



Politechnika Wroclawska



Politechnika Wroclawska

**INSTYTUT KLIMATYZACJI I OGRZEWNICTWA
WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA
POLITECHNIKA WROCLAWSKA**

ĆWICZENIA LABORATORYJNE Z WENTYLACJI I KLIMATYZACJI:

BADANIA W INSTALACJACH WENTYLACYJNYCH

1 WSTĘP

Stanowisko laboratoryjne do badania instalacji wentylacyjnej znajduje się w pomieszczeniu 329 w budynku C-6 Politechniki Wrocławskiej. Składa się z centrali nawiewno-wywiewnej typu GOLD RX firmy Swegon z obrotowym wymiennikiem do odzysku ciepła z powietrza wywiewanego, sieci kanałów wywiewnych i nawiewnych z różnego typu nawiewnikami.

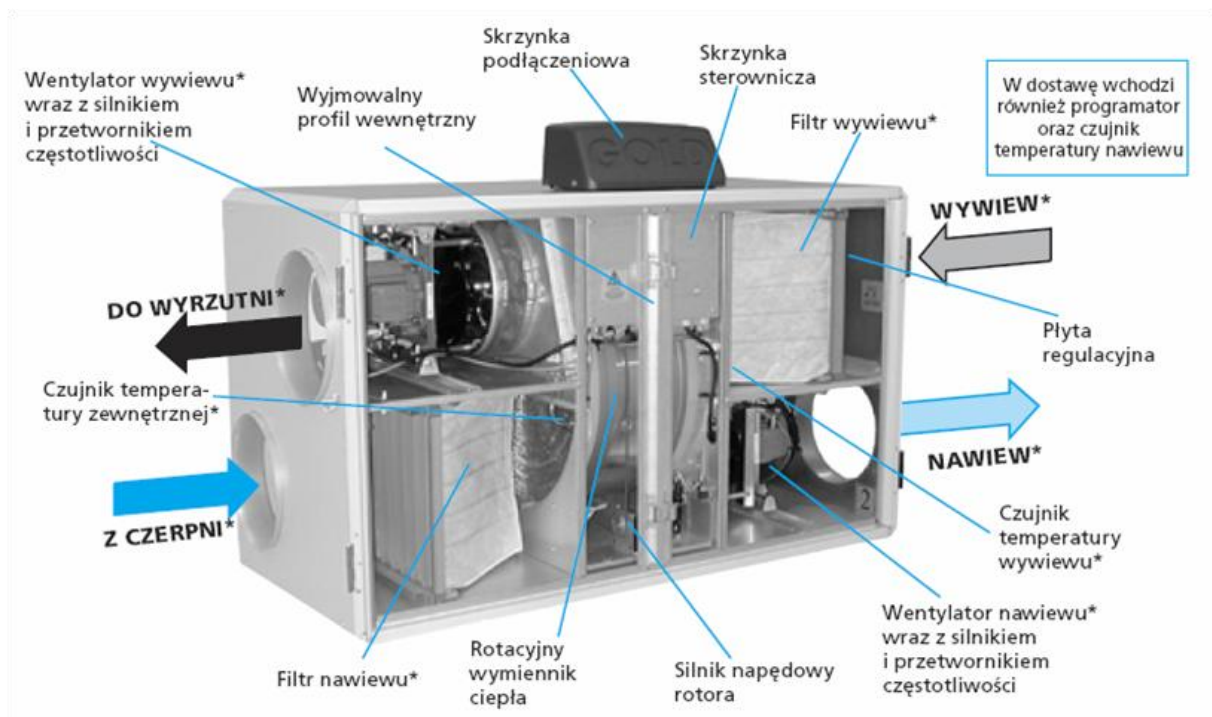
Zadaniem ćwiczeń laboratoryjnych jest zapoznanie studentów z metodami oraz urządzeniami pomiarowymi. Ćwiczenie obejmuje pomiary: strumienia powietrza w przewodach i nawiewnikach oraz prędkości powietrza, temperatury i wilgotności powietrza w strefie przebywania ludzi.

2 CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z metodami pomiarowymi instalacji wentylacyjnej. Pomiary strumienia powietrza wykonywane są w przekroju poprzecznym kanału wywiewnego przy użyciu rurki Prandtla i manometru cieczowego (Recknagla). Strumienie powietrza nawiewanego przez wybrane nawiewniki mierzone są za pomocą anemometru skrzydełkowego. Poza pomiarami strumieni powietrza w instalacji, w pomieszczeniu wykonuje się pomiar parametrów mikroklimatu. Mierzy się rozkład temperatury, prędkości oraz wilgotności powietrza w strefie przebywania ludzi.

3 BUDOWA STANOWISKA LABORATORYJNEGO

3.1 Centrala wentylacyjna



Rys. 3.1. Centrala nawiewno-wywiewna firmy Swegon typu GOLD RX z wymiennikiem obrotowym



Głównym elementem stanowiska pomiarowego jest centrala nawiewno-wywiewna firmy Swegon typu GOLD RX z wymiennikiem obrotowym. Centrala składa się z następujących sekcji:

- 2 sekcje filtracji wyposażone w filtry klasy F7,
- 2 sekcje wentylatorowe wyposażone w wentylatory promieniowo-osiove,
- sekcja odzysku ciepła z wymiennikiem obrotowym.

3.2 Instalacja nawiewno-wywiewna

Powietrze zewnętrzne czerpane jest przez czerpnię znajdującą się w oknie sali 329, a następnie doprowadzone jest do centrali kanałem typu 'spiro' o przekroju okrągłym. Z centrali powietrze przepływa przez tłumik akustyczny do przestrzeni komory wyrównawczej i następnie wypływa do pomieszczenia przez nawiewniki (jeden lub kilka wybrane przez prowadzącego). Na rysunku 3.2 przedstawiono 7 zainstalowanych elementów nawiewnych.

W kanałach nawiewnym i wywiewnym zamontowane zostały przepustnice jednopłaszczyznowe sterowane ręcznie, umożliwiające regulację strumieni przepływającego powietrza oraz recyrkulację powietrza z pomieszczenia. W obu kanałach przygotowano otwory umożliwiające pomiar strumieni powietrza za pomocą rurki Prandtla.

Na kanale nawiewnym zainstalowana jest na stałe kryza pomiarowa.



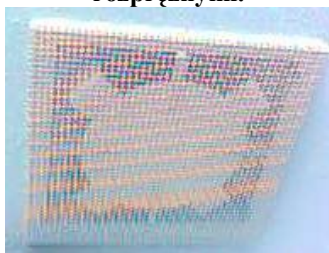
1. Okrągły nawiewnik sufitowy z zintegrowanymi skrzynkami rozprężnymi.



2. Kwadratowy nawiewnik z ruchomymi dyszami.



3. Sufitowy nawiewnik talerzowy.



4. Perforowany nawiewnik sufitowy prostokątny.



5. Sufitowy nawiewnik talerzowy z perforowanym panelem przednim.



6. Kratka nawiewna.



7. Prostokątna kratka z ruchomymi, poziomymi i pionowymi łopatkami.

Rys. 3.2. Elementy nawiewne

4 PRZEBIEG ĆWICZENIA

- Omówienie budowy stanowiska oraz poszczególnych elementów instalacji,
- wykonanie schematu instalacji pomiarowej,
- uruchomienie centrali nawiewno-wywiewnej oraz wybranych nawiewników,
- pomiar strumienia powietrza w przekroju poprzecznym kanału wywiewnego,
- pomiar strumienia powietrza na wybranych nawiewnikach, pomiar strumienia na elemencie zakańczającym instalację wywiewną,
- pomiar parametrów mikroklimatu w pomieszczeniu.
-

5 SPOSÓB WYKONANIA ĆWICZENIA

5.1 Pomiar strumienia powietrza w przekroju poprzecznym kanału wentylacyjnego

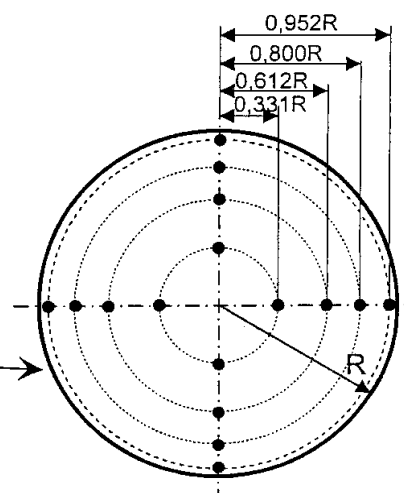
5.1.1 Wyznaczanie punktów pomiarowych do pomiaru przepływu powietrza wykonywanego rurką Prandtla w przewodach

I Metoda Log-Czebyszewa (wg PN-ISO 5221 "Metoda pomiaru przepływu strumienia powietrza w przewodzie")

A. Położenie punktów pomiarowych w przewodzie o przekroju kołowym, odpowiada następującym wartościom promienia względnego r/R w przewodzie o przekroju kołowym (licząc od osi przewodu) przedstawiono w tabeli 5.1.:

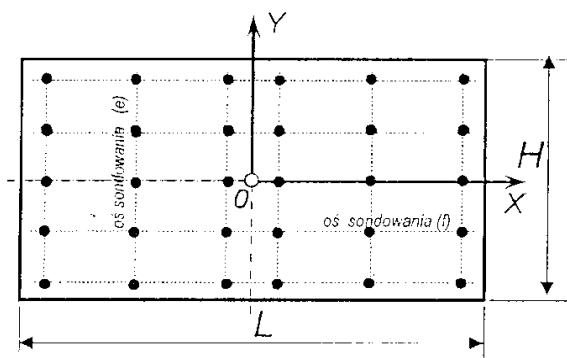
Tabela 5.1. Położenie punktów pomiarowych w przewodzie o przekroju kołowym (od osi przewodu)

Liczba punktów pomiarowych na promieniu	r/R
3	0,375
	0,825
	0,936
4	0,331
	0,612
	0,800
	0,952
	0,962
5	0,287
	0,570
	0,689
	0,847
	0,962



Rys. 5.1. Przykład wyznaczania położenia punktów pomiarowych w przewodzie o przekroju kołowym wg metody Log-Czebyszewa

B. Położenie punktów pomiarowych w przekroju prostokątnym, odpowiada następującym wartościom wymiarów względnych $\frac{X_i}{L}$ oraz $\frac{Y_i}{H}$ (od osi przewodu) zależnie od przyjętej liczby osi sondowania e lub f , równoległych (odpowiednio) do krótszego lub dłuższego boku przewodu o przekroju prostokątnym, przedstawiono w tabeli 5.2.:


Tabela 5.2. Położenie punktów pomiarowych w przekroju prostokątnym

Liczba osi sondowania e lub f	Wartości $\frac{X_i}{L}$ lub $\frac{Y_i}{H}$
5	0, $\pm 0,212$, $\pm 0,426$
6	$\pm 0,063$, $\pm 0,265$, $\pm 0,439$
7	0, $\pm 0,134$, $\pm 0,297$, $\pm 0,447$

Rys. 5.2. Przykład wyznaczenia położenia punktów pomiarowych w przewodzie o przekroju prostokątnym wg metody Log-Czebyszewa. Uwaga: na każdej osi sondowania liczba punktów pomiarowych nie może być mniejsza niż $n=5$. W podanym przykładzie na rysunku 2 przyjęto liczbę osi: $e=6$ oraz $f=5$

Ponieważ współczynniki ważenia przyjęto jako równe sobie, prędkość przepływu jest równa średniej arytmetycznej zmierzonych prędkości lokalnych (dla przekrojów kołowych i prostokątnych).

II Metoda klasyczna (wg Kołodziejczyk L., Mańkowski S., Rubik M.: „Pomiary w inżynierii sanitarnej” Arkady 1980)

A. Wyznaczanie położenia punktów pomiarowych w przewodzie o przekroju kołowym. Przewód o przekroju kołowym dzieli się na koncentryczne pierścienie w liczbie zależnej od średnicy przewodu (tabela 5.4). Ciśnienie dynamiczne mierzy się w czterech punktach każdego pierścienia, leżących na okręgu dzielącym każdy pierścień na dwie równe powierzchnie. Współczynniki do obliczenia położenia punktów pomiarowych podano w tabeli 5.3. Odległość poszczególnych punktów od ścianki przewodu oblicza się mnożąc długość promienia przewodu przez odpowiednią wartość współczynnika.

Tabela 5.3. Współczynniki do obliczenia odległości punktu pomiarowego od ściany przewodu

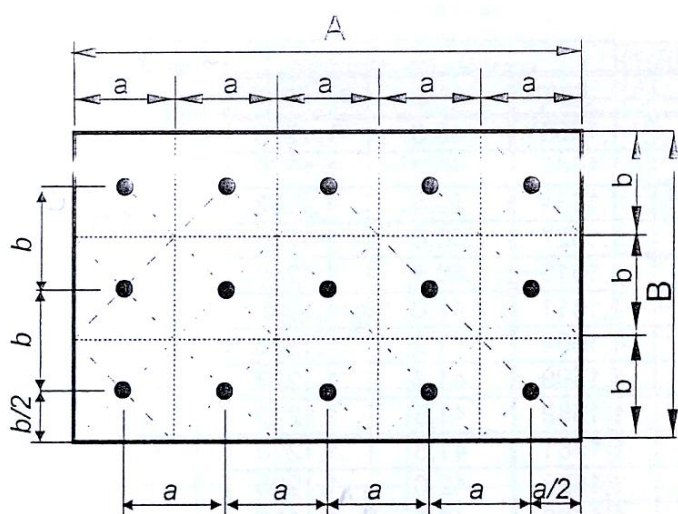
Nr punktu	Liczba pierścieni pomiarowych			
	3	4	5	6
1	0,086	0,064	0,051	0,043
2	0,293	0,210	0,164	0,134
3	0,591	0,388	0,293	0,236
4	1,409	0,646	0,457	0,354
5	1,707	1,354	0,684	0,500
6	1,914	1,612	1,316	0,710
7		1,790	1,543	1,290
8		1,936	1,707	1,500
9			1,836	1,646
10			1,949	1,764
11				1,866
12				1,957

Tabela 5.4. Liczba pierścieni do pomiaru ciśnienia dynamicznego

Średnica przewodu, mm	Liczba pierścieni pomiarowych
< 200	3
200 - 400	4
400 - 700	5
>700	6

Zwiększenie liczby pierścieni pomiarowych zwiększa dokładność pomiaru i jednocześnie pracochłonność badań.

B. Wyznaczanie położenia punktów pomiarowych w przewodzie o przekroju prostokątnym. Powierzchnię przekroju poprzecznego przewodu prostokątnego dzieli się na co najmniej 9 pól elementarnych, kształtem zbliżonych do kwadratu. Powierzchnia pola elementarnego nie może być większa od $a_i=0,05 \text{ m}^2$. Ciśnienie dynamiczne mierzy się w środku geometrycznym każdego pola elementarnego. Przykład podziału przedstawiono na rysunku 5.3.



$$a = \frac{A}{i} \quad b = \frac{B}{j}$$

$$a \times b < 0,05 \text{ m}^2 \quad a \approx b$$

i - liczba elementarnych pól pomiarowych wzdłuż boku A (dłuższego);

j - liczba elementarnych pól pomiarowych wzdłuż boku B (krótszego).

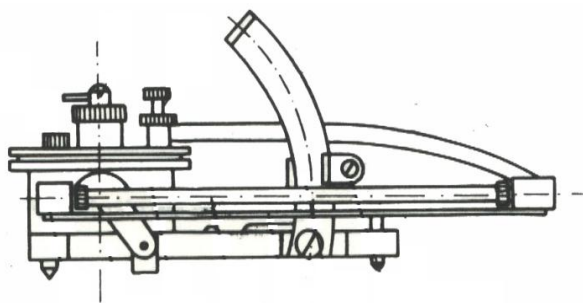
Rys. 5.3. Zasady rozmieszczenia punktów pomiaru ciśnienia dynamicznego w przewodzie o przekroju prostokątnym

Biorąc pod uwagę profil rozkładu prędkości w przewodzie wentylacyjnym, do obliczenia średniej prędkości przepływu należy określić prędkości lokalne w różnych punktach przekroju (wybranego na prostym odcinku przewodu) oddalonego od elementów zakłócających przepływ (kolano, trójnik, przepustnica itp.). Zalecana odległość od miejsca zakłócenia wynosi 5... 6 średnic (lub średnic równoważnych) w obu kierunkach.

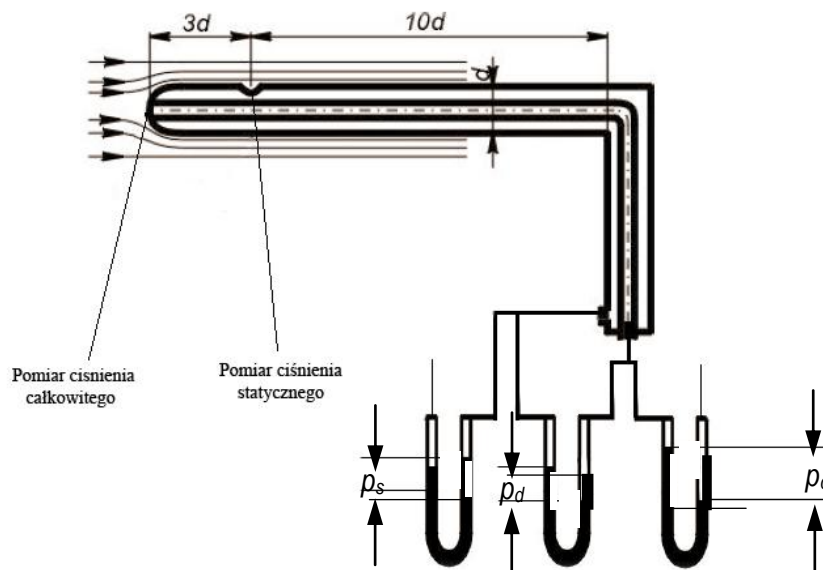
5.1.2 Wyznaczanie strumienia powietrza za pomocą rurki Prandtla

Pomiar ciśnienia dynamicznego wykonuje się za pomocą rurki Prandtla przy użyciu mikromanometru cieczowego (lub elektronicznego) w poprzecznym przekroju kanału nawiewnego i wywiewnego.

Rurka Prandtla składa się z dwóch współśrodkowych rurek, z których wewnętrzna służy do pomiaru ciśnienia całkowitego płynu, natomiast zewnętrzna do pomiaru ciśnienia statycznego. Na podstawie wykonanych pomiarów można obliczyć, zgodnie z rysunkiem 5.5. ciśnienie dynamiczne, będące różnicą ciśnienia całkowitego i statycznego. Ciśnienie dynamiczne obliczane jest na podstawie wskazań mikromanometru cieczowego, bądź wyświetlane jest na ekranie mikromanometru elektronicznego.



Rys. 5.4. Mikromanometr cieczowego Recknagla (z pochyłą rurką)



Rys. 5.5 Zasada działania rurki Prandtla

$$p_d = p_c - p_s, \quad Pa$$

W przypadku wykorzystania mikromanometru cieczowego Recknagla:

$$p_d = p_c - p_s = \rho_{cm} \cdot g \cdot h \cdot n, \quad Pa$$

gdzie:

p_d – ciśnienie dynamiczne, Pa,

p_c – ciśnienie całkowite, Pa,

p_s – ciśnienie statyczne, Pa,

ρ_{cm} - gęstość cieczy manometrycznej, kg/m^3 , dla alkoholu etylowego $\rho_{cm} = 0,809 \text{ kg/dm}^3$,

g – przyspieszenie ziemskie, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$,

h – odczytana na mikromanometrze wysokość słupa cieczy manometrycznej, m,

n – przełożenie mikromanometru.

Ponieważ ciśnienie dynamiczne jest zależne od prędkości przepływu płynu, można obliczyć prędkość przepływu.

$$p_d = \frac{\rho_p w^2}{2}, \quad Pa$$

$$p_d = \rho_{cm} g h n, \quad Pa$$

skąd:



$$\frac{\rho_p w^2}{2} = \rho_{cm} g h \quad \text{i dalej} \quad w = \sqrt{\frac{2\rho_{cm} g h n}{\rho_p}} = \sqrt{\frac{2p_d}{\rho_p}}$$

gdzie:

ρ_p – gęstość powietrza (zależna od temperatury przepływającego powietrza), kg/m^3 ,

w – prędkość powietrza, m/s .

W przypadku pomiarów lokalnych wartości ciśnienia dynamicznego rurką Prandtla i mikromanometrem, jego wartość średnią prędkości przepływu w kanale obliczamy:

$$P_{dsr} = \left(\frac{\sum \sqrt{p_d}}{i} \right)^2, \quad Pa$$

UWAGA: Powyższa zależność nie wyraża średniej wartości ciśnienia dynamicznego, lecz **wartość ciśnienia dynamicznego, odpowiadającego średniej prędkości w przekroju !!!**

Średnią prędkość przepływu płynu w przekroju pomiarowym obliczamy z równania:

$$w = \sqrt{\frac{2 \cdot p_{dsr}}{\rho_p}}, \quad \frac{m}{s}$$

gdzie:

p_{dsr} – wartość ciśnienia dynamicznego, odpowiadająca średniej prędkości przepływu, Pa,

p_d – ciśnienie dynamiczne zmierzone w punktach pomiarowych siatki, Pa,

ρ_p – gęstość powietrza,

i – liczba punktów pomiarowych siatki,

w – prędkość powietrza, m/s .

UWAGA: Przy pomiarze ciśnienia dynamicznego w przewodzie o przekroju kołowym, oblicza się średnie ciśnienie dynamiczne w każdej z dwóch osi przekroju, a następnie wyznacza się ich średnią arytmetyczną.

Z otrzymanej prędkości przepływającego powietrza oraz wymiarów kanału wentylacyjnego obliczamy strumień powietrza przepływającego tym kanałem:

$$V = 3600Aw, \quad \frac{m^3}{h}$$

gdzie:

V – strumień powietrza przepływającego przez kanał wentylacyjny, m^3/h ,

A – pole przekroju kanału wentylacyjnego, m^2 ,

w – prędkość powietrza, m/s .

Czasem, zależnie od ukształtowania profilu prędkości w przekroju pomiarowym, otrzymuje się w niektórych punktach pomiarowych odczytaną wartość zerową lub ujemną (obszary martwe - bez przepływu powietrza lub miejsca zawirowań). Przy obliczaniu ciśnienia dynamicznego bierze się pod uwagę wszystkie odczyty, lecz wartości ujemne przyjmują wartość zerową.



5.2 Pomiar strumienia na elementach zakańczających instalację (nawiewnikach, wywiewnikach, czerpniach itp.)

5.2.1 Pomiar strumienia na elementach zakańczających instalację wywiewną

Pomiar strumienia powietrza w otworach niezbrojonych, otworach osłoniętych siatką lub z kierownicami ustawionymi równoległe do kierunku wypływu powietrza wykonuje się przy użyciu anemometru skrzydełkowego, welometru, termoanemometru lub katatermometru.

Strumień powietrza napływającego do wywiewnika oblicza się z zależności:

$$V = (\beta[w])_{sr} A_{br} \cdot \frac{m^3}{s} \quad \text{lub} \quad V = 3600(\beta[w])_{sr} A_{br} \cdot \frac{m^3}{h}$$

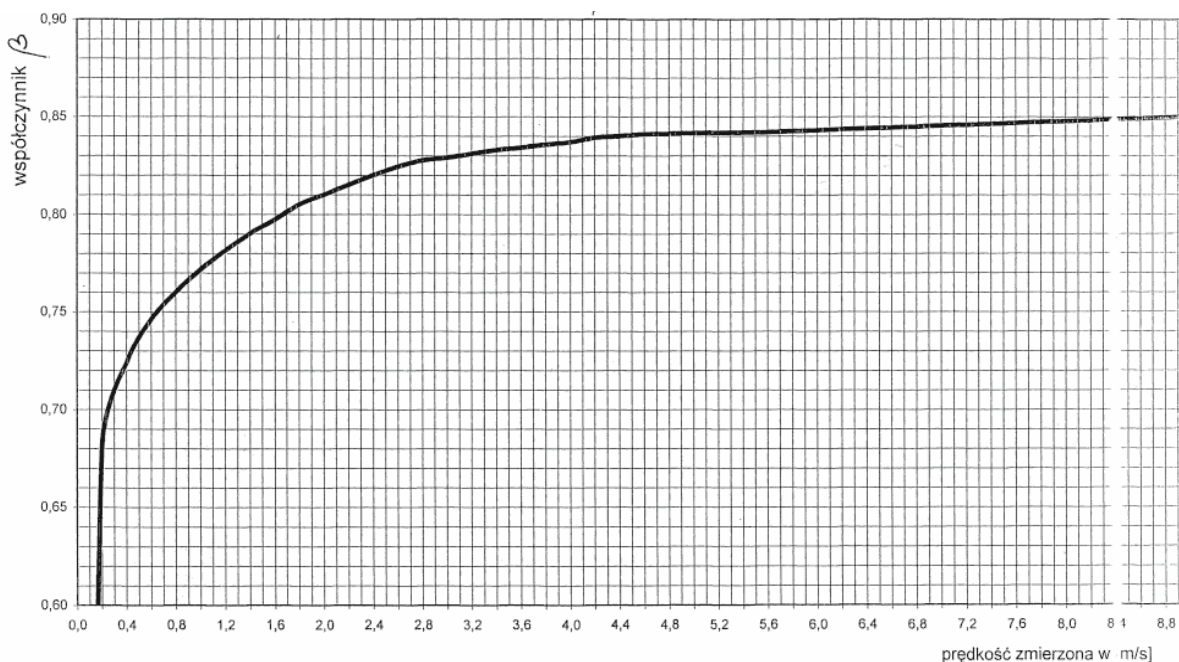
gdzie:

β - współczynnik zależny od warunków napływu powietrza na wywiewnik, do odczytania na wykresie (rys. 5.1).

w - prędkość powietrza, m/s,

A_{br} - powierzchnia otworu brutto, m^2 .

Pomiar anemometrem skrzydełkowym daje wartość średnią mierzonej prędkości. W celu uniknięcia błędów systematycznych pomiaru, wynikających z indywidualnych umiejętności wykonującego pomiar, należy przeprowadzić serię (lub kilka serii) pomiarów i obliczyć średnią arytmetyczną z uzyskanych wyników. Pomiaru na tym samym otworze należy wykonać co najmniej dwukrotnie, a różnica pomiędzy nimi nie powinna przekroczyć 3%.



Rys. 5.6. Współczynnik poprawkowy $\beta = f(w)$ dla otworów wywiewnych

5.2.2 Pomiar strumienia powietrza na nawiewnikach

Pomiary strumieni powietrza wypływającego z nawiewników o bardzo skomplikowanej budowie, kształtujące strugę zawirowaną lub wachlarzową albo jeszcze o innej strukturze, wykonuje się przyrządem zwanym **balometrem**. W przypadku braku takiego przyrządu należy wykonać odpowiednią nasadę pomiarową w kształcie ostrosłupa ściętego lub stożka ściętego, o otworze wlotowym obejmującym całą powierzchnię badanego nawiewnika i otworze wylotowym o przekroju kwadratowym lub okrągłym, w którym wykonuje się pomiar średniej prędkości np. anemometrem.

Pomiar na kratkach wentylacyjnych polega na wyznaczeniu średniej prędkości nawiewu powietrza, a następnie przemnożenie jej przez pole wypływu powietrza. Pomiar anemometrem polega na równomiernym, stopniowym przesuwaniu sondy anemometru z jednoczesnym zapamiętywaniem i uśrednianiem wyników. Taką funkcję posiadają anemometry z funkcją uśredniania w czasie. W trakcie pomiaru umieszczamy sondę w narożniku kratki, uruchamiamy funkcję uśredniania, następnie przesuwamy powoli sondę po całej powierzchni wypływu, a na koniec zatrzymujemy uśrednienie. Strumień powietrza wypływającego z nawiewnika oblicza się z zależności:

$$V = w_{sr} \frac{A_n + A_{br}}{2}, \quad \frac{m^3}{s} \quad \text{lub} \quad V = 3600 w_{sr} \frac{A_n + A_{br}}{2}, \quad \frac{m^3}{h}$$

gdzie:

w_{sr} - średnia prędkość powietrza, m/s,

A_n - powierzchnia otworu netto, m^2 ,

A_{br} - powierzchnia otworu brutto, m^2 .



Rys. 5.7. Anemometr skrzydełkowy

5.3 Pomiar parametrów mikroklimatu w pomieszczeniu

Pomiary parametrów mikroklimatu w pomieszczeniu obejmują pomiary temperatury, prędkości powietrza oraz wilgotności względnej w wybranych punktach pomiarowych. Zaleca się, aby punkty pomiarowe były wybrane w strefie przebywania ludzi, na poziomie 1,2 m ponad podłogą. Pomieszczenie należy podzielić na kilka (6...9) stref. Pomiary należy wykonywać w odległości nie mniejszej niż 0,6 m od ściany w wybranych punktach pomiarowych i zamieścić wyniki w tabeli. Należy wykonać szkic pomieszczenia z zaznaczeniem punktów pomiarowych w skali i dla otrzymanych wyników wykonać wykresy



powierzchniowe przedstawiające rozkład temperatury oraz prędkości powietrza w pomieszczeniu (wzór w załączeniu).

Pomiary parametrów mikroklimatu w pomieszczeniu wykonujemy przy użyciu wielofunkcyjnego przyrządu pomiarowego TESTO 400. Pomiar prędkości powietrza wykonujemy za pomocą sondy wielokierunkowej, która reaguje na prędkość powietrza niezależnie od kierunku, służy ona również do pomiaru temperatury powietrza. Dodatkowo temperaturę powietrza mierzyć można za pomocą termometru kulistego, współdziałającego z przyrządem TESTO 400. Pomiar wilgotności względnej mierzyć należy za pomocą 3-funkcyjnej sondy do jednoczesnego pomiaru temperatury, wilgotności i prędkości przepływu.

Wilgotność względną można określić także za pomocą dwóch jednakowych termometrów (o dowolnej konstrukcji), z których jeden jest zwilżony czystą wodą (H₂O). Termometr zwilżony pokaże niższą temperaturę (**temperatura termometru mokrego t_m**) niż termometr suchy (**temperatura termometru suchego t_s**), ponieważ do odparowania wody z powierzchni termometru potrzebna jest energia. Energia ta pobierana jest z najbliższego otoczenia tzn. z otaczającego powietrza oraz z termometru. Im większa jest różnica wskazań termometru suchego i mokrego (**różnica psychrometryczna**), tym otaczające termometr powietrze jest bardziej suche. Na intensywność parowania poza wilgotnością powietrza wpływa m. in. prędkość ruchu powietrza względem bańki termometru oraz wymiana ciepła między termometrem i otoczeniem drogą promieniowania. Jeśli prędkość przepływu powietrza jest większa od 4 m/s, wpływ prędkości praktycznie jest pomijalny.

Wilgotność względną powietrza obliczamy z zależności:

$$\varphi = \frac{p_o}{p_{on}(t_s)}$$

gdzie:

$p_{on}(t_s)$ - ciśnienie cząstkowe pary wodnej w nasyconym powietrzu w temperaturze termometru suchego, Pa

p_o - ciśnienie cząstkowe pary wodnej w badanym powietrzu, Pa

$$p_o = p_{on} - A(t_s - t_m)p_b \text{ Pa}$$

gdzie:

p_{on} - ciśnienie cząstkowe pary wodnej w nasyconym powietrzu w temperaturze termometru mokrego, Pa

p_b - ciśnienie barometryczne (ciśnienie powietrza), Pa

A - współczynnik psychrometryczny, określany zależnością empiryczną:

$$A = \left(65 - \frac{6,75}{w}\right) 10^{-5}$$

w - prędkość przepływu powietrza względem bańki termometru, m/s.

Ciśnienie cząstkowe pary wodnej w powietrzu można obliczyć z zależności:

$$p_{on} = 13,21 - 0,4444t + 0,04735t^2 \text{ hPa}$$

lub

$$\log p_{on} = 30,59051 - 8,1 \log T + 2,4804 \cdot 10^{-3} T - 3142,31 \frac{1}{T}$$

$$T = t + 273,15$$

(wynik otrzymuje się w kPa)



Do pomiaru wilgotności powietrza metodą psychrometryczną służy przyrząd zwany *psychrometrem Assmana*, w którym bańki obu termometrów znajdują się w chromowanych, błyszczących tulejkach (dla ograniczenia wpływu wymiany ciepła drogą promieniowania), przez które przepływa powietrze ze stałą prędkością $w = 2,5$ m/s. Bańka termometru mokrego owinięta jest tkaniną, którą przed pomiarem należy zwilżyć wodą destylowaną. Pomiar wilgotności powietrza tą metodą jest najdokładniejszy i służy m.in. do cechowania innych wilgotnościomierzy.

W pomiarach technicznych, zamiast korzystać z powyższych wzorów i tabel ciśnień cząstkowych, wilgotność względną można określić posługując się wykresem *h-x Molliera* (rys. 5.8. na następnej stronie).

6 Sprawozdanie

W sprawozdaniu należy zamieścić:

- opis i schemat stanowiska pomiarowego oraz opis wykonanych pomiarów,
- zestawienie wyników w tabelach,
- wykresy rozkładu temperatury i prędkości w pomieszczeniu,
- wnioski.

WZORY TABEL POMIAROWYCH – należy przygotować

po 3 egz. każdej tabeli na grupę ćwiczeniową.

1. Pomiar strumienia powietrza w otworze wlotowym i wylotowym za pomocą anemometru skrzydełkowego

1.1. Otwór wylotowy (kratka nawiewna)

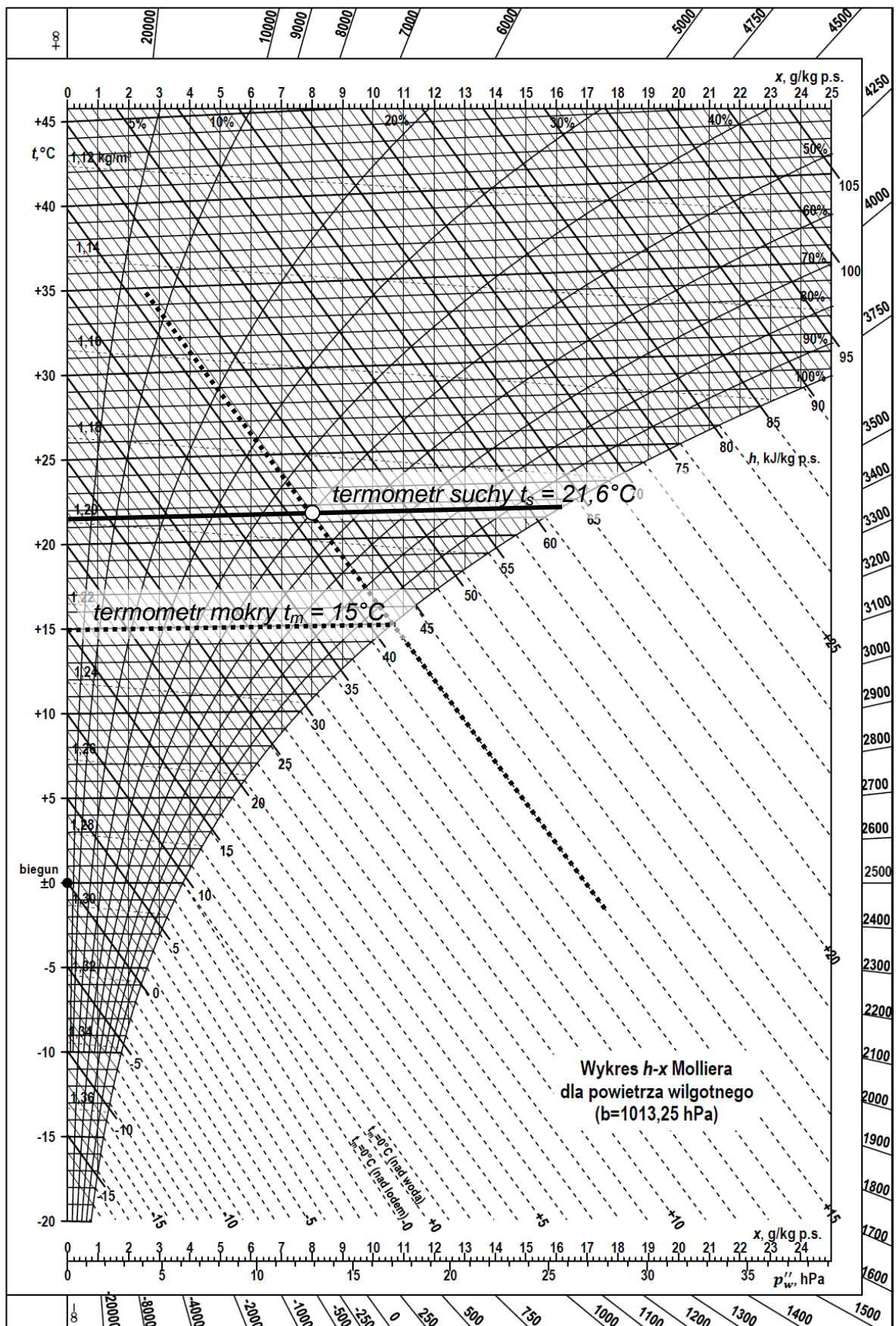
$$\dot{V} = w_{sr} \frac{A_{br} + A_{net}}{2}$$

Odczyt anemometru			w_{sr}	Powierzchnia kratki		$\frac{A_{br} + A_{net}}{2}$	Strumień powietrza	
w_1 m/s	w_2 m/s	w_3 m/s	w_{sr} m/s	A_{br} m^2	A_{net} m^2	m^2	m^3/s	m^3/h

1.2. Otwór wlotowy (kratka wywiewna)

$$\dot{V} = (w\beta)_{sr} A_{br}$$

Odczyt anemometru							Powierzchnia kratki	Strumień powietrza	
w_1 m/s	β_1	w_2 m/s	β_2	w_3 m/s	β_3	$(w\beta)_{sr}$ m/s	A_{br} m^2	m^3/s	m^3/h
$w_1\beta_1=$		$w_2\beta_2=$		$w_3\beta_3=$					



Rys. 5.8. Wyznaczanie wilgotności względnej powietrza przy użyciu wykresu *h-x* Molliera na podstawie pomiaru temperatury termometrem suchym i mokrym



INSTALACJA <i>nawiewna do wywiewna z</i>				TABELA POMIAROWA <i>nr</i>					
temperatura powietrza [°C]		gęstość powietrza [kg/m ³]		gęstość cieczy manom. [kg/dm ³]		przełożenie mikromanometru			
<i>t =</i> °C		<i>ρ_p =</i>		<i>ρ_c =</i>		<i>n =</i>			
punkt pomiarowy <i>nr</i>				wymiary kanału [m]		powierzchnia przekroju poprz. [m ²]			
				<i>d =</i>		<i>A =</i> m ²			
				<i>a × b =</i>					
<i>L.p.</i>	<i>ΔH</i>	<i>P_d = ΔHρ_gn</i>	<i>w P_d</i>		<i>L.p.</i>	<i>ΔH</i>	<i>P_d = ΔHρ_gn</i>	<i>w P_d</i>	
1					1				
2					2				
3					3				
4					4				
5					5				
6					6				
7					7				
8					8				
9					9				
10					10				
11					11				
12					12				
13					13				
14					14				
15					15				
16					16				
17					17				
18					18				
19					19				
20					20				
21					21				
22					22				
23					23				
24					24				
25					25				
suma <i>w P_d</i>					suma <i>w P_d</i>				

<i>średnie ciśnienie dynamiczne [Pa]</i>	<i>P_{dśr.} =</i>	
<i>średnia prędkość przepływu [m/s]</i>	<i>W_{śr.} =</i>	
<i>strumień powietrza wywiewanego [m³/s]</i>	<i>V_s =</i>	
<i>strumień powietrza wywiewanego [m³/h]</i>	<i>V_h =</i>	

pomiary wykonali:

podpis



2. Wyniki pomiarów parametrów mikroklimatu (wzór)

