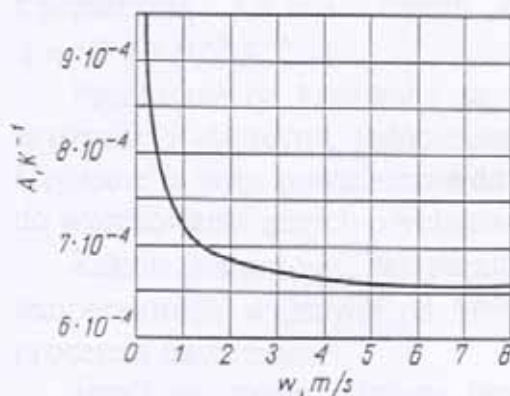
gdzie: p_p – ciśnienie składowe pary wodnej w badanym powietrzu, Pa; p''_{pm} – ciśnienie nasycenia pary wodnej w temperaturze termometru mokrego, Pa; p''_{ps} – ciśnienie nasycenia pary wodnej w temperaturze termometru suchego, Pa; p_b – ciśnienie barometryczne w chwili pomiaru, Pa; t_s – temperatura termometru suchego, $^\circ\text{C}$; t_m – temperatura termometru mokrego, $^\circ\text{C}$; A – stała psychrometryczna lub współczynnik psychrometryczny, $^\circ\text{C}^{-1}, \text{K}^{-1}$.

Stala psychrometryczna jest zależna od rodzaju gazu, prędkości przepływu gazu wokół czujnika termometru mokrego, temperatury termometru mokrego oraz od konstrukcji psychrometru. Na podstawie badań ustalono empiryczny wzór dla powietrza

$$A = \left(65 + \frac{6,75}{w} \right) 10^{-5} \quad \text{K}^{-1} \quad (8.10)$$

gdzie w jest prędkością przepływu powietrza wokół czujnika termometru mokrego, m/s.

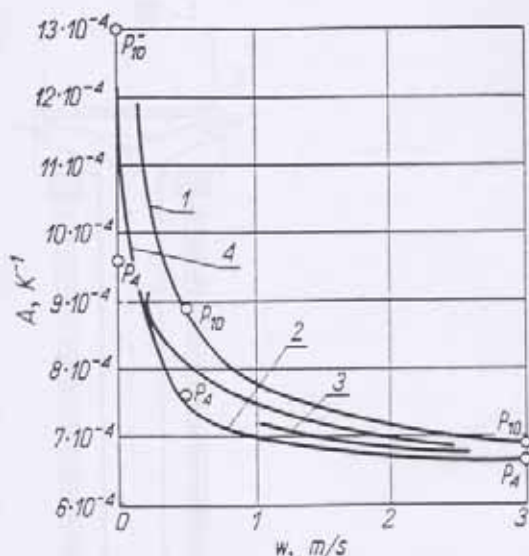
Zależność $A = f(w)$ przedstawiono na rys. 8.8.



Rys. 8.8.

Wykres zależności stałej psychrometrycznej od prędkości przepływu powietrza $A = f(w)$

Badania przeprowadzone w ostatnich latach wykazały, że wartość stałej psychrometru A zależy nie tylko od prędkości przepływu powietrza, ale i od konstrukcji psychrometru (wymiarów i kształtu czujnika – zbiorniczka cieczy termometrycznej) oraz w mniejszym stopniu od temperatury, ciśnienia i wilgotności badanego powietrza. Na rysunku 8.9 przedstawiono wyniki badań zmiany stałej psychrometrycznej.



Rys. 8.9.

Zależność stałej psychrometrycznej od prędkości przepływu powietrza wg: Zworykina (krzywa 1 – zbiorniczki kuliste ϕ 10 mm, krzywa 2 – zbiorniczki cylindryczne ϕ 4 mm, długość 8 mm); Lykova (krzywa 3 – zbiorniczki cylindryczne ϕ 4 mm, długość 8 mm); Yamarumoto (krzywa 4 – zbiorniczki kuliste ϕ 9 mm), Pusanowa (punkty P_{10} – zbiorniczki kuliste ϕ 10 mm, punkty P_4 – zbiorniczki cylindryczne ϕ 4 mm, długość 8 mm)

W niskich temperaturach badanego powietrza woda w koszulce termometru mokrego może zamarznąć, co spowoduje pewną zmianę stałej psychrometrycznej. W związku z powyższym nie należy dokonywać pomiaru psychrometrem, gdy na koszulce termometru znajduje się jednocześnie woda i lód.

Psychrometr Augusta

Psychrometr Augusta jest to zestaw dwóch termometrów, z których jeden jest zaopatrzony w koszulkę i zbiorniczek wody destylowanej do jej nawilżania. Psychrometr ten ma przypadkowy przepływ powietrza wokół termometrów i nie nadaje się do pomiarów dokładnych. Wskazania jego należy traktować jako orientacyjne (w niesprzyjających warunkach błędy pomiaru mogą dochodzić do 15%).

Psychrometr Assmanna

Psychrometr Assmanna (rys. 8.10) ma czujniki termometrów zabezpieczone przed wpływem promieniowania oraz wymuszony przepływ powietrza z prędkością 2,5 m/s, czemu odpowiada wartość stałej psychrometrycznej $A = 67,70 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

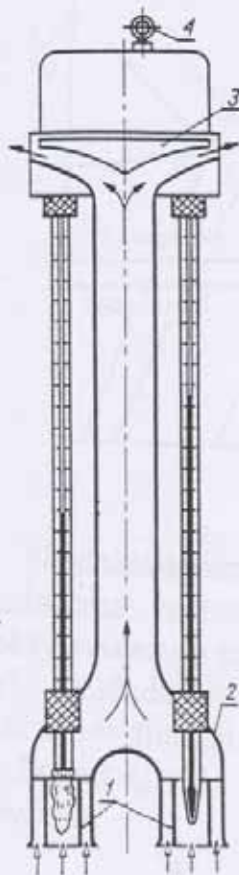
Psychrometry Assmanna są przyrządami prostymi w budowie, wygodnymi w użyciu i dającymi jednocześnie wystarczająco dokładne wyniki pomiarów. Używane są więc powszechnie do pomiarów wilgotności względnej powietrza oraz do wzorcowania innych psychrometrów i higrometrów.

Zakres pomiarowy: temperatura $0 \div 50^\circ\text{C}$, wilgotność względna $5 \div 95\%$. Przy temperaturach wyższych od 50°C rośnie błąd spowodowany nieadiabaticznym procesem nawilżania.

Jeżeli są znane odczyty termometrów suchego i mokrego, to wilgotność względną powietrza można wyznaczyć trzema sposobami:

1. Obliczając ze wzorów (8.9) i (8.10). Konieczna jest tutaj znajomość ciśnienia barometrycznego w chwili pomiaru lub przyjęcie średniej wartości dla Polski (tj. 1000 hPa). Ciśnienia nasycenia pary wodnej p''_{ps} i p''_{pm} [hPa] należy przyjąć z tablic opracowanych dla pary nasyconej lub z wykresu $h-x$.

Korzystając z psychrometru Augusta, dla przyjętych wielkości – $w = 0,4 \div 0,5 \text{ m/s}$; $A = 80 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$; $p_b = 1000 \text{ hPa}$ mamy



Rys. 8.10.

Psychrometr Assmanna; 1 – tulejki, 2 – osłona, 3 – wentylator, 4 – klucz do nakręcania sprężyny

$$\varphi = \frac{p''_{pm} - 0,8(t_s - t_m)}{p''_{ps}} 100 \quad (8.11)$$

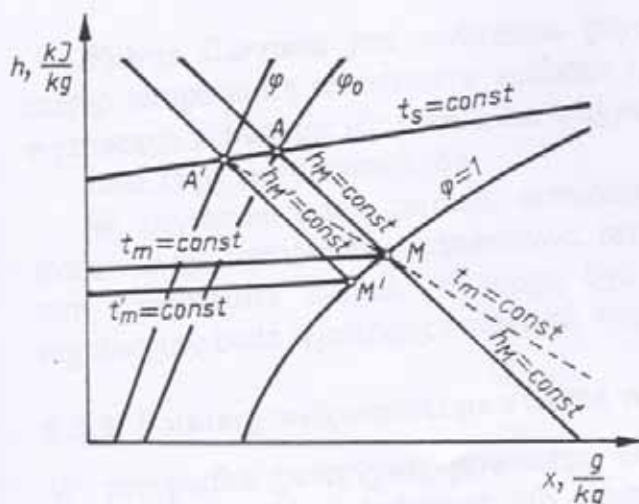
Dla psychrometru Assmanna zaś dla przyjętych wielkości – $w = 2,5 \text{ m/s}$; $A = 67,7 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$; $p_b = 1000 \text{ hPa}$ mamy

$$\varphi = \frac{p''_{pm} - 0,68(t_s - t_m)}{p''_{ps}} 100 \quad (8.12)$$

2. Odczytując z gotowych tablic lub wykresów psychrometrycznych. Przy posługiwaniu się psychrometrem Assmanna można korzystać z tablic psychrometrycznych, które opracowano dla ciśnienia $p_b = 1007 \text{ hPa}$, stałej psychrometrycznej: dla wody $A_w = 50 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, dla lodu $A_L = 43 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ oraz dla zakresu temperatury $-30^\circ\text{C} \div +45^\circ\text{C}$. Tablice umożliwiają wprowadzenie pewnych poprawek w zależności od aktualnego ciśnienia barometrycznego. Dla odczytanej temperatury termometru suchego t_s i różnicy psychrometrycznej $\Delta t = t_s - t_m$ odczytuje się wilgotność względną φ . Przy posługiwaniu się psychrometrem można korzystać z wykresu $\varphi = f(t_s, \Delta t)$.

3. Wyznaczając wilgotność powietrza z wykresu $h-x$ bądź wykresu Carrier'a. Wyznaczanie wilgotności względnej powietrza na wykresie $h-x$ pokazano na rys. 8.11.

Prowadząc z punktu M izentalpę $h = \text{const}$ do przecięcia z izotermą $t_s = \text{const}$ otrzyma się, jako stan powietrza otaczającego, punkt A o wilgotności względnej φ_0 .

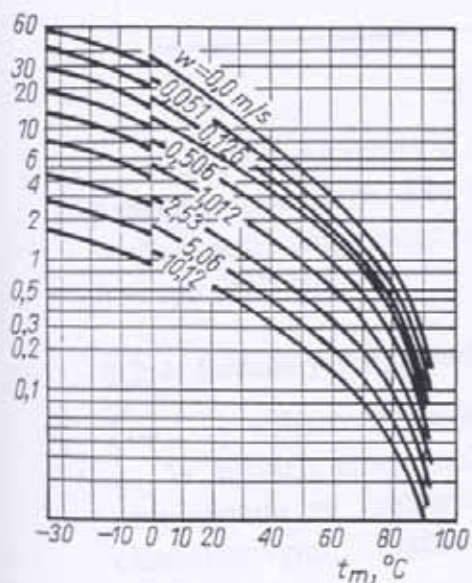


Rys. 8.11.
Wyznaczanie wilgotności względnej wg
wskazań psychrometru na wykresie $h-x$

Niedokładności w odczytach wilgotności względnej φ na wykresie wynikają z założenia, że proces nawilżania jest adiabatyczny oraz z faktu, że termometr mokry wskazuje temperaturę wyższą (t_m nie osiąga temperatury granicy chłodzenia). Dokładny odczyt można uzyskać, znajdując błąd wskazań termometru mokrego w funkcji prędkości przepływu powietrza (rys. 8.12).

Znając t_m oraz w odczytuje się B , a następnie oblicza właściwą temperaturę t'_m ze wzoru

$$t'_m = t_m - \frac{B}{100} (t_s - t_m) \quad (8.13)$$



Rys. 8.12.
Wykres błędów dla wskazań psychrometrów

Z przecięcia $\varphi = 1$ i t'_m znajduje się punkt M' (rys. 8.11), następnie prowadząc izentalpę $h_{M'} = \text{const}$ do przecięcia z izotermą t_s , znajduje się punkt A' o wilgotności rzeczywistej φ .

Jeżeli na wykresie $h-x$ występują izotermy obszaru mgły, wówczas z punktu M prowadzi się linię będącą przedłużeniem izotermy t_m obszaru mgły w obszar powietrza nienasyconego i w miejscu przecięcia z izotermą t_s znajduje się punkt A , znaleziony poprzednio przy użyciu wykresu błędów (rys. 8.12).

Wykres Carriera jest wykresem psychrometrycznym, za pomocą którego, znając temperaturę termometru suchego t_s oraz termometru mokrego t_m , można wyznaczyć w punkcie ich przecięcia wilgotność względną ϕ .

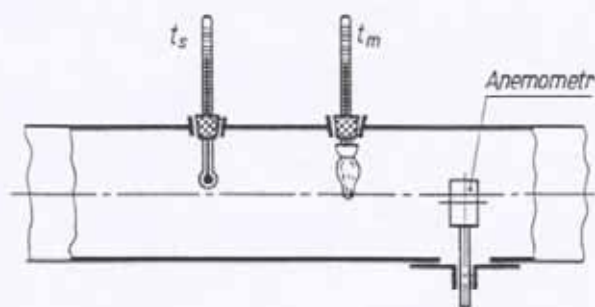
Inne typy psychrometrów

W psychrometrach zamiast termometrów rtęciowych (cieczowych) można stosować np. termometry: ciśnieniowe, rezystancyjne, termoelementy. Poza pomiarem temperatury czujniki te mogą być wykorzystane jako element sterujący, regulacyjny bądź rejestrujący wartość wilgotności względnej powietrza.

8.2.3. Pomiary wilgotności powietrza w kanale (tunelu)

W przypadku przepływu powietrza ze stałą prędkością wewnątrz przewodu (kanału) o przekroju kołowym lub prostokątnym wilgotność względną powietrza można wyznaczyć metodą psychrometryczną.

Termometry suchy i mokry (rys. 8.13) mocuje się w korkach gumowych lub igelitowych. Czujnik termometru mokrego jest owinięty gazą zwilżaną okresowo lub zanurzoną w zbiorniczku wody destylowanej.



Rys. 8.13.
Schemat pomiaru wilgotności powietrza w kanale (tunelu)

Prędkość powietrza w kanale mierzy się jednym ze znanych sposobów pomiaru prędkości powietrza. Dla zmierzonej temperatury t_s i t_m oraz prędkości powietrza w określa się wilgotność względną powietrza ϕ ze wzorów (8.9) i (8.10), wykresu $h-x$ lub wykresu $t-x$.

8.2.4. Pomiary wilgotności powietrza w niskich i wysokich temperaturach

Pomiary wilgotności powietrza w niskich temperaturach

W niskich temperaturach powietrza (poniżej 0°C) najczęściej stosowanymi przyrządami są: higrometr z ogrzewanym czujnikiem, higrometr z czujnikami chlorolitowymi, higrometr włosowy, higrometr absorpcyjny, psychrometr Assmanna.

Pomiary wilgotności powietrza w wysokich temperaturach

W przypadku pomiaru wilgotności powietrza o temperaturze powyżej 100°C można go przeprowadzić za pomocą higrometru punktu rosy, higrometru absorpcyjnego, w którym pochłaniaczem jest woda, przez którą przepuszcza się powietrze, a po ochłodzeniu i osuszeniu wyznacza wilgotność powietrza opuszczającego chłodnicę oraz określa się ilość wykroplonej wilgoci w chłodnicy.

8.2.5. Wzorcowanie higrometrów

Wzorcowanie i sprawdzanie higrometrów może być wykonane dwiema metodami:

- przez pomiar badanym higrometrem powietrza o znanej wilgotności, wytworzonej przez odpowiedni generator wilgotności, lub wilgotności utrzymującej się nad roztworem higrostatycznym (np. roztworem kwasu lub soli), nad którego powierzchnią utrzymuje się określona wilgotność powietrza,
- przez wspólny pomiar nieznanej wilgotności powietrza higrometrem badanym i wzorcowym. Jako higrometry wzorcowe przyjmuje się higrometry absorpcyjne (gravimetryczne) podające bezwzględną zawartość wilgoci w powietrzu; do celów technicznych z wystarczającą dokładnością można uznać za przyrząd wzorcowy – psychrometr Assmanna.