

**GHID PENTRU PROIECTAREA
INSTALATIILOR
DE VENTILARE SI CLIMATIZARE FOLOSIND
ANEMOSTATE SAU JETURI PLANE
Indicativ GP – 057/2000**

CUPRINS

1. OBIECT. DOMENIU DE APLICARE.....	109
2. CALCULUL JETULUI DE AER ; CARACTERISTICI DE FUNCTIONARE ALE FANTELOR SI ANEMOSTATELOR	110
2.1. Generalitati	110
2.2. Caracteristici dinamice ale jeturilor de aer realizate de fante sau anemostate	111
2.2.1. Jeturi plane	111
2.2.2. Jeturi radiale	114
2.3. Caracteristici termice ale jeturilor de aer realizate de fante sau anemostate.	116
2.4. Recomandari privind racordarea gurilor de aer de tip fante si anemostate.....	118
3. SCHEME DE INTRODUCERE SI EVACUARE A AERULUI	119
3.1. Cerinte generale referitoare la circulatia aerului în încăperile ventilate prin fante si anemostate	119
3.2. Scheme recomandate pentru utilizarea fanțelor	120
3.3. Scheme recomandate pentru utilizarea anemostatelor	122
4. CALCULUL INSTALATIILOR	124
4.1. Generalitati	124
4.2. Calculul de alegere a fanțelor pentru introducerea aerului	126
4.3. Calculul de alegere a anemostatelor pentru introducerea aerului.....	128
ANEXA 1. NOTATII.....	130
ANEXA 2. EXEMPLE DE CALCUL	132
ANEXA 3. REGLEMENTARI LEGATE DE PROIECTAREA INSTALATIILOR DE VENTILARE SI CLIMATIZARE FOLOSIND FANTE SI ANEMOSTATE	142

1. OBIECT. DOMENIU DE APLICARE

1.1. Prezentul ghid se aplica la proiectarea si verificarea instalatiilor de ventilare, climatizare sau incalzire cu aer cald. la care introducerea aerului se realizeaza prin guri de aer de tip fante sau anemostate.

1.2. Ghidul se aplica la proiectarea instalatiilor de ventilare, climatizare sau incalzire cu aer cald din cladirile civile, social-culturale sau industriale si anume: cladiri de locuit, hoteluri, spitale, policlinici, sanatorii, cofetarii, baruri, restaurante, magazine, banci, sali de curs, laboratoare, birouri, spatii de cazare, sali de proiectare, expozitii, muzee, cluburi, sali de protocol, centre de calcul, industria electronica, aeronautica, de mecanica fina etc., pentru încăperi cu înalțimi mici sau mijlocii (între 2,5 si 4 m).

1.3. Prevederile din acest ghid se aplica atât la proiectarea instalatiilor de ventilare sau climatizare pentru noile cladiri, cât si la proiectarea instalatiilor din cladirile existente care se modernizeaza, se reabiliteaza, se transforma sau își schimba destinatia, precum si la efectuarea reparatiilor capitale.

1.4. Prezentul ghid se aplica atât încăperilor de tip « camere curate (albe) », pentru clase de puritate care permit utilizarea schemelor de ventilare prin amestec turbulent cât si celor cu degajari normale sau celor în care se produc degajari de gaze sau vapori toxici, de praf si umiditate.

Pentru toate aceste situatii, se vor respecta prevederile actelor normative cuprinse în Anexa 3 iar în cazul instalatiilor industriale, se vor respecta în plus prevederile din normativele departamentale specifice.

1.5. Ghidul detaliaza problemele de distributie a aerului în încaperile prevazute cu dispozitive de introducere a aerului de tipul fanelor si anemostatelor cuprinse în Normativul privind proiectarea si executarea instalatiilor de ventilare si climatizare I.5 - 1998, urmarind cresterea calitatii si eficientei de functionare a instalatiilor de ventilare/climatizare.

2.CALCULUL JETULUI DE AER; CARACTERISTICILE DE FUNCTIONARE ALE FANTELOR SI ANEMOSTATELOR ;

2.1. Generalitati

În încaperile în care introducerea aerului se face concentrat, prin guri de aer, procesul de ventilare are loc prin amestecul turbulent dintre aerul introdus si aerul interior rezident. Prin acest amestec, aerul introdus, având un anumit continut de caldura, umiditate si o puritate corespunzatoare, realizeaza conditiile cerute de confort si calitate a aerului din zona de activitate.

Ventilarea are loc cu o eficienta cu atât mai ridicata cu cât amestecul dintre aerul introdus si aerul rezident este mai omogen, cuprinde întreaga încăpere si prin urmare fluxul de caldura si de umiditate continut de aerul introdus sunt transferate întregului aer din încăpere, pentru a acoperi astfel sarcina termica si de umiditate ale încăperii si pentru a obtine parametrii interiori necesari, fixati din conditii de confort sau tehnologice. În acelasi timp, aerul introdus cu puritatea necesara, va reduce prin amestec cu aerul interior, concentratia de gaze, vapori toxici si praf din încăpere, la limita admisa, ceruta de conditiile igienico - sanitare.

Forma si caracteristicile dinamice si termice ale jeturilor create de gurile de introducere a aerului în încaperi sunt determinante pentru circulatia aerului în încaperi si deci, pentru obtinerea unei ventilari eficiente.

Fantele sunt guri de aer cu sectiune rectangulara, la care raportul dintre cele doua laturi : latimea fantei (b) si lungimea acesteia (l) este mai mic de $\frac{1}{10} \left(\frac{b}{l} < \frac{1}{10} \right)$

Anemostatele sunt difuzoare de aer de plafon, formate din mai multe elemente concentrice, de forma conica sau piramidala. Între aceste elemente se creeaza fante coaxiale prin care patrunde aerul refulat în încaperi (fig. 2). Un tip particular de anemostat este cel format de o placa plana sau profilata, paralela cu suprafata plafonului. În acest caz (fig.7), se formeaza o fanta care urmareste conturul placii.

Atât pentru fante cât si pentru anemostate, este important sa se consulte documentatia firmelor producatoare, pentru ca acelasi tip de gura de refulare poate functiona în mod diferit în functie de reglare. Uneori, prin reglare se modifica pozitia unor suprafete de deflectie interioare, astfel încât aparent gurile au aceeasi forma dar jetul care se dezvolta este complet diferit.

2.2. Caracteristicile dinamice ale jeturilor de aer realizate de fante sau anemostate

2.2 1. Jeturi plane

Miscarea aerului refulat prin fanta are proprietatile unui **jet plan**. O particularitate a acestui tip de jet este ca, în orice plan perpendicular pe suprafata fantei, caracteristicile miscarii aerului sunt identice. Jetul plan este **liber**, daca dezvoltarea lui transversala sau longitudinala nu este împiedicata de prezenta unor suprafete. Daca jetul plan se dezvolta astfel încât o suprafata paralela cu axa lui îi limiteaza dezvoltarea transversala, datorita efectului Coanda, jetul se lipeste de suprafata ; jetul astfel creat se numeste **jet de perete**, sau **lipit**. Jetul lipit se realizeaza practic în urmatoarele situatii :

- suprafata deschiderii fantei este paralela cu suprafata de lipire (perete, plafon), iar efectul Coanda este produs prin profilarea speciala a dispozitivului din fanta (de tipul unor jaluzele sau palete deflectoare), care orienteaza jetul în lungul suprafetei, într-una (fig.1a) sau în doua directii (fig.1b),

- deschiderea fantei este perpendiculară cu suprafața de lipire, iar efectul Coanda este produs de faptul că, dezvoltarea jetului în partea superioară este blocată de suprafața plafonului, din cauza montajului în apropiere de această suprafață. Se consideră că efectul de lipire de un perete (plafon), apare dacă distanța dintre muchia fantei și suprafața lângă care se dezvoltă jetul este mai mică decât 20% din distanța pe care se dezvoltă jetul $b_1 < 0.2 X$ (fig.1c); practic, se poate considera că jetul se va lipi de suprafața dacă $b_1 < 0.3$ m.

Relațiile de calcul deduse din legile jetului plan sunt următoarele:

- pentru jet lipit de o suprafață :
 - variația vitezei maxime v_x din secțiunea transversală a jetului, aflată la distanța X de secțiunea de refulare :

$$\frac{v_x}{v_0} = K \sqrt{\frac{2\mu b}{X}} \quad (2.1)$$

unde viteza efectivă de refulare v_0 se determină în funcție de debitul de aer refulat printr-o fantă q (m³/s), de dimensiunile $b \times l$ ale fantei, de coeficientul de debit μ și de constanta gurii de refulare K .

Pentru fantă, în mod obișnuit $K = 2.4 - 2.6$

$$v_0 = \frac{q}{\mu b l} \quad (2.2)$$

Atunci, viteza v_x se poate scrie în funcție de debitul de aer q :

$$v_x = \frac{Kq}{l} \sqrt{\frac{2}{\mu b X}} \quad (2.3)$$

Din relația (2.3) se poate exprima :

- lungimea fantei de refulare :

$$l = \frac{Kq}{v_x} \sqrt{\frac{2}{\mu b X}} \quad (2.4)$$

În practica ingineriască actuală, relațiile de calcul dintre marimile dinamice (viteză, debit) și cele geometrice sunt exprimate sub formă de nomograme. Aceste nomograme sunt specifice fiecărui tip constructiv de fantă care se produce într-o serie dimensională. Coeficientul de debit μ este caracteristic tipului constructiv (deci seriei) de produse, astfel încât acesta este inclus implicit în nomograme. Pentru alegerea gurilor de aer sunt recomandate viteze terminale v_T (maxime sau medii), care se realizează la o distanță L_T de secțiunea de refulare. Distanța L_T la care se realizează o viteză v_T considerată ca viteză de confort, se numește bataia jetului. Pentru corelarea dintre bataia jetului și viteza terminală la care aceasta a fost stabilită, bataia jetului este indexată prin valoarea vitezei (de obicei viteza maximă din secțiunea transversală).

Astfel, $L_{0.5}$ reprezintă distanța de secțiunea de refulare la care viteza maximă a jetului din secțiunea transversală este $v_T = 0.5$ m/s.

În aceste condiții, relațiile de calcul (2.1) și (2.3) devin :

$$v_T = \frac{Kq}{l} \sqrt{\frac{2}{\mu b L_T}} \quad (2.5)$$

respectiv :

$$l = \frac{Kq}{v_T} \sqrt{\frac{2}{\mu b L_T}} \quad (2.6)$$

Sau pentru a calcula bataia jetului :

$$L_T = \frac{K^2 \sqrt{2} q^2}{\mu b v_T^2 l^2} \quad (2.7)$$

Considerând constanta de refulare a fantei $K = 2.6$ și pentru o viteză terminală $v_T = 0.5$ m/s se obține relația pentru bataia jetului :

$$L_{0.5} = \frac{54 q^2}{\mu b l^2} \quad (2.8)$$

- pentru jet plan liber :
 - viteza maxima v_x în secțiunea transversală a jetului aflată la distanța X de secțiunea de refulare :

$$\frac{v_x}{v_0} = K \sqrt{\frac{\mu b}{X}} \quad (2.9)$$

sau în funcție de debitul de aer q (m³/s) pentru o fanta :

$$v_x = \frac{Kq}{l} \sqrt{\frac{1}{\mu b X}} \quad (2.10)$$

Se observa ca viteza (maxima din secțiunea transversală) în jetul liber este de $\sqrt{2}$ ori mai mică decât viteza în jetul lipit.
 - bataia jetului (considerând K = 2.6) :

$$L_l = \frac{6.75 q^2}{\mu b v_0^2 l^2} \quad (2.10)$$

$$L_{0.5} = \frac{2.7 q^2}{\mu b l^2} \quad (2.11)$$

Ca urmare a amortizării mai rapide a vitezei jetului liber față de cea din jetul lipit, bataia jetului liber va fi jumătate din bataia jetului lipit.

2.2.2. Jeturi radiale

Anemostatele pot avea **forma circulară sau rectangulară**. Jetul care se realizează la refularea aerului prin anemostate, depinde de formă și de poziția elementelor care compun anemostatul. De cele mai multe ori, profilarea acestora este astfel realizată încât se formează un **jet radial** care se lipește de suprafața plafonului (fig. 2a). Un astfel de jet se caracterizează prin faptul că, în orice plan

radial care conține axa anemostatului, caracteristicile mișcării aerului sunt identice. Acest tip de jet se realizează și în cazul anemostatului de formă unei plăci (fig. 2b). Dacă elementele care compun anemostatul sunt distanțate pe verticală unele față de altele (**anemostate spațiale**), jetul creat de anemostat este de tipul unui **jet liber, circular** (fig. 2c).

Elementele concentrice ale unui anemostat rectangular pot crea fante pe toate cele 4 laturi ale formei patrulate sau dreptunghiulare sau numai pe 3 sau 2 laturi, astfel încât jeturile emise se dezvoltă pe 4, 3 sau 2 direcții (**anemostate pe 4, 3 sau 2 direcții**) - fig. 9 și fig. 11. Debitul de aer introdus de anemostat poate fi împărțit în mod egal sau inegal, pe direcțiile de refulare.

Relațiile de calcul pentru jetul radial (lipit) sunt următoarele :

- pentru anemostate de tip placă, cu raza R_0 (fig. 2b):
- variația vitezei maxime în secțiune, în direcție radială v_R , la distanța R de secțiunea de refulare :

$$\frac{v_R}{v_0} = 2.2 \sqrt{\frac{R_0 b}{R(R - R_0)}} \quad (2.12)$$

- pentru anemostate formate din mai multe elemente concentrice :
- variația vitezei maxime v_R , în lungul plafonului, la distanța R de axa anemostatului :

$$\frac{v_R}{v_0} = K \sqrt{\frac{S_0}{R}} \quad (2.13)$$

sau, în funcție de debitul de aer refulat printr-un anemostat, q (m³/s):

$$v_R = K \frac{q}{R \sqrt{S_0}} \quad (2.14)$$

Pentru anemostate, constanta gurii de refulare se poate considera K = 2 - 2.5

Secțiunea efectivă de refulare S_0 este o **marime conventională**, rezultată din împartirea debitului de aer la viteza efectivă de refulare v_0 care, în acest caz, reprezintă media vitezelor măsurate în fantele create de elementele coaxiale ale anemostatului.

$$S_0 = q/v_0 \quad (2.15)$$

Astfel, la anemostate, în mai mare măsură decât la fante, utilizarea diagramelor sau a valorilor ridicate experimental pentru un tip constructiv de anemostat este obligatorie.

Definind bataia jetului L_T ca distanță de la axa anemostatului la care viteza maximă din secțiune atinge o valoare terminală v_T , bataia se poate calcula cu formula :

$$L_T = \frac{K}{v_T} \frac{q}{\sqrt{S_0}} \quad (2.16)$$

Pentru o viteză terminală $v_T = 0.5$ m/s și pentru o constantă caracteristică a anemostatului $K = 2.5$, rezultă bataia jetului :

$$L_{0.5} = \frac{5q}{\sqrt{S_0}} \quad (2.17)$$

2.3. Caracteristicile termice ale jetului de aer realizat de fante sau anemostate

2.3.1. În funcție de diferența de temperatură dintre aerul refulat și aerul din încăpere, ($\Delta t_0 = t_0 - t_i$) jeturile introduse prin fante sau anemostate pot fi :

- izoterme ($\Delta t_0 = 0$)
- neizoterme ($\Delta t_0 \neq 0$) : calde ($\Delta t_0 > 0$) sau reci ($\Delta t_0 < 0$).

În cazul jeturilor neizoterme, diferența de densitate dintre aerul din jet și aerul încăperii produce modificarea câmpului de viteză și a traiectoriei jeturilor de aer.

2.3.2. Pentru a urmări evoluția jeturilor se definește criteriul Arhimede, marime adimensională care caracterizează raportul dintre forțele masice și cele de inerție :

$$Ar = \frac{g l \Delta \rho}{v_0^2 T_i} \quad (2.18)$$

Pentru calcul, lungimea caracteristică l se va considera după cum urmează :

$l = \mu b$ pentru fante

$l = \sqrt{S_0}$ pentru anemostate

Pentru jeturile lipite de plafon, care caracterizează funcționarea normală a fantelor și anemostatelor, neizotermicitatea jeturilor poate juca un rol important în următoarele cazuri :

- jeturile reci se desprind de plafon la distanțe mici de gura de refulare și cad spre pardoseală, situație în care în zona de lucru apare senzație de inconfort datorită aerului rece care ajunge cu viteze mari ;

- jeturile calde rămân lipite de plafon, producând o stratificare termică importantă astfel încât în zona de lucru nu se realizează temperatura necesară.

Pentru a evita aceste situații de inconfort și de lipsă de eficiență a instalației trebuie să se aleagă soluții corespunzătoare, detaliate la pct. 3.1.1.

2.3.3. Calculul temperaturii aerului în jetul de aer se face cu relațiile :

• pentru jetul plan lipit de o suprafață:

- variația diferenței de temperatură maximă Δt_x din secțiunea transversală a jetului, aflată la distanța X de secțiunea de refulare :

$$\frac{\Delta t_x}{\Delta t_0} = K \sqrt{\frac{2 \mu b}{X}} \quad (2.19)$$

- pentru anemostate formate din mai multe elemente concentrice :

- variatia diferentei de temperatura maxima Δt_R , în lungul plafonului, la distanta R de axa anemostatului :

$$\frac{\Delta t_R}{\Delta t_0} = 0,66 K \frac{\Delta S_0}{R} \quad (2.20)$$

2.4. Recomandari privind racordarea gurilor de aer de tip fante si anemostate

Pentru functionarea corecta a fantelor si anemostatelor, la racordarea acestora trebuie sa se realizeze :

- uniformitatea distributiei aerului în sectiunea de refulare,
- limitarea zgomotului,
- posibilitatea reglarii debitului de aer.

Pentru asigurarea acestor conditii este necesar ca racordarea la canalele de distributie a aerului sa se realizeze prin elemente de tipul unor camere (cutii) de racord si distributie, denumite de producatori « plenum ». De asemenea, trebuie prevazute elemente de reglare a debitului de aer refulat. Este foarte important ca aceste elemente sa corespunda tipului de fanta sau anemostat. Uneori, plenum-ul este prevazut cu dispozitive de dirijare a curgerii aerului în interiorul acestuia, pentru obtinerea uniformitatii distributiei sau pentru orientarea refularii pe anumite directii. Exista riscul de a confunda functionalitatea elementelor interioare si de a nu prevedea dispozitivele de reglare a debitului de aer, de obicei separate de plenum. De aceea, trebuie parcursa cu atentie documentatia specifica furnizata de producator.

O atentie deosebita trebuie acordata problemelor de zgomot, care pot apare în urma reglarii debitului de aer : cataloagele de produse indica nivelul de zgomot pentru diferite grade de închidere a clapetelor de reglare. În acest scop este necesar sa se verifice nivelul de zgomot nu numai în conditii nominale de alegere, cu clapetele de reglare deschise ci si în conditiile de functionare ale ansamblului instalatiei de refulare.

3. SCHEME DE INTRODUCERE SI EVACUARE A AERULUI

3.1. Cerinte generale referitoare la circulatia aerului în încaperile ventilate prin fante si anemostate

3.1.1. Schema de introducere si evacuare a aerului din încapere trebuie astfel conceputa încât sa asigure:

- distributia uniforma a aerului în zona de activitate;
- evitarea unor "scurt-circuite" între gurile de introducere si cele de evacuare;
- circulatia aerului astfel încât sa nu existe zone stagnante în încapere;

- realizarea unui câmp de viteze si temperaturi în zona de activitate, care sa corespunda destinatiei încaperilor si sa creeze conditii de confort.

3.1.2. Se va da preferinta solutiei de ventilare sau climatizare cu fante, pentru încaperile joase (cladiri de locuit, camere de hotel, camere de spital, policlinici, sanatorii etc.) ce nu permit prevederea unor plafoane false pentru canalul si dispozitivele de racordare la anemostate.

3.1.3. Solutia de ventilare-climatizare cu anemostate se va aplica în încaperile în care este posibila prevederea de plafoane false (restaurante, sali de protocol, cofetarii, baruri, magazine, birouri, banci, expozitii, centre de calcul, camere de comanda etc.).

De asemenea, aceasta solutie se poate aplica în încaperile de productie în care nu se cere mascarea canalelor de aer. Jetul dezvoltat în acest caz va fi de tipul plan liber (anemostate banda) sau circular, liber.

3.1.4. În încaperile cu sarcini termice mari, se procedeaza dupa cum urmeaza :

- În încaperile cu sarcini de încălzire mari :

- se adopta fante sau anemostate cu posibilitate de reglare a jetului astfel încât la refularea aerului cald, acesta sa fie introdus ca jet liber si nu ca jet lipit (fig. 2a, 2c).

- se compenseaza partial sau total sarcina de incalzire printr-un sistem cu corpuri statice, astfel incat sa se reduca diferenta de temperatura $\Delta t_0 = t_0 - t_i$. Valoarea Δt_0 se poate considera satisfacatoare daca se indeplineste conditia :

$$Ar \leq 5 \times 10^{-3} \quad (3.1)$$

• In cazul sarcinilor de racire mari, gurile de introducere de tipul fantelor sau anemostatelor se aleg astfel incat sa se obtina o valoare a criteriului Arhimede (in modul) :

$$|Ar| \leq 10^{-2} \quad (3.2)$$

In acest scop se modifica dimensiunile geometrice si viteza efectiva de refulare, astfel incat sa se verifice conditia (3.2)

3.2. Scheme recomandate pentru utilizarea fantelor

3.2.1. Ventilarea sau climatizarea unei incaperi cu jeturi plane se poate realiza dupa una din urmatoarele scheme (fig. 8):

- schema A - cu un jet plan;
- schema B - cu mai multe jeturi plane paralele dirijate in acelasi sens;
- schema C - cu doua jeturi plane opuse;
- schema D - cu mai multe jeturi plane opuse.

3.2.2. Schema de amplasare a jeturilor de aer se alege in functie de lungimea si latimea spatiului ce poate fi deservit de un jet.

3.2.3. Latimea maxima a spatiului din incapere ce poate fi deservit de un jet este data de relatia:

$$B \leq 1.5H \quad (3.3)$$

Aceasta latime se stabileste astfel incat stalpii de sustinere din incapere sau grinzile, sa nu se afle in interiorul spatiului deservit de jet, ci la marginea acestui spatiu.

3.2.4. Lungimea maxima a spatiului din incaperea ventilata, climatizata sau incalzita de un jet se determina cu relatia:

$$L = 1.5\sqrt{BH} \quad (3.4)$$

3.2.5. Daca lungimea incaperii depaseste lungimea spatiului (L) determinat cu relatia (3.4) se utilizeaza schema cu jeturi opuse (fig.5 si 8, schemele C sau D).

3.2.6. In cazul incaperilor ventilate, climatizate sau incalzite cu mai multe jeturi, spatiile din incapere deservite de un jet vor fi geometric identice. Caracteristicile termice, aerulice si geometrice ale jeturilor vor fi identice, jeturile opuse fiind coaxiale.

3.2.7. Circulatia optima a aerului se realizeaza prin guri de evacuare amplasate pe acelasi perete cu gura de introducere a aerului, de preferinta in zona de activitate sau la cel mult 2.5 m de pardoseala.

Daca nu este posibila aceasta amplasare, se va urmari urmatoarea ordine preferentiala:

- pe acelasi perete cu gura de introducere, dar peste cota de 2.5 m;
- pe peretii laterali ai incaperii, dar sub cota de 2.5 m;
- pe peretii laterali ai incaperii, dar peste cota de 2.5 m;
- pe peretele opus gurii de introducere.

Daca nu este posibila amplasarea gurilor de evacuare a aerului pe peretii laterali ai incaperii, acestea se pot amplasa pe plafon langa gurile de introducere, astfel ca sa se asigure o "spalare" completa a incaperii de catre jetul de aer introdus (fig.4).

In incaperile cu surse de caldura, umiditate, praf, noxe, gurile de evacuare se vor amplasa in imediata apropiere a acestor surse.

3.2.8. Gurile de evacuare a aerului din incapere se vor amplasa astfel incat sa nu se produca absorbita aerului exterior sau din incaperile invecinate (cu exceptia incaperilor ventilate in subpresiune).

De asemenea gurile de evacuare a aerului din incapere se vor amplasa astfel incat sa nu se produca absorbtia aerului cald emis de corpurile de incalzire.

In acest sens se recomanda ca gurile de evacuare a aerului sa fie amplasate la cel putin 2 m de corpurile de incalzire si la cel putin 1 m de usi si ferestre.

3.2.9. Pentru incaperile ventilate sau climatizate cu un jet sau cu mai multe jeturi plane paralele dirijate in acelasi sens, solutia

optima este introducerea aerului prin fante liniare montate la plafon, lângă pereții exterior. (fig. 3 și 8, schemele A și B).

3.2.10. Se va asigura o distribuție uniformă a aerului de-a lungul întregii lungimi (l) a gurii de introducere a jetului plan, fie prin montarea fantei pe un « plenum » recomandat de producătorul fantei, fie eventual prin prevederea unor palete pentru preluarea curgerii, a unor elemente de uniformizare și direcționare a curgerii, precum și a unor elemente de reglare a debitului de aer. De asemenea, pentru a asigura o distribuție uniformă a aerului în lungul fantei se pot prevedea și canale de aer în forma de pană.

3.2.11. La climatizarea unei încăperi cu grinzi la plafon perpendiculare pe direcția de curgere a jetului (fig. 5), pentru a evita devierea prematură a jetului către zona de activitate și crearea de curenți de aer rece, înălțimea maximă de amplasare a jetului față de pardoseală este dată de relația :

$$h \leq H - 0.22 l_g \quad (3.5)$$

3.2.12. Dacă în încăpere există paravane, compartimentări (fig. 4) perpendiculare pe zona de curgere a jetului, înălțimea acestora nu trebuie să depășească valoarea :

$$h_p \leq h - 0.75 l_p \quad (3.6)$$

3.3. Scheme recomandate pentru utilizarea anemostatelor

3.3.1. Ventilarea sau climatizarea unei încăperi se poate realiza cu unul sau mai multe anemostate (fig.6 și 7), în funcție de dimensiunile încăperii.

3.3.2. Numărul de anemostate pentru ventilarea sau climatizarea unei încăperi se va stabili astfel încât:

- raza de acțiune (bătăia) a unui anemostat să nu depășească 3 - 4 m ($L \leq 3...4$ m);
- raza de acțiune a unui anemostat să nu cuprindă grinzi, stâlpi etc.

3.3.3. În încăperile ventilate sau climatizate prin mai multe anemostate, spațiile din încăpere deservite de un anemostat vor fi geometrice identice.

3.3.4. Anemostatele se vor utiliza pentru introducerea aerului în încăpere, iar evacuarea aerului din încăpere se va realiza prin guri de evacuare amplasate în zona de activitate, de preferință pe pereții laterali (fig.6 și 7).

La amplasarea gurilor de evacuare a aerului se va ține seama de prevederile art.3.2.8.

În încăperile cu surse de căldură, umiditate, praf, noxe, gurile de evacuare se vor amplasa în imediată apropiere a acestor surse.

3.3.5. Dacă nu este posibilă amplasarea gurilor de evacuare a aerului pe pereții laterali ai încăperii, acestea se pot amplasa pe plafon (fig.12 și 13). În acest caz se recomandă utilizarea anemostatelor pe două sau trei direcții pentru a evita producerea de scurt-circuite între aerul introdus și cel aspirat din încăpere.

3.3.6. Tipul de anemostat cu care urmează să fie dotată instalația se va stabili cu consultarea beneficiarului și a conducătorului de proiect (fig.10).

3.3.7. La ventilarea sau climatizarea unei încăperi prin anemostate este indicat ca plafonul încăperii să fie neted. În cazul existenței unor grinzi se recomandă ca acestea să reprezinte limitele jetului radial.

Dacă totuși în raza de acțiune a unui anemostat se află grinzi perpendiculare pe direcția de curgere a jetului de aer, înălțimea de amplasare a anemostatului față de pardoseală va fi cea dată de relația (3.5).

3.3.8. La ventilarea sau climatizarea unei încăperi cu jeturi radiale, în cazul existenței unor paravane perpendiculare pe direcția de propagare a jetului, înălțimea acestora nu va depăși valoarea dată de relația (3.6).

4. CALCULUL INSTALATIILOR

4.1. Generalitati

4.1.1. Debitul de aer ce urmeaza a fi introdus în încăpere sau în portiunea de încăpere deservita de un jet (q) va satisface:

- necesitățile de ventilare (numarul minim necesar de schimburi de aer);
- necesarul de caldura în perioada rece a anului (în condițiile respectării prevederilor de la pct. 3.1.4) sau necesarul de frig pentru perioada calda a anului.

4.1.2. Numarul minim de schimburi de aer se stabilește în funcție de destinația încăperii (Normativul privind proiectarea și executarea instalațiilor de ventilare și climatizare - I.5 - 98 și Normativul privind igiena compoziției aerului în spații cu diverse destinații, în funcție de activitățile desfășurate în regim de iarnă - vară - NP 008 - 97) sau de degajările de noxe, umiditate, praf sau noxe, conform Normativului NP 008 - 97.

4.1.3. Necesarul de caldura sau frig se stabilesc în funcție de cederile și aporturile de caldura, în conformitate cu prevederile standardelor de stat SR1907/1; SR1907/2; STAS6648/1; STAS 6648/2.

4.1.4. Debitul de aer necesar a fi introdus într-o încăpere se determina cu relațiile:

- în cazul absenței sau a valorilor mici de degajări de umiditate :

$$q = \frac{Q}{c_p \rho (t_0 - t_{cv})} \quad (4.1)$$

- în cazul degajărilor simultane de caldura și umiditate :

$$q = \frac{Q}{c_p \rho (h_0 - h_{cv})} \quad (4.2)$$

Observație : se poate aplica și relația 4.1 în care Q reprezintă caldura perceptibilă (sensibilă).

Debitul de aer se determina pentru perioada calda a anului, calculându-se apoi temperatura de introducere (t_0) pentru perioada rece a anului.

În perioada rece a anului, se recomanda ca temperatura aerului introdus în încăpere (t_0) să nu depășească 25...30 °C (cu respectarea prevederilor de la pct. 3.1.4).

În perioada calda a anului, temperatura aerului introdus în încăpere (t_0) va fi limitată de nivelul de temperatura realizat de instalația de racire, în condițiile respectării prevederilor de la pct. 3.1.4 și cu verificarea condițiilor de confort din zona de lucru.

Temperatura de evacuare a aerului din încăpere (t_{ev}) se considera temperatura din zona de activitate a încăperii (t_i), valoarea ei fiind indicată în standardul de stat SR 1907/2, pentru perioada rece a anului și temperatura rezultată din condițiile de confort termic pentru perioada calda a anului (SR-ISO-7730/1997)

Debitul de aer calculat va corespunde necesităților de ventilare (numarul minim de schimburi de aer pe ora în funcție de destinația încăperii și debitul de aer proaspat).

Se verifica dacă debitul de aer asigura diluarea corespunzătoare a degajărilor de caldura, umiditate și noxe din încăpere.

4.1.5. Marimea gurilor de evacuare a aerului din încăpere se va stabili plecând de la viteza de evacuare a aerului din încăpere (v_{ev}), determinată de condițiile de confort termic și acustic.

De asemenea se va lua în considerare modul de ventilare - climatizare al încăperii (în depresiune sau în suprapresiune), în conformitate cu valorile date în "Normativul privind proiectarea și executarea instalațiilor de ventilare și climatizare" - I.5.-98.

4.1.6. Înălțimea zonei de activitate se va considera 1,8 m dacă persoanele care efectuează o anumită activitate stau în picioare și 1,2 m dacă persoanele din încăpere efectuează această activitate în poziție sezând.

4.2. Calculul de alegere a fantelor pentru introducerea aerului

4.2.1. Calculul gurilor de introducere a aerului prin jeturi plane orizontale, consta în determinarea:

- lungimii fantei (l);
- latimii fantei (b);
- vitezei de introducere (v_o);
- temperaturii de introducere (t_o).

4.2.2. În cazul încăperilor ventilate sau climatizate cu mai multe jeturi paralele în echicurent, calculul se efectuează ca și cum fiecare jet ar acționa într-un spațiu independent.

Pentru încăperi ventilate sau climatizate cu două jeturi opuse, calculul se efectuează ținând cont de confluența celor două jeturi. În cazul încăperilor în care se prevăd mai multe jeturi opuse, calculul se efectuează ca și cum fiecare pereche de jeturi ar acționa într-un spațiu independent.

4.2.3. Se alege o gura de introducere de o anumită lățime (b). Se stabilesc:

- coeficientul gurii de aer K ;
- viteza maximă cu care poate pătrunde aerul în zona de activitate a încăperii (conform Normativului I.5 - 98).

Înălțimea gurii de introducere (b) se alege ținând seama și de cerințele de ordin estetic.

4.2.4. Pentru încăperile ventilate sau climatizate cu un jet plan sau cu mai multe jeturi plane în echicurent (fig. 8, schemele A și B), se calculează lungimea gurii de introducere (l) cu relația:

- pentru jeturile lipite de plafon (pentru un debit de aer q introdus de o fantă):

$$l = \frac{qK}{v_T} \sqrt{\frac{2}{\mu b(L + 1,1v)}} \quad (4.3)$$

- pentru jeturile libere :

$$l = \frac{qK}{v_T} \sqrt{\frac{1}{\mu b(L + 1,1v)}} \quad (4.4)$$

4.2.5. Pentru încăperile ventilate sau climatizate cu două jeturi plane opuse, sau cu mai multe perechi de jeturi plane opuse (fig.8, schemele C și D), lungimea gurii de introducere (l) se calculează cu relația:

- pentru jeturi lipite de plafon (unde q reprezintă debitul de aer pentru o pereche de jeturi opuse):

$$l = \frac{qK}{v_T} \sqrt{\frac{1}{2\mu b(L + 1,1v)}} \quad (4.5)$$

- pentru jeturi libere (unde q reprezintă debitul de aer pentru o pereche de jeturi opuse):

$$l = \frac{qK}{2v_T} \sqrt{\frac{1}{\mu b(L + 1,1v)}} \quad (4.6)$$

4.2.6. Ținând seama de valoarea (l) determinată cu relațiile (4.3) - (4.4) sau (4.5) - (4.6) se stabilește lungimea fantei, alegându-se din catalog valoarea cea mai apropiată. Dacă se constată o discordanță între valorile (b) și (l) (un raport foarte mare sau foarte mic) se alege o altă valoare pentru lățimea fantei și se reface calculul.

4.2.7. Se stabilește viteza efectivă de ieșire a aerului din gura de introducere cu relația:

$$v_o = \frac{q}{\mu bl} \quad (4.7)$$

Această viteză trebuie să satisfacă cerințele de confort acustic.

4.2.8. Temperatura maximă (minimă) a aerului la limita superioară a zonei de activitate se determină, atât pentru perioada rece cât și pentru perioada caldă a anului, cu relația:

- pentru jeturi lipite de plafon:

$$t_T = t_i + (t_o - t_i)K \sqrt{\frac{2\mu b}{L + 1,1v}} \quad (4.8)$$

- pentru jeturi libere:

$$t_T = t_i + (t_o - t_i)K \sqrt{\frac{\mu b}{L + 1,1v}} \quad (4.9)$$

Valoarea (t_f) trebuie sa corespunda valorii (v_f) din diagramele si ecuatiile de confort termic (SR-ISO-7730 -1997).

4.2.9. Calculul instalatiei se efectueaza în urmatoarea succesiune:

- se stabileste latimea spatiului din încapere ce va fi deservit de un jet, în conformitate cu prevederile art.3.2.3.;
- se stabileste schema de introducere a aerului în încapere (fig.8) tinând seama de lungimea maxima a spatiului din încapere ce poate fi ventilata sau climatizata de un jet, conform relatiei (3.3);
- se stabileste pozitia si înaltimea de amplasare (h) a gurilor de introducere a aerului în încapere;
- se verifica daca jetul format este de tipul liber sau lipit ;
- se stabileste debitul de aer al unei guri de ventilare cu relatia (4.1), tinând seama de numarul minim de schimburi de aer si de debitul de aer proaspat necesar;
- se alege o gura de introducere de o anumita înaltime (b);
- se stabileste viteza maxima cu care patrunde aerul în zona de activitate (v_f);
- se calculeaza lungimea gurii de introducere cu relatiile (4.3) - (4.4) sau (4.5) - (4.6) ;
- se alege o marime de gura de introducere si se calculeaza viteza de introducere (v_c) cu relatia (4.7), care trebuie sa corespunda cerintelor de confort acustic;
- se calculeaza temperatura de intrare a aerului în zona de activitate (t_f) si se verifica daca se încadreaza în ecuatiile si diagramele de confort termic, (SR-ISO-7730-97).

4.3. Calculul de alegere a anemostatelor pentru introducerea aerului

4.3.1. Calculul instalatiei de ventilare sau climatizare prin jeturi radiale emise de anemostate, consta în:

- stabilirea dimensiunilor anemostatului;
- stabilirea vitezei de introducere a aerului în încapere (v_n);
- stabilirea temperaturii de introducere a aerului în încapere (t_n).

4.3.2. Calculul se va efectua pe baza indicatiilor din prospectul firmei furnizoare a anemostatelor.

Daca în prospectul firmei nu se dau indicatii de alegere se va recurge la indicatii date în « Catalogul de detalii, elemente si subansambluri prefabricate de instalatii pentru constructii - Ventilare V - vol.2 - 1991 - IPCT », asimilându-se cu unul din anemostatele prezentate în catalog.

4.3.3. Se stabileste:

- debitul de aer al unui anemostat (q);
- distanta pe orizontala de la axa anemostatului pâna la perete sau pâna la confluenta dintre doua jeturi emise de doua anemostate vecine (L_f);
- distanta pe verticala între axa jetului emis de anemostat si limita superioara a zonei de activitate (y);
- viteza admisa (terminala) la patrunderea jetului de aer în zona de activitate (v_f);
- nivelul de zgomot.

4.3.4. Pe baza datelor de la art.4.3.3. se alege tipul de anemostat din nomograma data în prospectul firmei furnizoare sau se folosesc relatiile de calcul (2.14) - (2.17) si (2.20)

4.3.5. Daca se recurge la catalogul IPCT - 1991:

- se stabileste tipul si marimea anemostatului tinând seama de debitul de aer;
- se stabileste viteza de refulare a aerului din anemostat (v_o) si viteza maxima în jet la distanta (L_o) de anemostat;
- se stabileste viteza maxima (terminala) în zona de activitate (v_f).

4.3.6. Calculul instalatiei se efectueaza în urmatoarea succesiune:

- se stabileste numarul si amplasarea anemostatelor, în conformitate cu art. 3.3.2.; 3.3.3; 3.3.4. si 3.3.5. si tinând seama de art. 4.2.1.; 4.2.2. si 4.2.3.;
- se stabileste debitul de aer al unui anemostat cu relatia (4.1), tinând seama de numarul minim de schimburi de aer si de debitul de aer proaspat necesar;
- se alege o marime de anemostat si se determina parametrii tinând seama de prevederile art.4.3.3 si 4.3.4 sau a art.4.3.5.

NOTATII UTILIZATE

- b - latimea fantei sau distanta dintre plafon si placa anemostatului, în m (fig.1 si 2);
- c_p - caldura specifica a aerului la presiunea atmosferica si la temperatura aerului din zona de activitate a încăperii, în $\text{kJ/kg } ^\circ\text{C}$ (kcal/ kg K);
- h - distanta de la pardoseala la axa gurii de introducere a jetului plan sau radial, în m;
- h_p - înaltimea paravanului sau a peretelui despartitor, perpendicular pe directia de curgere a jetului, în m;
- l - lungimea fantei prin care se refuleaza aer, în m;
- l_g - distanta de la gura de introducere pâna la prima grinda transversala pe directia de curgere a jetului de aer, în m (fig.5);
- l_p - distanta de la fanta sau de la axa anemostatului, la paravanul transversal pe directia de curgere a jetului de aer, în m;
- L_T - bataia jetului, în m ;
- R - distanta în directie radiala, de la axa anemostatului pâna în sectiunea curenta a jetului, în care viteza maxima este v_R , în m ;
- R_0 - raza anemostatului, în m (fig. 2b);
- S_{ev} - sectiunea gurii de evacuare, în m^2
- S_0 - sectiunea efectiva de refulare a anemostatului, în m^2 ;
- t_T - temperatura aerului la distanta L_T de gura de introducere a aerului în încăpere, în $^\circ\text{C}$;
- t_{ev} - temperatura de evacuare a aerului din încăpere, în $^\circ\text{C}$;
- t_i - temperatura nominala a aerului din zona de activitate a încăperii, în $^\circ\text{C}$;
- T_i - temperatura nominala a aerului din zona de activitate a încăperii, în K;

- t_0 - temperatura de introducere a aerului în încăpere, în $^\circ\text{C}$;
- t_T - temperatura aerului la limita superioara a zonei de activitate (la limita distantei L_T , în $^\circ\text{C}$;
- v_0 - viteza medie din planul gurii de introducere a aerului, în m/s ;
- v_T - viteza terminala, în m/s ;
- v_X - viteza maxima din sectiunea transversala a jetului plan, aflata la distanta X de sectiunea de refulare , în m/s ;
- v_R - viteza maxima din sectiunea transversala a jetului radial, aflata la distanta R de sectiunea de refulare , în m/s ;
- v_{ev} - viteza de evacuare a aerului din încăpere, în m/s ;
- y - distanta pe verticala de la axa gurii de introducere la limita superioara a zonei de activitate, în m;
- B - latimea spatiului din încăpere ce poate fi ventilat, climatizat sau încălzit de un jet, în m;
- H - înaltimea libera a încăperii (pâna la baza grinzilor), în m;
- L - lungimea spatiului ventilat sau climatizat de un jet, în m;
- L_i - lungimea încăperii, în m;
- L_T - bataia jetului ; distanta la care viteza aerului atinge valorile recomandate de confort, în m ;
- K - coeficientul gurii de introducere a aerului în încăpere ;
- Q - fluxul termic (sarcina de încălzire sau racire) care trebuie introdus sau evacuat din spatiul ventilat sau climatizat de un jet, în W (kcal/h);
- q - debitul de aer, în m^3/s ;
- ε - coeficient de sectiune libera ($\varepsilon = 0.4 - 1$)
- ρ - densitatea aerului la presiunea atmosferica si la temperatura aerului din zona de activitate a încăperii (t_i), în kg/m^3 ;
- μ - coeficient de contractie a jetului de aer ($\mu = 0.82...0.9$).

Unitatile de masura utilizate sunt conform S.I., în paranteza se indica unitatile de masura tolerate care permit folosirea tabelor existente.

EXEMPLE DE CALCUL

EXEMPLUL 1

Se cere sa se proiecteze sistemul de distributie a aerului prin jeturi plane, pentru o instalatie de climatizare a unor camere de hotel având o înaltime de 2,5 m, o latime de 3 m si lungime de 3,5 m.

Fluxul termic ce urmeaza a fi asigurat de instalatia de climatizare în perioada rece a anului este de 0,8 kW (700 kcal/h).

Fluxul termic necesar racirii aerului în perioada calda a anului, calculat conform STAS 6648/1 si STAS 6648/2 este de 0.72 kW (620 kcal/h) din care, caldura perceptibila $Q = 0.6$ kW.

Camera va fi ventilata în suprapresiune. Numarul maxim de persoane care se poate afla în încăpere este de 3, care pot fi fumatoare.

Temperatura interioara de calcul este $t_i = 24^\circ\text{C}$ (vara) si $t_i = 20^\circ\text{C}$ (iarna)

Rezolvare

Conform Normativului I.5/98, anexa 2D, debitul de aer exterior pentru un fumat moderat este de 35 m³/om.h, deci este necesar un debit de aer de 105 m³/h.

Pentru a asigura o ventilare în suprapresiune, conform anexei 2B din Normativul I.5/98, debitul de aer extras prin gurile de evacuare din încăpere trebuie sa fie cu 1 schimb mai mic decât cel introdus.

Debitul de aer evacuat din camera de baie aferenta, conform SR 6724 - 2 / 94 este de 40 m³/h.

In concluzie, instalatia de climatizare trebuie sa introduca un debit de aer de 105 m³/h si sa evacueze un debit de 65 m³/h din camera de hotel si 40 m³/h din camera de baie alaturata.

Pentru introducerea aerului se considera o gura tip fanta, implasata deasupra ferestrei, iar pentru evacuarea aerului din camera, o gura de evacuare amplasata pe peretele opus ferestrei la 0,4 m de pardoseala.

Se alege înaltimea fantei $b = 50$ mm. Se considera $K = 2.6$ si $\mu = 0.9$

Viteza terminala de patrundere a aerului în zona de activitate se alege de 0,3 m/s (viteza medie admisa de 0.15m/s, conform anexei 3A, normativul I.5/98).

Conform relatiei (3.3) camera poate fi climatizata cu un jet plan :

$$B = 3 \text{ m} < (1,5 \times 2,5) = 3,75 \text{ m.}$$

Se constata ca acest jet asigura ventilarea întregii încăperi:

$$L = 3,5 \text{ m} < 1,5\sqrt{(3 \times 2,5)} = 4,11 \text{ m.}$$

Deci se va aplica schema de ventilatie reprezentata în fig. 8A.

Debitul de aer introdus, egal cu debitul minim de aer proaspat este :

$$q = 105 \text{ m}^3/\text{h} = 0.029 \text{ m}^3/\text{s}$$

Conform relatiei (4.1), temperatura de introducere va fi:

- pentru perioada calda a anului:

$$t_o = t_{ev} - \frac{Q}{c_p \rho q} = 24 - \frac{0.6}{1 \times 1.21 \times 0.029} = 7^\circ\text{C}$$

Temperatura de introducere $t_o = 7^\circ\text{C}$ este greu de realizat si în plus risca sa produca senzatii de curent în zona de lucru.

Agregatul de climatizare prevazut realizeaza racirea aerului la 17°C . In acest caz se recalculeaza debitul de aer ca urmeaza a fi introdus :

$$q = \frac{Q}{c_p \rho (t_i - t_o)} = \frac{0.6}{1 \times 1.21 \times (24 - 17)} = 0.07 \text{ m}^3/\text{s} = 250 \text{ m}^3/\text{h}$$

- pentru perioada rece a anului:

$$t_o = t_{ev} + \frac{Q}{c_p \rho q} = 20 + \frac{0.8}{1 \times 1.21 \times 0.07} = 29.5^\circ\text{C}$$

Gura de introducere va fi lipita de plafon.

Cu relatia (4.3) se calculeaza lungimea guri de introducere:

$$l = \frac{0.07 \times 2.6}{0.3} \sqrt{\frac{2}{0.05 \times 0.9 \times (3.5 + 1.1 \times 0.7)}} = 1.97m$$

Din catalog se alege o fanta de 2.0 m lungime. Viteza de introducere a aerului în încăpere va fi, conform relatiei (4.7):

$$v_o = \frac{0.07}{0.05 \times 2 \times 0.9} = 0.78m/s$$

Se verifica valoarea criteriului Arhimede pentru situatia de vara (conditia 3.2) si de iarna (conditia 3.1). Conform relatiei (2.18), se calculeaza :

$$Ar = \frac{9.81 \times 0.05 \times 0.9}{0.78^2} \times \frac{29.5 - 20}{293} = 0.023 > 10^{-3} \quad \text{iarna}$$

$$Ar = \frac{9.81 \times 0.05}{0.78^2} \times \frac{24 - 17}{297} = 0.017 > 10^{-2} \quad \text{vara}$$

Valorile obtinute pentru criteriul Arhimede, arata ca iarna, din cauza vitezei mici si a neizotermicitatii mari, jetul va ramâne lipit de plafon si nu va ventila corect încăperea ; vara, din aceleasi motive, jetul realizat de fanta va cadea la pardoseala imediat dupa refulare. Se observa ca modificarile trebuie aduse în sensul cresterii vitezei de refulare pe de o parte si a scaderii diferentei de temperatura dintre aerul refulat si încăpere. In consecinta, se propune reducerea înaltimii fantei la 3cm iar pentru iarna, se propune ca jumătate din sarcina termica a încăperii (400 W) sa fie compensata cu un corp de încălzire. In aceste conditii, reluând calculele se obtine :

$$l = \frac{0.07 \times 2.6}{0.3} \sqrt{\frac{2}{0.03 \times 0.9 \times (3.5 + 1.1 \times 0.7)}} = 2.54m$$

Se aleg 2 fante de 1.2 m fiecare. Viteza de refulare v_o devine :

$$v_o = \frac{0.07}{0.9 \times 0.03 \times 2.4} = 1.07m/s$$

Temperatura de refulare de iarna recalculata, va fi :

$$t_o = t_{ci} + \frac{Q}{c_p \rho q} = 20 + \frac{0.4}{1 \times 1.21 \times 0.07} = 25^\circ C$$

Cu aceste noi valori, valoarea criteriului Arhimede, recalculata pentru iarna si pentru vara devine :

$$Ar = \frac{9.81 \times 0.03 \times 0.9}{1.07^2} \times \frac{25 - 20}{293} = 0.004 < 5 \times 10^{-3} \quad \text{iarna}$$

$$Ar = \frac{9.81 \times 0.03 \times 0.9}{1.07^2} \times \frac{24 - 17}{297} = 5.4 \times 10^{-3} < 10^{-2} \quad \text{vara}$$

Conditile de stabilitate a jetului fiind realizate, se calculeaza în continuare :

- temperatura cu care aerul patrunde în zona de activitate, conform relatiei (4.8) va fi:

- pentru perioada calda a anului:

$$t_T = 24 + (17 - 24) \times 2.6 \sqrt{\frac{2 \times 0.03}{3.5 + 1.1 \times 0.7}} = 21.8^\circ C$$

- pentru perioada rece a anului:

$$t_T = 20 + (25 - 20) \times 2.6 \sqrt{\frac{2 \times 0.03}{3.5 + 1.1 \times 0.7}} = 21.5^\circ C$$

In concluzie, se vor prevedea doua fante de 30 x 1200 mm amplasate deasupra ferestrei, lipite de plafon, care vor refula 250 m³/h aer exterior ce va fi încălzit iarna la 25 °C si racit vara la 17 °C. Aspiratia aerului se va realiza printr-o gura de evacuare amplasata în baie ce va absorbi 60 m³/h si o gura de evacuare amplasata în camera ce va absorbi 190 m³/h. Admitând o viteza de evacuare în planul guri de aspiratie de 5 m/s, sectiunea acestei guri va fi:

$$s_e = \frac{q}{\varepsilon v_{ev}} = \frac{190}{3600 \times 0.8 \times 5} = 0.013m^2$$

Se va prevedea o gura de evacuare de 100 x 130 mm.

EXEMPLUL 2

Se cere să se proiecteze sistemul de distribuție a aerului prin jeturi plane, pentru o instalație de climatizare a unui birou, având o înălțime de 3 m, o lățime de 4 m și o lungime de 6 m.

Fluxul termic necesar încălzirii în perioada rece a anului este de 1.6 kW (1380 kcal/h).

Fluxul termic necesar răcirii în perioada caldă a anului este de 1,2 kW (1000 kcal/h).

Biroul va fi ventilat în suprapresiune. Accesul în birou se face printr-o ușă obișnuită; fluxul de persoane este de 20 pers/h.

Rezolvare

Conform Normativului I.5/98, anexa 2D, debitul de aer exterior este de 25 m³/h și om în absența fumatului și 35 m³/h și om la fumat moderat. Conform anexei 2A, pentru birouri se recomandă 3 - 6 schimburi / h.

Volumul încăperii: $3 \times 4 \times 6 = 72 \text{ m}^3$

Debitul de aer exterior necesar, conform anexei 2E din I.5 / 98: $2 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ h}$, deci $2 \times 72 = 144 \text{ m}^3/\text{h}$.

Considerând că se asigură 4 schimburi /ora, 150 m³/h va fi aer exterior și 150 m³/h aer recirculat.

Pentru a asigura o ventilație în suprapresiune, conform anexei 2B din Normativul I.5 / 98, debitul de aer extras prin gurile de evacuare din încăpere trebuie să fie cu 1 schimb mai mic decât cel introdus. Conform anexei 2C pentru o ușă obișnuită se admite 3 m³/om și ora, deci 60 m³/h.

Ca urmare, se va asigura introducerea a 300 m³/h aer tratat și evacuarea a 240 m³/h aer prin guri montate în încăpere.

Încăperea fiind prevăzută cu două ferestre se va amplasa câte o fantă de refulare deasupra fiecărei ferestre.

Se alege viteza maximă cu care poate pătrunde aerul în zona de activitate este 0.3 m/s, ceea ce corespunde unei viteze medii de 0.15 m/s; valoarea corespunde anexei 3A, normativului I.5/98.

Se aleg guri tip fantă, cu o constantă $K = 2.4$.

Conform relației (3.3), dacă se prevăd două jeturi amplasate deasupra ferestrei pe latura de 6 m, reiese:

$$B = 3 \text{ m} < (1.5 \times 3) = 4.5 \text{ m}$$

Conform relației (3.4):

$$L = 4 \text{ m} \leq 1.5\sqrt{3 \times 3} = 4.5 \text{ m}$$

Se aplică schema reprezentată în fig. 8B.

Se prevede un agregat ce furnizează aer rece cu temperatura de 17 °C. În acest caz debitul de aer ce urmează a fi furnizat de o fantă este:

$$q = \frac{Q}{c_p \rho (t_{ev} - t_a)} = \frac{1.2}{2 \times 1 \times 1.21 \times (25 - 17)} = 0.062 \text{ m}^3/\text{s} = 225 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se alege o fantă cu înălțimea $b = 0.05 \text{ m}$ amplasată la $h = 2.7 \text{ m}$. Conform relației (4.3), lungimea fantei va fi:

$$l = \frac{0.062 \times 2.4}{0.3} \sqrt{\frac{2}{0.05 \times 0.8 \times (4 + 1.1 \times 1)}} = 1.55 \text{ m}$$

Din catalog se alege o fantă de 1.5 m lungime, viteza de introducere, conform relației (2.2), fiind:

$$v_a = \frac{225}{3600 \times 0.8 \times 0.05 \times 1.5} = 1.04 \text{ m/s}$$

- pentru perioada rece a anului, considerând că se compensează prin corpuri statice 60% din necesarul de căldură, rezultă debitul de căldură ce trebuie asigurat de o fantă: $Q = 0.4 \times 1.6 / 2 = 0.32 \text{ kW}$

$$t_a = t_{ev} + \frac{Q}{c_p \rho q} = 20 + \frac{0.32}{1 \times 1.21 \times 0.062} = 24 \text{ °C}$$

Criteriul Arhimede, calculat cu relația (2.18) rezultă:

$$Ar = \frac{9.81 \times 0.05 \times 0.85}{1.04^2} \times \frac{24 - 20}{293} = 0.005 \quad \text{iarna}$$

$$Ar = \frac{9.81 \times 0.05 \times 0.85}{1.04^2} \times \frac{25 - 17}{298} = 0.01 \quad \text{vara}$$

Temperatura cu care va patrunde aerul în zona de activitate va fi:

- pentru perioada calda a anului, conform relatiei (4.8):

$$t_T = 25 + (17 - 25) \times 2.4 \sqrt{\frac{2 \times 0.85 \times 0.05}{4 + 1.1 \times 1}} = 22.5 \quad ^\circ\text{C}$$

- pentru perioada rece a anului, conform relatiei (4.8):

$$t_T = 20 + (24 - 20) \times 2.4 \sqrt{\frac{2 \times 0.85 \times 0.05}{4 + 1.1 \times 1}} = 21 \quad ^\circ\text{C}$$

În concluzie se vor prevedea doua fante (cate una deasupra fiecărei ferestre) de 50 x 1500 mm, la 2,7 m de pardoseala, care vor refula câte 225 m³/h aer tratat ce va fi încălzit iarna, la 24 °C și racit vara la 17 °C. Aspiratia aerului se va realiza prin doua guri de evacuare amplasate în încăperea, ce vor absorbi (2 x 225) - 60 = 390 m³/h, deci 195 m³/h de fiecare gura. Admitând o viteza de evacuare de 4 m/s în planul gurii și un coeficient de sectiune libera de 0.7, rezulta:

$$s_{ev} = \frac{q}{v_{ev}} = \frac{195}{3600 \times 0.7 \times 4} = 0.02 \text{ m}^2$$

Se prevad doua guri de 150 x 150 mm, viteza în planul gurii fiind în acest caz $v_{ev} = 3,4 \text{ m/s}$.

EXEMPLUL 3

La care sa se proiecteze sistemul de distributie a aerului prin anemostate, pentru instalatia de climatizare a unui magazin, având o înaltime libera de 3,5 m, o lungime de 18 m și o latime de 15 m.

Fluxul termic necesar încălzirii în perioada rece a anului este de 10 kW (8600 kcal/h), restul fiind furnizat de instalatia de încălzire.

Fluxul termic necesar racirii aerului (caldura sensibila) în perioada calda a anului este de 12 kW (10300 kcal/h).

Magazinul va fi ventilat în suprapresiune, numarul maxim de persoane ce s-ar putea afla în magazin fiind de 50.

Magazinul are ferestre pe doua fatade, iar în magazin nu se fumeaza, numarul maxim de vizitatori fiind de circa 120 persoane/ora, accesul făcându-se printr-o usa obisnuita.

Rezolvare

Conform normativului I.5/98, anexa 2D, debitul de aer exterior pentru încăperi fara fumatori este de 25 m³/ora, deci este necesar un debit de 1250 m³/h. Conform anexei 2A din acest normativ trebuie sa se asigure 4 - 6 schimburi / ora, deci 15x18x3,5 = 945 m³, 945 x (4...6) = 4...6000 m³/h. Se considera necesar un debit de aer de 5000 m³/h din care 3750 m³/h va fi aer recirculat și 1250 m³/h aer exterior.

Pentru a asigura o ventilare în suprapresiune, având ferestre pe doua fatade, debitul de aer introdus trebuie sa fie cu 1,5 schimburi /h mai mare decât cel evacuat din încăperea prin guri de evacuare. Prin deschiderea usilor se evacueaza 3 m³/om și vizitator (I.5 - 98 - anexa 2C) deci 3 x 120 = 360 m³/h. Prin urmare din magazin se va evacua un debit de 5000 m³/h din care 360 m³/h prin deschiderea usilor, 1140 m³/h prin guri de evacuare amplasate în anexele magazinului și 3500 m³/h prin guri de evacuare amplasate în magazin.

Viteza maxima cu care poate patrunde aerul în zona de activitate este 0,25...0,37 m/s (anexa 3A, normativul I.5-98).

Se prevede un numar de 6 anemostate, fiecare anemostat acoperind un spatiu de 6 x 7,50 m (fig.7 și 11).

Temperatura de introducere, conform relatiei (4.1), va fi:

- pentru perioada calda a anului:

$$t_a = t_{ev} - \frac{Q}{c_p \rho q} = 25 - \frac{12 \times 3600}{1 \times 1.21 \times 5000} = 17.8 \quad ^\circ\text{C}$$

Se prevede un agregat care furnizeaza aer rece la 18 °C. în acest caz debitul de aer ca va fi introdus în magazin este:

$$q = \frac{Q}{c_p \rho (t_{cv} - t_a)} = \frac{12}{1 \times 1.21 \times (25 - 18)} = 1.4 m^3/s = 5100 m^3/h$$

Din acest debit 360 m³/h va fi evacuat prin deschiderea usilor, 1140 m³/h prin guri de evacuare din anexele magazinului si 3900 m³/h prin guri de evacuare amplasate în magazin.

- pentru perioada rece a anului:

$$t_a = t_{cv} + \frac{Q}{c_p \rho q} = 18 + \frac{10}{1 \times 1.21 \times 1.4} = 24 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Debitul de aer al unui anemostat va fi:

$$q = \frac{5100}{6} = 850 m^3/h$$

Din "Catalogul cu detalii, elemente si subansambluri prefabricate de instalatii pentru constructii" - Ventilare V, vol.2 - 1991 se aleg anemostate patrate pe 4 directii, marimea AP4 400x400 mm, plansa 61/600 - 1, 237.

Conform plansei 61/601 - 1, 241, pentru un debit de 850 m³/h, rezulta o viteza efectiva de refulare de $v_o = 3.55 \text{ m/s}$.

Viteza maxima în jet, în zona de lucru va fi :

- pentru 3 m (jumătate din distanta dintre doua anemostate) de 0.8m/s - în câmp între doua anemostate;
- pentru 4,7 m (distanta de la anemostat pâna în zona de lucru considerata la 1.8m) de 0,5 m/s - la perete.

Din plansa 61/600 - 4, 240, pentru viteza maxima în jet de 0,8 m/s si distanta de la axa jetului la zona de activitate de 1,7 m rezulta, în zona de activitate, viteza terminala $v_T = 0,3 \text{ m/s}$, viteza care se încadreaza în limitele de confort termic.

Aceleasi rezultate se obtin daca se aplica formulele de calcul (2.14 si 2.15). Pentru sectiunea efectiva $S_o = 0.066 \text{ m}^2$ (plansa 61/600 - 1,237) si considerând constanta gurii de refulare $K=2.5$:

$$v_R = 2.5 \frac{850}{3600 \times 4.7 \sqrt{0.066}} = 0.49 m/s$$

$$v_o = 850/(3600 \times 0.066) = 3.58 \text{ m/s}$$

Pentru evacuarea aerului se amplaseaza pe peretii laterali ai magazinului 4 guri de evacuare, fiecarei guri revenindu-i un debit de $\frac{3900}{4} = 975 \text{ m}^3/h$. Prevazând guri de 300x300 mm, cu un coeficient de sectiune libera de 0.8, viteza în planul gurii va fi de 4.3 m/s.

REGLEMENTARI LEGATE DE PROIECTAREA INSTALATIILOR DE VENTILARE SI CLIMATIZARE FOLOSIND FANTE SI ANEMOSTATE

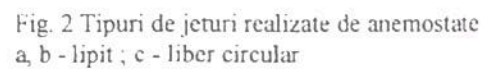
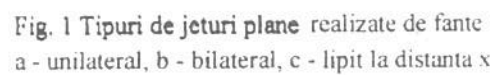
La proiectarea instalatiilor de ventilare, climatizare sau incalzire cu aer cald la care introducerea aerului se realizeaza prin fante sau anemostate, se va tine seama si de urmatoarele acte normative:

- SR 1907-1 - 1997 Instalatiile de incalzire. Necesarul de caldura de calcul. Prescriptii de calcul.
- SR 1907-2 - 1997 Instalatiile de incalzire. Necesarul de caldura de calcul. Temperaturi interioare conventionale de calcul.
- STAS 6648/1 - 1982 Instalatiile de ventilare si climatizare. Calculul aporturilor de caldura din exterior. Prescriptii fundamentale.
- STAS 6648/2 - 1982 Instalatiile de ventilare si climatizare. Parametrii climatici exteriori.
- SR-ISO-7730 - 1997 Ambiante termice moderate. Determinarea indicilor PMV si PPD si specificarea conditiilor de confort termic.
- I.5 - 1998 Normativ privind proiectarea si executarea instalatiilor de ventilare si climatizare.
- NPGM - 1996 Norme generale de protectia muncii.
- P.118 - 1999 Norme tehnice de proiectare si realizare a constructiilor, privind protectia la actiunea focului - NTPRCPAF - 118.
- I.13 - 1994 Normativ pentru proiectarea si executarea instalatiilor de incalzire centrala.
- NP 008 - 97 Normativ privind igiena compozitiei aerului in spatii cu diverse destinatii, in functie de activitatile desfasurate in regim de iarna - vara.

Catalog de detalii, elemente si subansambluri prefabricate de instalatii, pentru constructii - Ventilare V - vol.2 - 1991
Ghid de proiectare. Mapa proiectantului. Instalatii de ventilare. - vol.2 - 1995.

- IPCT

- IPCT



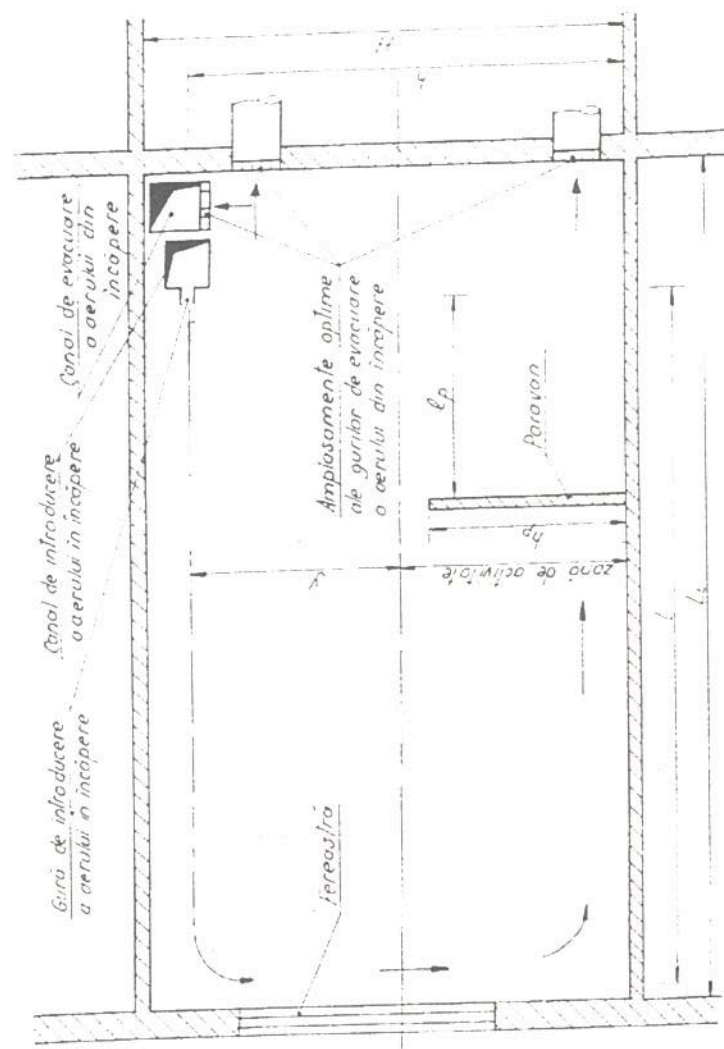


Fig. 4 Schema de propagare a jetului de aer plan în încăperea pentru care sarcina de încălzire este asigurată integral de instalația de ventilație (notațiile utilizate)

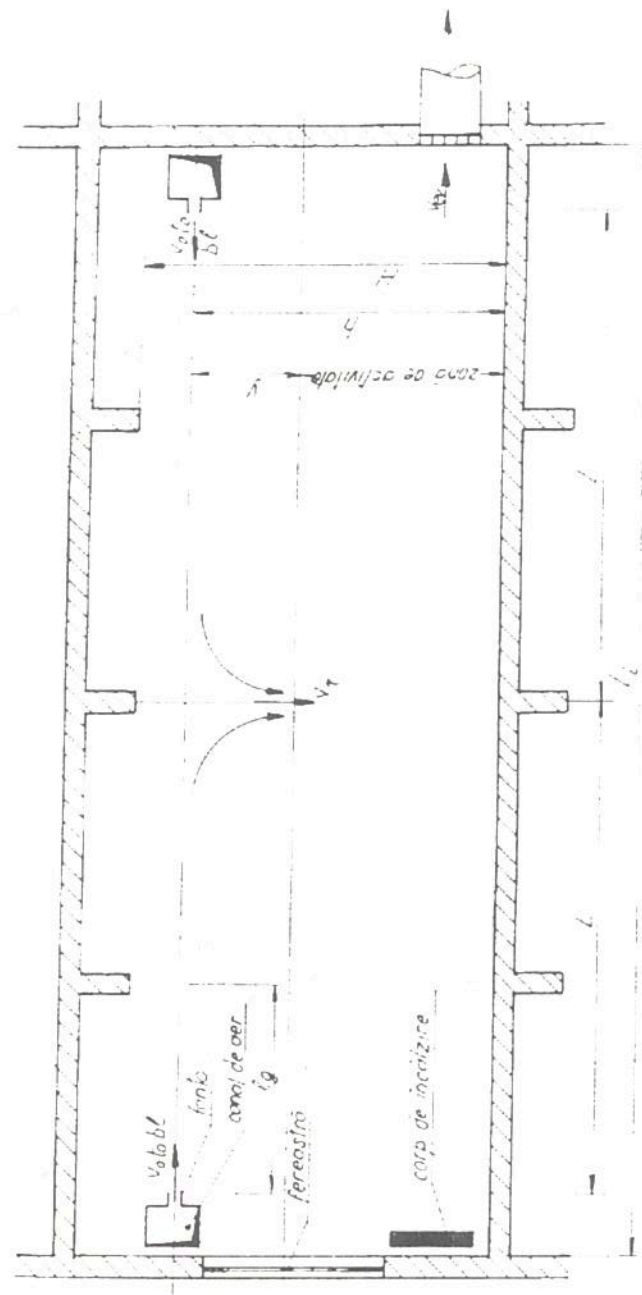


Fig. 5 Schema de propagare a două jeturi plane opuse în încăperea ventilată sau climatizată (notațiile utilizate)

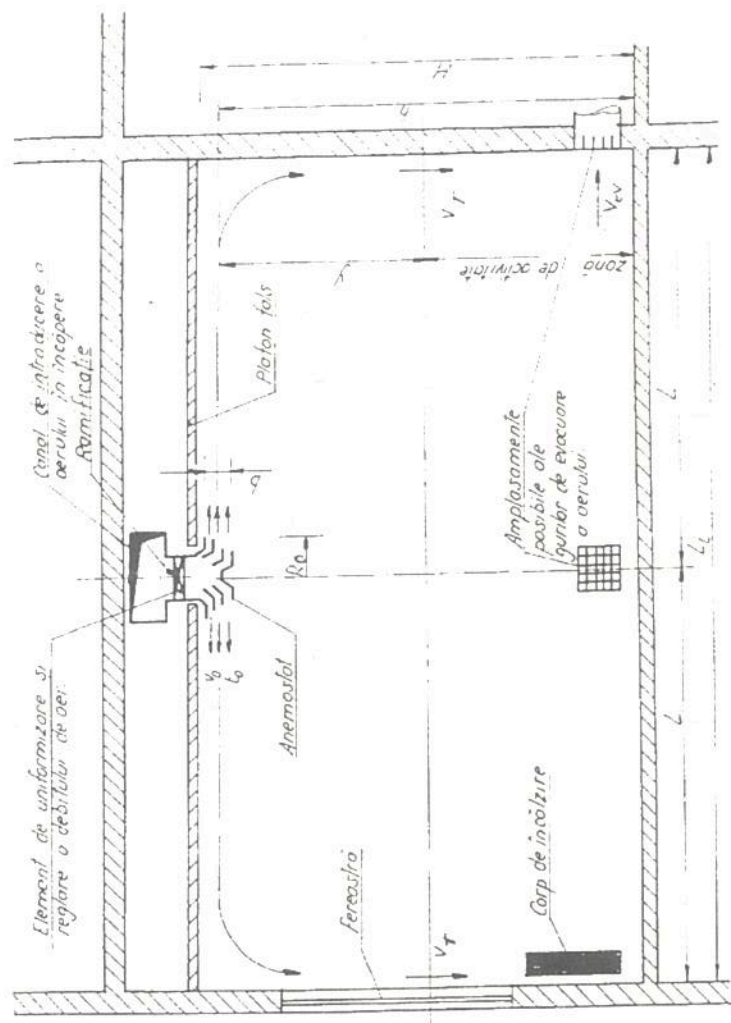


Fig. 6 Schema de propagare a jetului de aer radial emis de un anemostat în încăperea ventilată sau climatizată (notărilor utilizate).

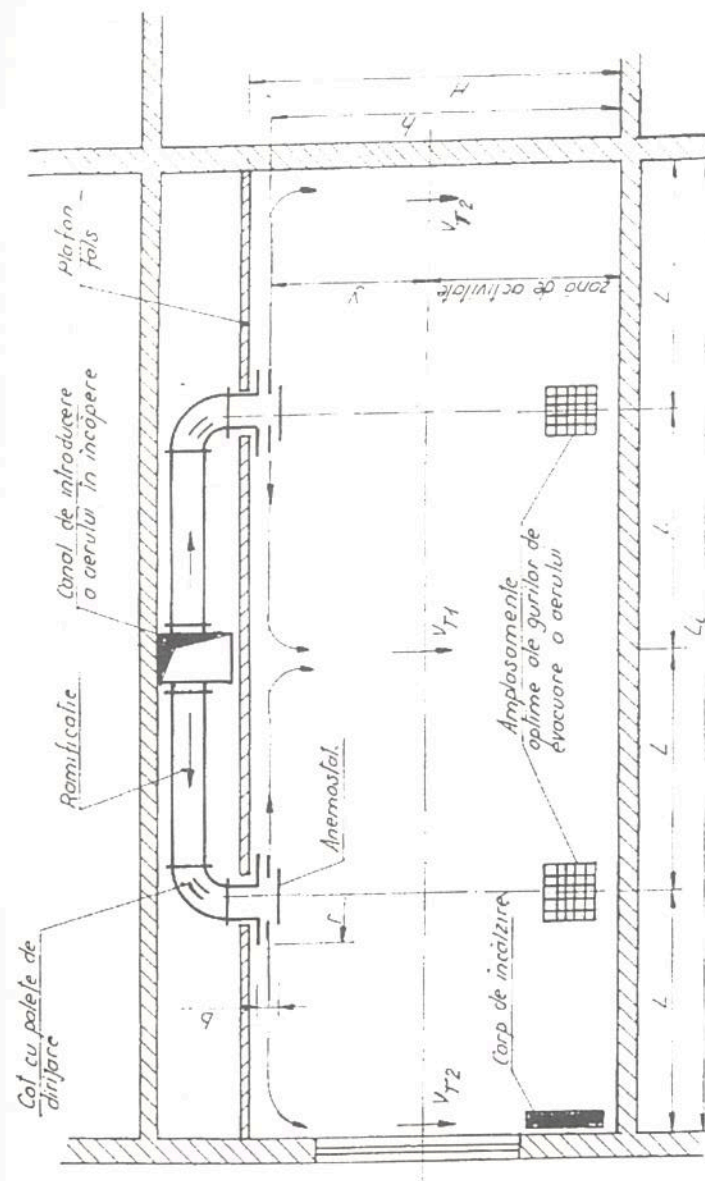


Fig. 7 Schema de propagare a jeturilor de aer înelare (radiale) emise de anemostate în încăperea ventilată sau climatizată (notărilor utilizate).

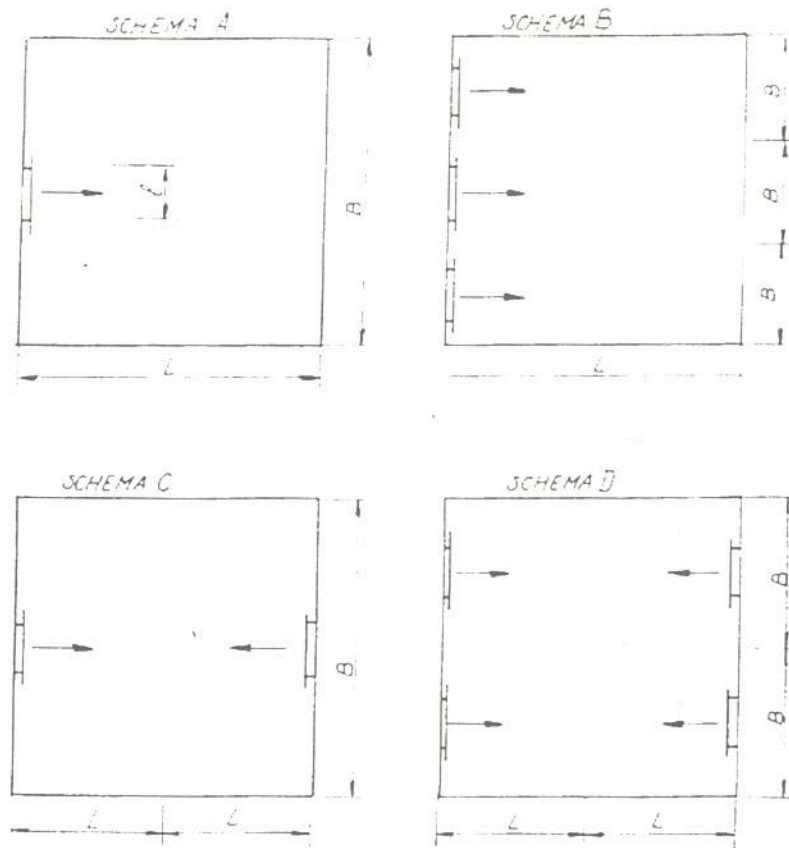


Fig8 Schemele de introducere a jeturilor de aer plane în încăperea ventilată sau climatizată.

SCHEMA A—Ventilarea încăperii cu un jet de aer

SCHEMA C—Ventilarea încăperii cu două jeturi opuse

SCHEMA B—Ventilarea încăperii cu mai multe jeturi paralele dirijate în același sens

SCHEMA D—Ventilarea încăperii cu mai multe jeturi opuse

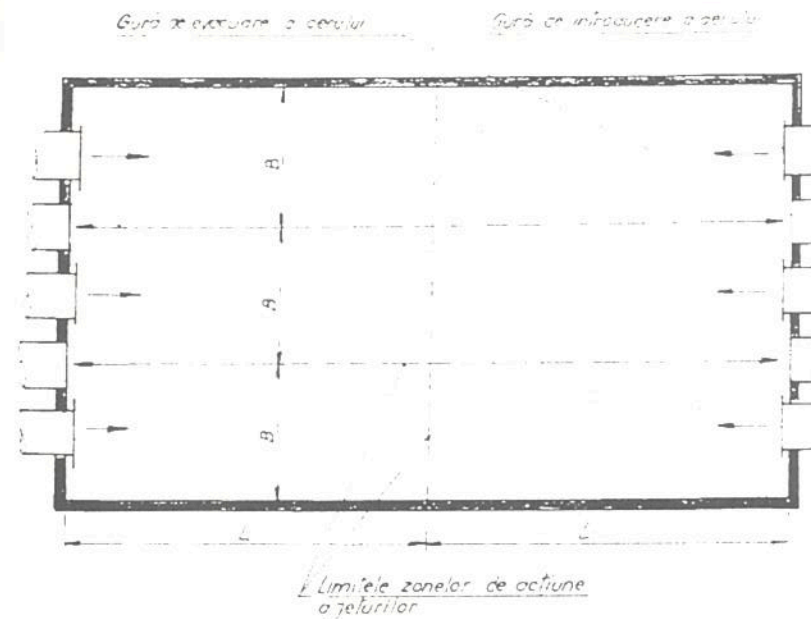


Fig9 Exemplu de amplasare optimă a gurilor de introducere și evacuare a aerului din încăperea ventilată-climatizată cu jeturi plane (vedere în plan).

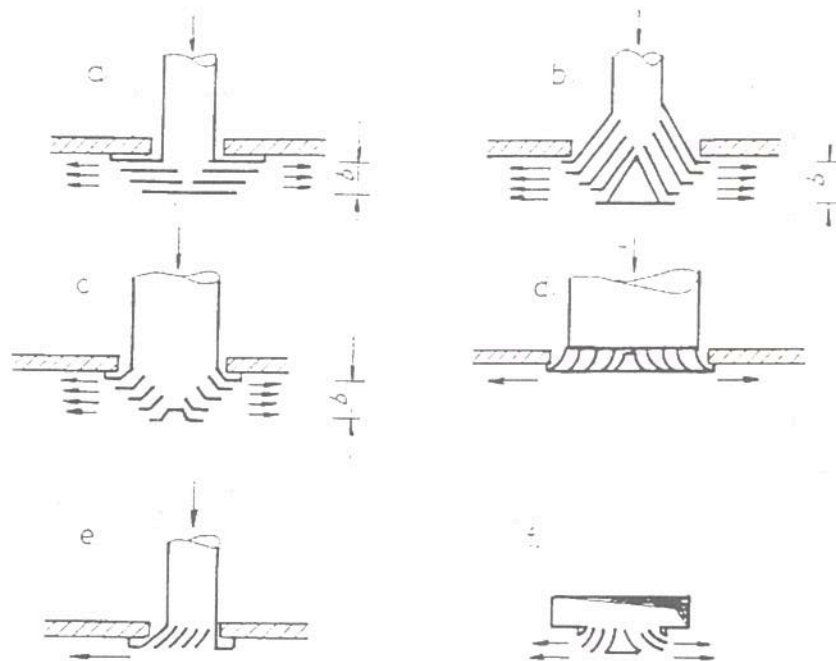


Fig.10. Tipuri de anemostate

- a. Anemostat circular sau rectangular pe 4 direcții spațial plan;
- b. Anemostat spațial conic circular sau pătrat pe 4 direcții;
- c. Anemostat spațial circular sau pătrat pe 4 direcții;
- d. Anemostat plan circular sau pătrat pe 4 direcții;
- e. Anemostat plan rectangular pe 2 sau 3 direcții;
- f. Anemostat spațial bandă (liniar) pe 2 direcții;

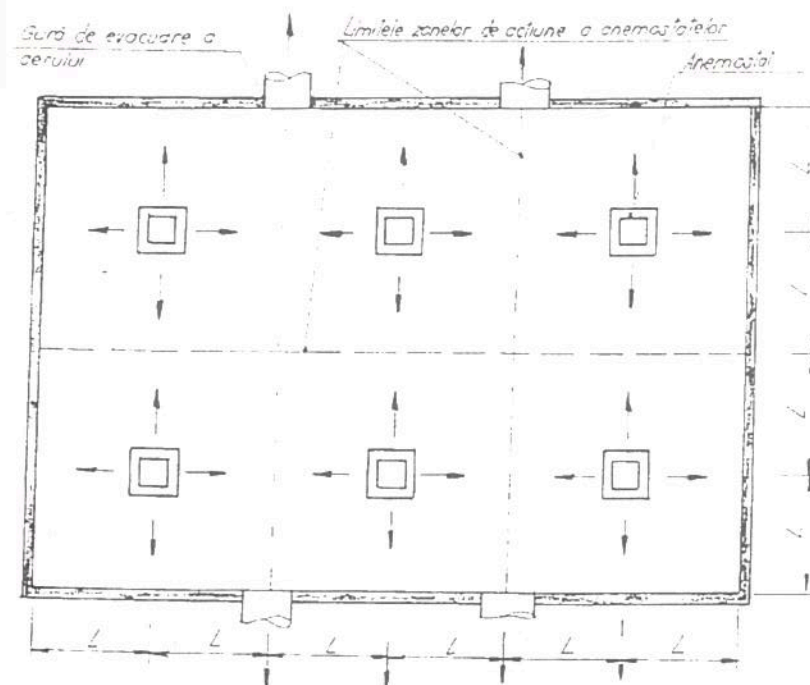


Fig.11 Exemplu de amplasare a anemostatelor și a gurilor de evacuare la ventilația climatizată a unei încăperi (vedere în plan)

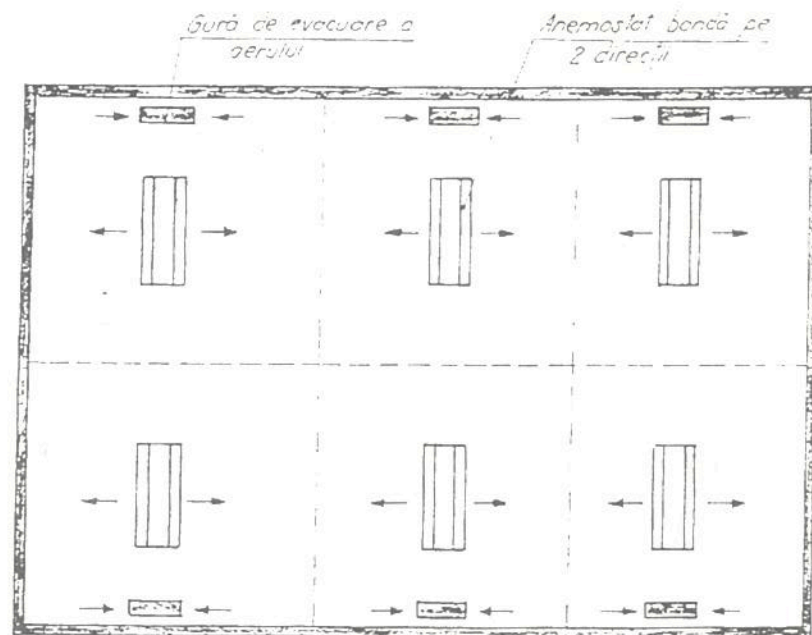


Fig.12 Exemplu de amplasare a anemostatelor bandă pe două direcții și a gurilor de evacuare la plafon (vedere în plan).

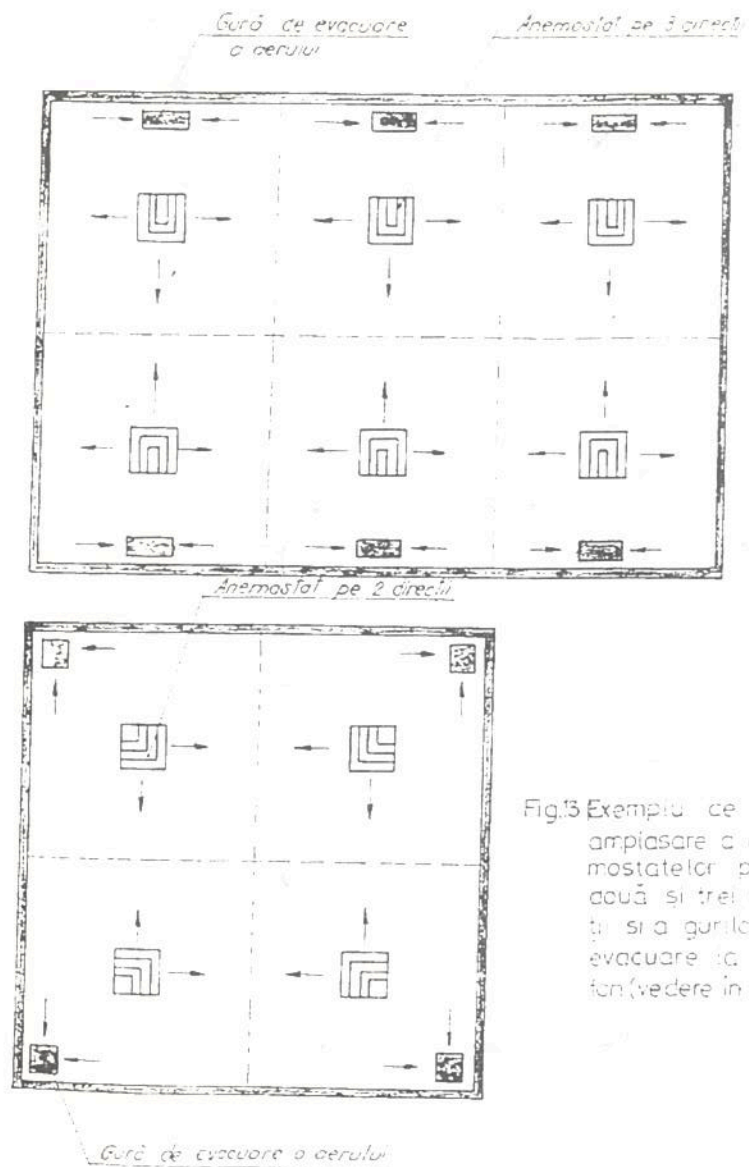


Fig.13 Exemplu de amplasare a anemostatelor pe două și trei direcții și a gurilor de evacuare la plafon (vedere în plan).

