

GHID
PRIVIND PROCEDURI DE EFECTUARE A
MĂSURĂRILOR NECESARE EXPERTIZĂRII
TERMOENERGETICE A CONSTRUCȚIILOR ȘI
INSTALAȚIILOR AFERENTE
INDICATIV: GT-032-01

CUPRINS

	pag.
1. GENERALITĂȚI	124
1.1. SCCP	124
1.2. DOMENII DE APLICARE	124
2. DOCUMENTE CONEXE	125
3. TERMINOLOGIE, DEFINIȚII ȘI SIMBOLURI	126
3.1. TERMINOLOGIE ȘI DEFINIȚII	126
3.2. SIMBOLURI	129
4. PARAMETRI, CARACTERISTICI FUNCȚIONALE ȘI GEOMETRICE ALE INSTALAȚIILOR/ECHIPAMENTELOR TERMICE/CLĂDIRILOR.....	130
5. METODE DE MĂSURARE A PARAMETRILOR ȘI A CARACTERISTICILOR FUNCȚIONALE ȘI GEOMETRICE ALE INSTALAȚIILOR ȘI CLĂDIRILOR.....	131
5.1. GENERALITĂȚI	131
5.2. MĂSURAREA TEMPERATURII	133
5.3. MĂSURAREA DEBITULUI	140
5.4. MĂSURAREA PRESIUNII.....	147
5.5. MĂSURARI GEOMETRICE.....	154
5.6. INCERTITUDINEA MĂSURĂRILOR	156
6. PROCEDURI DE EFECTUARE A MĂSURĂRILOR	157
6.1. PROCEDURĂ GENERALĂ DE MĂSURARE A PARAMETRILOR APEI DIN INSTALAȚII	157
6.2. PROCEDURĂ PENTRU MĂSURAREA TEMPERATURII, DEBITULUI ȘI PRESIUNII AERULUI.....	162
6.3. PROCEDURĂ PENTRU MĂSURAREA CANTITĂȚII DE CALDURĂ ÎN INSTALAȚII.....	164
6.4. PROCEDURĂ GENERALĂ DE ÎNCERCARE A UNUI ECHIPAMENT TERMIC	169

6.5. PROCEDURĂ GENERALĂ PENTRU DETERMINAREA RĂNDAMENTULUI CAZANULUI	175
6.6. PROCEDURĂ DE DETERMINARE A NUMĂRULUI DE SCHIMBURI DE AER ÎNTR-O CLĂDIRE	179
6.7. PROCEDURĂ DE INVESTIGARE A DEFECTELOR DE IZOLARE TERMICĂ A ANVELOPEI UNEI CLĂDIRI PRIN METODA TERMOGRAFIEI (ÎN INFRAROȘU)	186
BIBLIOGRAFIE	190

1. GENERALITĂȚI

1.1. Scop

Ghidul prezintă metode și proceduri de măsurare în situ a unor parametri și mărimi caracteristice pentru funcționarea și starea instalațiilor / echipamentelor termice (încălzire, preparare apă caldă de consum) aferente unei clădiri, precum și a unor mărimi specifice clădirii analizate, necesare la operațiunile de expertiză energetică, audit energetic ș.a., potrivit cerințelor reglementărilor tehnice în vigoare.

1.2. Domenii de aplicare

1.2.1 Ghidul se aplică la operațiunile de expertiză și audit energetic ale clădirilor civile sau industriale precum și la orice cercetări experimentale efectuate *in situ* pe instalații / echipamente de încălzire și de preparare a apei calde de consum, inclusiv la cercetările experimentale *in situ* vizând starea de confort termic și fiziologic din clădirile menționate.

Prevederile ghidului incluse în cap. 5 se pot aplica și la încercările care se efectuează pe instalații de apă rece și de condiționare a aerului.

1.2.2 Prezentul ghid poate servi următorilor factori interesați:

- organisme de certificare, expertiză și audit energetic al clădirilor și instalațiilor termice interioare aferente acestora
- laboratoare de încercări autorizate în domeniu

- producători și agenți economici care comercializează produse și echipamente de instalații
- alți factori interesați, cum ar fi învățământul superior tehnic de specialitate ș.a.

2. DOCUMENTE CONEXE

- [10] O.G. 29/30.01.2000 privind reabilitarea termică a fondului construit existent și stimularea economisirii energiei termice, *M.Of. nr. 41/31 ianuarie 2000*.
- [11] NP 049-2000 Normativ pentru elaborarea și acordarea certificatului energetic al clădirilor existente.
- [12] NP 048-2000 Normativ pentru expertizarea termică și energetică a clădirilor existente și a instalațiilor de încălzire și preparare a apei calde de consum aferente acestora.
- [13] NP 047-2000 Normativ pentru realizarea auditului energetic al clădirilor existente și al instalațiilor de încălzire și preparare a apei calde de consum aferente acestora.
- [14]*** Ghid privind verificarea performanțelor schimbătoarelor de căldură apă-apă din centrale și puncte termice (*în curs de aprobare*).
- [15] C 10-82 Prescripții tehnice privind încercările în vederea omologării cazanelor de Col. ISCIR abur și a cazanelor de apă fierbinte.
- [16] SR ISO 3147 Schimbătoare de căldură - Stabilirea bilanțului termic al circuitelor primare alimentate cu apă sau abur. Principii generale de încercare.
- [17] SR EN ISO 13187 Performanța termică a clădirilor - Detecția calitativă a neregularităților termice în anvelopele clădirilor - Metoda în infraroșu

- [18]SR 13251 Vocabular internațional de termeni fundamentali și generali în metrologie.
- [19]SR EN 45001 Criterii generale pentru funcționarea laboratoarelor de încercare.
- [20]SR EN 27726 Ambianțe termice. Aparat și metode de măsurare a mărimilor fizice.

3. TERMINOLOGIE, DEFINIȚII ȘI SIMBOLURI

3.1. Terminologie și definiții

Eroare de măsurare	Diferența dintre rezultatul unei măsurări și valoarea reală a mărimii măsurate.
Eroare relativă între două valori	Diferența între două valori raportate la una din valori și exprimată în procente.
Imagine termică	Imagine furnizată de un sistem de detecție în infraroșu și care reprezintă distribuția temperaturii radiante aparente pe o suprafață.
Incertitudine de măsurare	Parametru, asociat rezultatului unei măsurări, care caracterizează împrăștierea valorilor ce în mod rezonabil ar putea fi atribuite mărimii măsurate.
Perioadă de eșantionare	Perioada de timp dintre două citiri consecutive ale unei mărimi fizice.
Pierdere de sarcină hidrodinamică	Diferența între presiunea statică în punctul de intrare și în punctul de ieșire al instalației / echipamentului folosit în instalație, provocată de curgerea apei prin circuitul instalației / echipamentului respectiv.

Plajă de măsurare	Raportul dintre valoarea minimă și cea maximă a scalei unui aparat de măsură.
Presiune statică	Presiune datorată mișcării aleatorii a particulelor de fluid. La curgerea fluidelor, măsurarea presiunii statice trebuie făcută astfel încât valoarea acestuia să nu fie influențată de curgere.
Presiune dinamică	Presiune datorată mișcării sistematice a particulelor de fluid la curgerea acestuia.
Presiune totală	Suma dintre presiunea statică și presiunea dinamică la un fluid aflat în curgere.
Prize de presiune în perete	Orificiu inelar sau circular străpuns în peretele unei conducte, la rasul suprafeței interioare a acesteia, în așa fel încât presiunea dominantă în priză să fie presiunea statică din acea zonă a conductei.
Punct de funcționare	Ansamblul format din una sau mai multe valori numerice ale parametrilor caracteristici de funcționare ai unei instalații / echipament.
Punct de măsură	Un punct judicios ales din instalație sau clădire în care se măsoară cu aparat de măsură adecvat o mărime fizică caracteristică acestora.
Putere termică (sinonim: debit de căldură)	Cantitatea de energie termică transferată în unitatea de timp de instalația de încălzire / echipamentul termic.
Radianță	Cantitate totală de energie pe unitate de unghi solid și pe unitate de arie, ce provine de la o suprafață.

Regim permanent	Regim termic în care parametri fizici caracteristici nu variază semnificativ în timp.
Repetabilitatea măsurărilor	Grad de concordanță între rezultatul măsurărilor succesive ale aceleiași mărimi efectuate în aceleași condiții de măsurare.
Schimbător de căldură	Aparat/echipament conceput pentru a transmite căldura de la un fluid la altul, printr-o suprafață care le separă.
Senzor	Element al unui aparat de măsură/lanț de măsurare care este direct influențat de mărimea ce se măsoară.
Temperatura medie a apei	Media aritmetică a temperaturilor măsurate într-un punct al instalației / echipamentului analizat.
Temperatura radiantă aparentă	Temperatura echivalentă a unui corp negru care are aceeași radianță cu a corpului considerat.
Termografie	Determinarea și reprezentarea distribuției temperaturii superficiale prin măsurarea densității radiației infraroșii emisă printr-o suprafață, cuprinzând interpretarea imaginilor termice.
Termogramă	Înregistrare a imaginii termice.
Traductor	Dispozitiv care convertește valoarea unei mărimi în valoarea altei mărimi sau într-o valoare diferită a aceleiași mărimi, după o lege determinată.

3.2. Simboluri

A_L	- aria echivalentă a neetanșeităților, în m^2
c	- căldura specifică masică a unui fluid, în $J/kg \cdot K$
C	- concentrația de gaz trasor, în %
C_1	- debitul de combustibil lichid sau solid, în kg/s
C_2	- debitul de combustibil, în kg/s
F_c	- debitul de căldură introdus în cazan prin combustibil (căldură disponibilă), în W
g	- accelerație gravitațională, în m/s^2
G_v	- debitul de aer proaspăt, în m^3/s
G_1	- debitul de gaz trasor, în m^3/s
H_2	- puterea calorică inferioară a combustibilului solid sau lichid pe unitatea de masă la presiune constantă și la $t_{10} = 25^\circ C$
H_4	- puterea calorică inferioară a combustibilului gazos pe unitatea de volum la presiune constantă, corectată la $p_{10} = 760 \text{ mm Hg}$ și la $t_{10} = 0^\circ C$
M	- masa totală a mediului (apei) din sistem, în kg
n_a	- numărul de schimburi de aer, în $1/oră$
p	- presiune, în Pa
P	- putere termică, în W
q_m	- debit masic, în kg/s
q_v	- debit volumic, în m^3/s
Q	- cantitate de căldură, în J
t	- temperatură, în $^\circ C$
V_a	- volumul incintei, în m^3
W_1	- debitul de apă de alimentare (a cazanului), în kg/s
Δh	- diferența de înălțime a coloanelor de lichid la manometrul diferențial, în m
Δp	- pierdere de sarcină hidrodinamică / presiune diferențială / diferență de presiune, în Pa
Δt	- diferență de temperatură, în K
$\Delta \tau$	- interval de timp, în s
ϵ	- eroare relativă a două valori, în %
ρ	- densitate, în kg/m^3
τ	- durată (timp), în s
τ_s	- perioadă de eșantionare, în s

4. PARAMETRI, CARACTERISTICI FUNCȚIONALE ȘI GEOMETRICE ALE INSTALAȚIILOR/ECHIPAMENTELOR TERMICE/CLĂDIRILOR

În cadrul activității de expertiză / audit energetic al unei clădiri și a instalațiilor termice aferente acesteia se pot avea în vedere spre a fi măsurați următorii parametri, mărimi caracteristice termice și hidraulice precum și mărimi geometrice ce caracterizează funcționarea și starea instalațiilor de încălzire, de preparare a apei calde de consum și a clădirii:

1. Temperaturi ale apei:

- apă rece,
- apă caldă de consum,
- temperatura de ducere a instalației de încălzire (tur secundar),
- temperatura de întoarcere a instalației de încălzire (retur secundar).

2. Temperaturi și presiuni în aer:

- temperatura interioară a aerului unei încăperi,
- temperatura exterioară,
- presiunea aerului interior,
- presiunea exterioară sau diferența de presiune dintre interiorul unei clădiri sau încăperi și mediul exterior.

3. Debite (masice, volumice) de apă:

- apă rece,
- apă caldă de consum,
- agent termic (din instalația de încălzire).

4. Presiunea apei din instalație:

- presiunea agentului termic la intrarea și la ieșirea din instalația de încălzire sau din echipamentul termic care se încearcă,

- pierderea de sarcină în instalația interioară de încălzire sau într-un echipament al instalației.

5. Debite și consumuri de căldură:

- pentru prepararea apei calde de consum,
- pentru încălzire.

6. Randamentul cazanului:

7. Mărimi geometrice caracteristice pentru elementele de construcție ale clădirii și ale instalațiilor termice aferente:

- lungimi, lățimi, înălțimi și grosimi ale diverselor elemente de construcție (pereți, ferestre, uși, pardoseală, plafon etc.),
- lungimi și diametre de țevă, grosimi ale izolației termice a țevelor,
- dimensiuni de gabarit ale diverselor echipamente și aparate de instalații, necesare la identificarea produselor.

8. Numărul de schimburi de aer într-o clădire.

9. Defecte de izolare termică ale anvelopei unei clădiri.

5. METODE DE MĂSURARE A PARAMETRILOR ȘI A CARACTERISTICILOR FUNCȚIONALE ȘI GEOMETRICE ALE INSTALAȚIILOR ȘI CLĂDIRILOR

5.1. Generalități

5.1.1 APARATURĂ DE MĂSURĂ

Aparatura de măsură folosită pentru investigarea funcționării și stării instalațiilor de încălzire și de preparare a apei calde de consum, precum și pentru efectuarea unor măsurări geometrice asupra elementelor de clădire sau de instalație trebuie să fie în bună stare de funcționare, iar categoriile de aparate ce intră sub incidența

reglementărilor metrologice în domeniu trebuie să aibă certificate de verificare metrologică în vigoare la data efectuării încercării.

5.1.2 OPERAREA CU VALORI MEDII

La fiecare regim de funcționare al instalației / echipamentului termic, în punctul de măsură ales ca fiind reprezentativ pentru acestea, se efectuează mai multe măsurări pentru a diminua eroarea statistică. În aceste situații, calculul performanțelor instalației / echipamentului termic se va face pe baza mediei statistice a măsurărilor. Media se obține plecând de la valorile măsurate instantaneu, astfel încât eventualele neliniarități din conversia semnalului în mărimea de măsurare să nu influențeze valoarea medie.

5.1.3 PERIOADA DE EȘANTIONARE

Perioada de eșantionare trebuie să fie destul de mare pentru ca valoarea medie în jurul punctului de măsură să rămână constantă.

Perioada de eșantionare se calculează cu formula următoare:

$$\tau_s = \frac{M}{10 \times q_m} \quad (1)$$

unde M = masa totală de fluid din sistem (kg),

NOTA: Această formulă conduce - spre exemplu - la nevoia de a face circa 10 măsurări în intervalul de timp necesar unei particule de fluid pentru a parcurge distanța între intrarea și ieșirea dintr-un echipament termic. O frecvență de eșantionare foarte mare poate fi impusă uneori de bună funcționare a sistemului de reglare.

5.1.4 DURATA MĂSURĂRILOR

Măsurările trebuie să se prelungească suficient de mult timp pentru ca rezultatele să satisfacă o serie de criterii legate de prelucrarea statistică a datelor.

Măsurările realizate trebuie de asemenea să certifice stabilitatea funcționării, prin înregistrarea (dacă este posibil) a valorilor dintr-un punct de control.

5.1.5 CITIRE SIMULTANĂ

La fiecare măsurare traductoarele trebuie să fie citite simultan pentru a obține o imagine instantanee asupra punctului de funcționare al instalației / echipamentului termic.

Intervalul de timp în care trebuie să se facă citirea tuturor punctelor de măsurare necesare înregistrării unui punct de funcționare se poate calcula cu relația de mai jos:

$$\tau < \frac{M}{100 q_m} = \frac{\tau_s}{10} \quad (2)$$

unde τ = intervalul de timp admis (s).

5.2. Măsurarea temperaturii

5.2.1 TRADUCTOARE

Temperatura se măsoară cu termometre, termocuple sau termorezistențe. Alte tipuri de traductoare pot fi utilizate, numai dacă precizia de măsurare impusă este asigurată.

5.2.1.1 Termometre cu dilatare

Termometrele cu dilatare folosesc dilatarea unei substanțe sub efectul temperaturii. Tipul cel mai folosit de termometru de acest gen este termometrul cu mercur. Se utilizează însă și alte substanțe așa cum se vede în exemplele din tabelul 1.

Tabelul 1 - Lichidele și plajele de temperaturi ale termometrelor cu dilatare

Lichidul	Plaja de temperaturi, °C
Mercur	- 38 + 600
Aliaj mercur-thalium	- 55 + 600
Alcool	- 80 + 600
Toluen	- 90 + 50
Pentan	- 200 + 30

Avantaje și dezavantaje ale termometrelor cu dilatare

Termometrele cu dilatare sunt în general bine cotate și dau o bună precizie. Ele sunt însă sensibile la vibrații și șocuri mecanice și deseori se impune protejarea lor. Rareori pot fi adaptate unor sisteme de achiziție de date. În tehnică, sunt folosite de regulă pentru supraveghere.

5.2.1.2 Termorezistente

Termorezistențele folosesc variația rezistenței electrice a metalelor și semiconductoarelor, provocată de variațiile de temperatură.

Temperatura poate fi calculată pornind de la valoarea rezistenței traductorului. Acest calcul se face adesea chiar în aparatul care alimentează traductorul cu energie electrică și care afișează temperatura.

Tabelul 2 conține exemple de plaje de măsurare ale diferitelor tipuri de termorezistențe.

Tabelul 2 - Diferite tipuri de termorezistențe

Tipul		Plaja de temperatură, °C	
metal	cupru	- 100	+ 100
	nichel	- 80	+ 250
	platină	- 220	+ 600
semiconductor	oxizi metalici	- 100	+ 160
	siliciu	- 160	+ 160

Avantaje și dezavantaje ale termorezistențelor

Termorezistențele măsoară direct temperatura absolută și nu necesită o temperatură de referință. Ele au o imprecizie foarte scăzută și servesc deseori drept termometre de referință pentru etalonări. Se consideră că termorezistențele sunt stabile în timp.

Traductoarele și echipamentele periferice sunt în general adaptabile la un sistem de achiziție de date.

5.2.1.3 Termocuple

Un termocuplu se compune din două fire metalice de naturi diferite asamblate în punctul de măsură într-un mod în care să asigure un contact electric și termic bun. Celelalte extremități (punctul de referință) sunt racordate la aparatul care măsoară tensiunea electromotoare.

Tensiunea electromotoare depinde de diferența de temperatură între punctul de măsurare și punctul de referință.

Se folosesc multe tipuri de termocuple rezultate din diferitele combinații de metale; ele au plaje de temperaturi și sensibilități diferite, a se vedea tabelul 3.

Tabelul 3 - Diverse tipuri de termocuple

Indicativ	Tip	Plaja de temperatură, °C
R	Platină -platină rhodiu 13%	- 45 +1750
S	Platină -platină rhodiu 10%	- 50 +1760
B	Platină rhodiu 30%-platină rhodiu 6%	0 +1820
J	Fier/cupru-nichel (constantan)	-210 +1200
T	Cupru/cupru-nichel (constantan)	-210 + 900
E	Nichel-crom/cupru-nichel	-210 +1000
K	Nichel-crom/nichel-aluminiu	-210 +1372

Pentru alegerea unui termocuplu, este bine să se țină seama de următoarele criterii:

- plaja de temperatură;

- precizie;
- rezistența chimică;
- stabilitatea în timp (îmbătrânirea).

Avantaje și dezavantaje ale termocuplelor

Pentru a măsura cu un termocuplu, trebuie cunoscută temperatura punctului de referință. Eroarea de determinare a temperaturii de referință influențează eroarea de măsurare a temperaturii prelevate de termocuplu.

5.2.2 OPERAȚIUNI PREGĂTITOARE

5.2.2.1 Instalare

Senzorul de temperatură trebuie astfel instalat încât să nu perturbe curgerea fluidului și/sau să genereze curgeri secundare. Din rațiuni practice, adesea senzorul de temperatură se instalează într-o teacă în jurul căreia curge fluidul din conductă. Trebuie asigurată o asemenea instalare a senzorului care să permită instalarea sau extragerea lui fără a influența curgerea. Teaca protejează în același timp senzorul la deteriorările chimice și mecanice.

Senzorii se vor instala și se vor izola termic, așa încât pierderile de căldură la trecerea fluidului peste el să nu influențeze performanțele termice ale instalației/echipamentului termic măsurat sau temperatura măsurată.

Este esențial să se realizeze un contact termic bun între senzor și fluid. Acest contact se poate realiza cu o pastă termoconductoare, prin extinderea zonelor de detectare a temperaturii, prin mărirea turbulenței fluidului etc.

În cazul măsurării temperaturii apei direct în conducta de racord, se vor respecta indicațiile de montare corectă a traductoarelor de temperatură date în fig. 1.

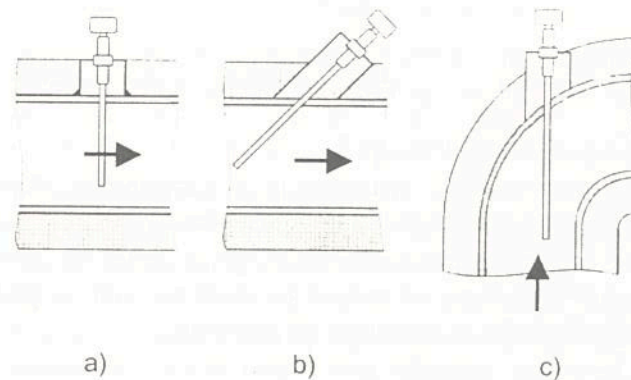


Fig. 1 - Moduri corecte de montare în conductă a traductoarelor de temperatură:

- a) perpendicular pe axul conductei
- b) înclinat față de axul conductei
- c) în cot

Vârful senzorului de temperatură se va amplasa aproximativ în axul conductei.

5.2.2.2 Loc de instalare

Senzorii de temperatură se vor amplasa în locuri în care variațiile de temperatură sunt generate exclusiv de instalație/echipamentul termic ce se încearcă. Se va defini în acest sens o frontieră între echipamentul termic și mediul ambiant.

Dacă nu se pot amplasa senzorii în imediata apropiere a racordurilor echipamentelor termice, conductele de legătură se vor izola destul de bine, ca variațiile de temperatură între punctul de măsurare și punctul de intrare în echipament să fie neglijabile în raport cu variația totală de temperatură a fluidului la trecerea prin echipamentul termic.

Deoarece uneori senzorii de temperatură pot provoca căderi importante de presiune la curgerea fluidului, se recomandă ca ei să

fie plasați în locuri care să nu influențeze măsurarea căderii de presiune.

În cazul investigării unei instalații interioare de încălzire, senzorii de temperatură se montează pe racordurile instalației.

5.2.2.3 Erori de măsurare statică

Ele sunt generate de diferența între temperatura fluidului măsurat și temperatura senzorului și trebuie să fie cât mai mici.

În tabelul 4 sunt indicate unele cauze generatoare de erori de măsurare statică și exemple de remedii posibile. Nu sunt tratate aici erorile datorate senzorilor și aparatelor de măsură.

Tabelul 4 - Erori de măsurare statică - Cauze și remedii.

Cauza	Remediu
Diferențe mari de temperatură între fluid și mediul ambiant	Izolarea instalației de măsurare
Adâncime mică de imersare a traductorului în fluid	Instalarea senzorului într-un cot sau înclinat
Coeficient de transfer termic scăzut între senzor și fluid	Instalarea senzorului într-o zonă de curgere turbulentă
Senzor cu dimensiuni mari	Căutarea unuia cu dimensiuni mici
Conductibilitatea termică a senzorului	Alegerea unui material izolator pentru senzor și teacă. Izolarea senzorului față de conductă
Răcirea fluidului de către senzor	Se instalează senzorul de așa manieră încât să fie în contact cu fluidul neperturbat

5.2.2.4 Alte exigente privind instalarea senzorilor

În cazul în care temperatura este măsurată pe suprafața exterioară a țevii de racordare, ea trebuie să fie măsurată în două puncte opuse ale aceleiași secțiuni; dacă țeava este orizontală, unul din aceste puncte trebuie să fie dedesubtul și altul deasupra.

Țeava trebuie să fie izolată de fiecare parte a punctului de măsurare a temperaturii, pe o lungime echivalentă cu de 10 ori diametrul său exterior. Se verifică dacă între traductor și țeavă, în punctul de măsurare, este stabilit un contact termic corect.

Această metodă nu se aplică dacă valorile temperaturilor active în procesul de transfer termic sunt apropiate sau dacă transferurile termice parazite sunt de același ordin de mărime cu transferul termic util.

În cazul în care temperatura este măsurată cu un traductor imersat în țeavă, trebuie verificat ca nu cumva stratificările de temperatură și configurațiile specifice ale curgerii să influențeze asupra preciziei măsurărilor.

Exigențele ce urmează privind utilizarea și instalarea senzorilor, sunt evidente și importante pentru a fi luate în considerare, fără a se putea indica soluții pentru toate cazurile întâlnite :

- montajul trebuie să reziste la solicitări mecanice dure cum ar fi presiunea sau vibrațiile,
- senzorul și toate cablurile electrice vor fi protejate contra deteriorării,
- modul de instalare al senzorului trebuie să permită curățirea lui ușoară ori de câte ori este nevoie,
- senzorul și restul instalației trebuie să reziste la uzura produsă de fluid,
- senzorul și restul instalației trebuie să reziste la acțiunea chimică a fluidului și a mediului ambiant,
- sunt absolut interzise scurgerile de fluid care ar putea afecta măsurările sau mediul ambiant,
- instalarea senzorilor va ține seama de pericolul de explozie.

5.2.3 PREZENTAREA MĂSURĂRILOR DE TEMPERATURĂ

Următoarele date (în totalitate sau doar parțial) trebuie să figureze în raportul de încercare:

- Numărul seriei de construcție și tipul aparatelor de măsurare folosite;
- Specificarea incertitudinii de măsurare admise de acestea, conform indicațiilor producătorilor;
- Specificarea datei și a metodei ultimei etalonări admise;
- Specificarea modului de instalare a senzorului de temperatură;
- Specificarea localizării senzorului de temperatură.

5.3. Măsurarea debitului

5.3.1.ECHIPAMENT

În continuare se prezintă diverse principii de măsurare a debitului unui fluid (lichid sau gaz). Echipamentele care măsoară debitul volumic vor fi completate cu un echipament permițând măsurarea sau calcularea densității fluidului în punctul de măsurare, pentru ca în final să se poată calcula debitul masic.

NOTĂ: Dacă nu este posibil acest lucru, se va lucra cu densitatea fluidului, luată din tabelele de proprietăți fizice ale fluidului respectiv.

5.3.1.1. Debitmetrul volumic se bazează pe trecerea întregii vine de fluid sau a unei părți definite din el într-un volum de măsurare specific. Numărul de volume din unitatea de timp reprezintă o măsură a debitului volumic.

Plaja de măsurare : 1:10 la 1:50

Debit maxim (m³/h): 200

Precizie (%): 0,25 – 2

Avantaje (+) și dezavantaje (-):

+ nu impune nici o instalație integrată special,

+ echipamentul este livrat de obicei cu contoarele și unitățile de contor necesare,

- este sensibil la uzură,

- este sensibil la colmatare,

- necesită întreținere,

- necesită o măsurare și un calcul al densității.

5.3.1.2. Măsurarea presiunii diferențiale se bazează pe dependența dintre presiunea diferențială între două puncte ale curentului de fluid și debitul volumic. În mod normal acest mijloc de măsurare se etalonează pentru debite cunoscute.

Metodele impun de obicei intercalarea senzorului între două lungimi drepte de conductă în amonte și în aval (a se vedea normele ISO 5167 și ISO 5221).

Plaja de măsurare : 1:3 la 1:5

Debit maxim (m³/h): 50 000

Precizie (%): 1 - 10

Avantaje (+) și dezavantaje (-):

+ utilizarea de senzori simpli și ieftini dacă echipamentul este etalonat,

+ corespund simultan măsurării de lichide și fluide,

+ rezistență la colmatare și la uzură,

- disiparea de energie mecanică se realizează în funcție de temperatura fluidului,

- necesită măsurarea / calcularea densității,

- principiul de măsurare poate provoca o pierdere de energie mecanică considerabilă în circuitul de fluid,

5.3.1.3 Debitmetrul cu turbină presupune o turbină cu palete multiple antrenată de fluidul în mișcare. Viteza de rotație a roții turbinei este o măsură a debitului volumic.

Plaja de măsurare : 1:20 la 1:50

Debit maxim (m³/h): 5 000

Precizie (%): 1 - 2%

Avantaje (+) și dezavantaje (-):

- + debitmetru de regulă precis și cu o plajă de măsurare largă
- sensibilitate la perturbații și deci nevoia de a introduce porțiuni drepte și dispozitive de uniformizare a circulației în amonte și în aval de aparat
- sensibilitate la uzură și la particulele solide transportate de curentul de fluid.

5.3.1.4 Debitmetrul vortex măsoară frecvența de formare a turbioanelor în avalul unui perturbator de curgere. Această frecvență este o măsură a debitului volumic. Formarea turbioanelor se detectează cu ajutorul unui senzor de temperatură sau prin alte mijloace.

Plaja de măsurare : 1:10 la 1:100

Debit maxim (m³/h): 10 000

Precizie (%): 0,5 - 2

Avantaje (+) și dezavantaje (-):

- + construcție mecanică simplă a debitmetrului
- + influență foarte scăzută asupra debitului
- + neinfluențat de particule solide în curgere
- necesită măsurarea și calculul densității.

5.3.1.5 Rotametrul se compune dintr-un flotor mobil și un tub conic prin care curge fluidul. Poziția flotorului este determinată de debitul volumic de fluid. Flotorul este sensibil la presiunea diferențială, la frecare, la forța arhimedică și la presiune.

Plaja de măsurare : 1:15

Viteza maximă(m/s): 100 m/s

Precizie (%): 0,5 - 2

Flotoarele pot fi construite în așa fel încât debitmetrul să fie insensibil la schimbările de viscozitate.

Avantaje (+) și dezavantaje (-):

+ insensibil la perturbații

+ construcție mecanică simplă

- etalonare obligatorie pentru că funcționarea debitmetrului depinde de densitatea fluidului.

Echipamente specifice lichidelor (plajele de măsurare, debitele masice și precizia) sunt orientative.

5.3.1.6 Debitmetru cu ultrasunete care emite ultrasunete de mare intensitate în lichid. Sunetul traversând lichidul este detectat de un microfon. Se măsoară influența lichidului asupra ultrasunetelor, obținându-se o măsură a debitului volumic.

Plaja de măsurare : 1:15 la 1:100

Debit maxim (m³/h): 10 000

Precizie (%): 0,2 - 5

Există diferite soluții pentru instalația emițătoare de ultrasunete și pentru microfoane. Numeroase tipuri de echipamente pot fi instalate în exteriorul conductelor existente.

Avantaje (+) și dezavantaje (-):

- + influența ultrasunetelor asupra curgerii este neglijabilă,
- + insensibil la calitatea fluidului,
- + dacă se cunoaște viteza sunetului în funcție de densitate, se poate determina direct debitul masic,
- + pe microfoane și emițătoare nu apar depuneri (sunt în permanentă vibrație),
- depunerile de pe suprafețele reflectorizante atenuează semnalul ; se recomandă echipamente cu vizare directă microfon – emițător,
- viteza sunetului în lichid este un factor determinant; acest inconvenient nu există pentru echipamentele care măsoară timpii de trecere,
- sunt necesare măsurări și calcule ale densității,

5.3.1.7 Debitmetrul electromagnetic funcționează pe principiul legii lui Faraday potrivit căreia „un conductor trecând printr-un câmp magnetic este supus unei forțe electromotoare funcție de viteză”. Se măsoară debitul volumic lăsând un lichid conductor să traverseze un câmp magnetic generat în senzor și măsurând tensiunea indusă.

Plaja de măsurare : 1:25 la 1:100

Debit maxim (m³/h): 50 000

Precizie (%): 1

Avantaje (+) și dezavantaje (-):

- + foarte puțin sensibil la condițiile de instalare
- + nu perturbă deloc curgerea
 - mici tensiuni generate în timpul măsurării pot crea probleme perturbând semnalul măsurat
- necesită măsurarea și calcularea densității
- depunerile interioare afectează precizia
- lichidul trebuie să fie conductor.

5.3.2 OPERAȚIUNI PREGĂTITOARE

Înainte de a începe încercările, se recomandă să se verifice etanșeitatea instalației / echipamentului termic ce se încearcă și dacă este necesar să se ia măsurile de înlăturare a eventualelor neetanșeități.

5.3.2.1 Instalare

La instalarea debitmetrului, se va ține cont de următorii factori:

- posibilitatea de demontare a lui pentru întreținere și reparații
- debitmetrul trebuie să reziste la acțiunile fluidelor (de exemplu la acțiunea chimică, la uzură, la presiune și temperatură)
- traductorul nu trebuie supus la eforturi inadmisibile, de comprimare sau de suprapresiuni
- etalonarea trebuie să cuprindă și conductele de legătură, amonte și aval de aparat

- un debitmetru care măsoară debitul volumic, trebuie să fie însoțit (echipat) cu instrumente pentru măsurarea densității fluidului.

5.3.2.2 Amplasare

Dacă nu există scăpări de fluid, debitmetrul se poate monta oriunde este necesar și posibil în circuitul instalației / echipamentului termic.

Este indicat, din motive practice, ca el să fie amplasat în apropierea locului unde se verifică presiunea și temperatura în timpul măsurării.

Senzorul trebuie montat de asemenea într-o porțiune care să-i asigure condițiile de curgere impuse în amonte și aval de el. Deseori, această condiție impune lungimi drepte introduse suplimentar sau prevederea unor dispozitive de uniformizare a curgerii.

Dacă debitmetrul provoacă o pierdere de sarcină semnificativă sau influențează într-un fel oarecare asupra stării fluidului, trebuie să fie amplasat într-un loc în care influențele să nu perturbe alte măsurări. Este preferabil dacă se poate ca debitmetrul să fie etalonat și verificat atunci când este amplasat în circuit.

Compararea se poate face prin înserierea unui alt debitmetru care să măsoare același circuit.

5.3.2.3 Erori de măsurare statice

Tabelul 5 - Erori de măsurare statică, cauze și remedii

Cauze	Remedii
Pierderi interne în debitmetru	Reglarea debitmetrului. Înlocuirea cu un aparat mai precis.
Perturbații în câmpul curgerii	Mărirea porțiunilor drepte pe conducta amonte și aval de debitmetru. Schimbarea metodei pentru ca perturbația să nu afecteze rezultatul.

Cauze	Remedii
Erori în determinarea densității (în cazul măsurării debitului volumic)	Utilizarea unei metode sau a unui echipament mai precis pentru determinarea densității.
Curgere în regim tranzitoriu (între laminar și turbulent)	Modificarea numărului Reynolds prin modificarea diametrului tronsonului de conductă pe care se intercalează debitmetrul.
Curgere bifazică accidentală	Separarea fazei nedorite, folosind un filtru, un dezaerisator sau un alt dispozitiv, după caz.

. Diferența între valorile reale și cele măsurate ale debitului masic trebuie să se situeze în limitele de toleranță admise pentru diferite aplicații. În tabelul 5 se indică un număr de cauze care provoacă erori de măsurare statică și se dau exemple de moduri de remediere.

5.3.2.4. Alte cerințe impuse de instalația de măsurare a debitului

Debitele trebuie măsurate conform recomandărilor din nptele de instalare a dispozitivelor de măsurare a debitului.

Sunt obligatorii următoarele prevederi referitoare la debitmetre și la instalarea lor:

- montajul trebuie să reziste la șocurile mecanice generate - de exemplu - de presiune și de vibrații.
- debitmetrul și dacă este cazul cablurile electrice, trebuie să fie protejate contra deteriorărilor.
- debitmetrul trebuie să fie instalat de o manieră care să permită o curățire ușoară a lui, dacă este cazul.
- debitmetrul ca și restul instalației trebuie să reziste la uzura dată de fluidele de lucru.

- debitmetrul și restul instalației trebuie să reziste la acțiunea chimică a fluidelor și mediului înconjurător.
- sunt interzise orice pierderi de fluid care ar afecta măsurările sau mediul înconjurător.
- la instalarea senzorilor se va ține seama de pericolul de explozie.

5.3.3 PREZENTAREA MĂSURĂRILOR DE DEBIT

Următoarele date (în totalitate sau doar parțial) ce se referă la măsurările de debit trebuie să figureze în raportul de încercare:

- Specificarea numelui fabricantului, a numărului de serie și de tip a debitmetrului.
- Specificarea altor instrumente folosite la măsurarea debitului.
- Specificarea incertitudinii de măsurare a debitmetrului, conform indicațiilor producătorului.
- Specificarea datei și metodei ultimei etalonări.
- Specificarea modului de instalare a debitmetrului.
- Specificarea locului de instalare a debitmetrului.
- Calculele care să arate modul în care a fost stabilit densitatea (prin calcul sau măsurare) în cazul determinării debitului volumic.
- Specificarea debitului mediu din timpul măsurării.
- Specificarea abaterilor față de debitul mediu din timpul perioadei de măsurare.

5.4. Măsurarea presiunii

Măsurările de presiune vizează, de regulă, determinarea pierderilor de sarcină hidrodinamice în instalația / echipamentul termic prin care trece fluidul sau măsurarea diferențelor de presiune ale aerului, în cadrul metodelor de determinare a schimburilor de aer la o clădire.

Măsurările de presiune pot fi făcute uneori pentru determinarea altor mărimi, de exemplu, debitul. Într-un fluid în mișcare, presiunea totală este compusă din presiunea dinamică și presiunea statică. Dacă două prize de presiune se află la înălțimi diferite se va ține cont de aceasta diferență în interpretarea datelor măsurate.

5.4.1 SONDE ȘI PRIZE DE PRESIUNE

Presiunea fluidului se măsoară la nivelul prizelor de presiune. Modelul de priză de presiune depinde de presiunea de măsurată. Debitul, diametrul și localizarea prizelor de presiune trebuie să fie realizate conform normei ISO 5167.

Presiunea totală a fluidului

Presiunea totală a fluidului se măsoară cu ajutorul unei sonde (tub Pitot) care anulează viteza fluidului și convertește presiunea dinamică într-o presiune măsurabilă, numită și presiunea de oprire.

Presiunea statică

Presiunea statică a fluidului se măsoară fără anularea curgerii. Presiunea statică poate fi măsurată prin intermediul prizelor de presiune din peretele conductei.

Presiunea dinamică

Presiunea dinamică a fluidului este diferența între presiunea totală și presiunea statică.

O măsurare a diferenței de presiune între o priză de presiune statică și o priză de presiune totală dă presiunea dinamică. Un tub Prandtl dublu permite combinarea a două tipuri de măsurări.

5.4.2 ECHIPAMENTUL

Aparatele de măsurare a presiunii se împart în 3 categorii după modul lor de funcționare:

- manometre absolute care dau semnalul de ieșire raportat la vidul absolut,

- manometre relative care măsoară diferența de presiune raportată la presiunea atmosferică,
- manometre diferențiale, care măsoară diferența între două nivele de presiune
- tuburi Pitot.

Unii senzori de presiune se bazează pe elasticitatea materialelor pentru determinarea presiunii. Sub efectul presiunii, elementul lor sensibil își schimbă forma. Modificarea de formă poate fi amplificată și afișată de exemplu de un indicator cu cadran. Alungirile sau transformările de amplitudine mică pot fi măsurate prin mijloace electronice de tipul:

- potențiometre,
- transformatoare variabile liniare diferențiale,
- senzori capacitivi,
- senzori inductivi,
- elemente piezoelectrice.

Performanțele, plaja de măsură, precizia, dinamica etc. senzorilor de presiune depinde de construcția proprie și nu pot să facă obiectul nici unei informații generale.

Manometrul cu tub în formă de U

Într-un tub în formă de U (vezi fig. 2) se află un lichid manometric de masă volumică cunoscută. Cele două capete ale tubului sunt racordate la prizele de măsurare a presiunii.

Presiunea diferențială între cele două prize este proporțională cu diferența de înălțime între coloanele de lichid. Presiunea diferențială se calculează cu formula:

$$\Delta p = (\rho_{lm} - \rho_l) g \Delta h, \quad (3)$$

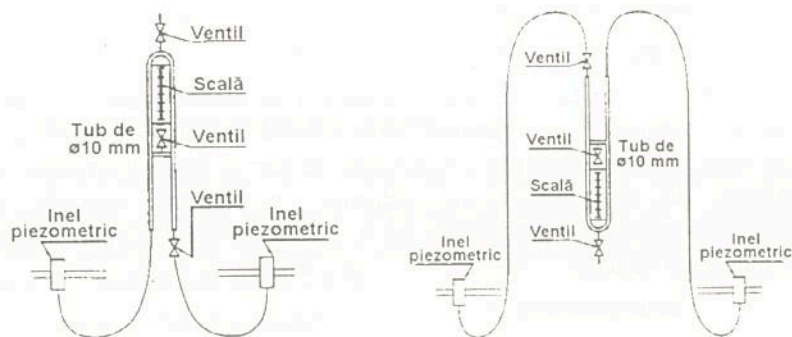
unde:

ρ_{lm} = masa volumică a lichidului manometric, ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$),

ρ_l = masa volumică a lichidului măsurat, ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$),

g = accelerația gravitațională ($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$),

Δh = diferența de înălțime între coloanele de lichid manometric, (m).



a) Cu lichid și pernă de aer b) Cu mercur

Fig. 2 : Manometru diferențial cu tub "U" și poziționarea în instalație funcție de tipul manometrului.

Pentru ameliorarea erorii și a plajei de măsură, se pot înclina brațele tubului sau se pot găsi alte mijloace pentru a facilita sau ameliora citirile.

La măsurările de presiune (diferență de presiune) ale aerului se utilizează manometre cu tub U înclinate cât și micromanometre înclinate.

5.4.3 OPERAȚIUNI PREGĂTITOARE

După ce s-a precizat obiectivul de măsurat, se aleg prizele de presiune care permit obținerea presiunii căutate.

5.4.3.1 Instalarea

Manometrele se racordează la prize de măsurare a presiunii, practicate în conducte.

Prizele de măsurare a presiunii se aplică la suprafața țevii de racord prin diferite procedee specifice, ca de exemplu cel indicat în fig. 3.

Prizele de măsurare a presiunii trebuie să fie situate - pe cât posibil - în mijlocul unei porțiuni drepte a conductei de diametru constant, iar în cazul încercării unor echipamente acest diametru trebuie să fie și egal cu cel al racordurilor respectivului echipament.

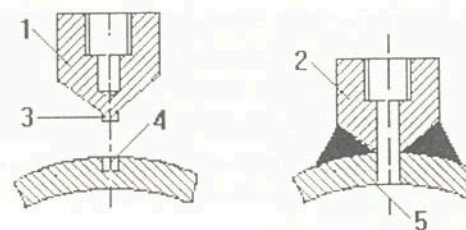


Fig. 3: Priza de presiune aplicată la suprafața conductei prin sudare

- 1 - piesa de racord (înainte de străpungere a țevii)
- 2 - piesa de racord (după străpungere a țevii)
- 3 - element de ghidare
- 4 - orificiu de ghidare
- 5 - țeava de racord

În mod normal, între prizele de presiune și echipamentele de măsurat se vor monta robinete de izolare care facilitează montajul și protejează traductoarele în timpul instalării.

Aceste robinete pot servi și la eliminarea pulsațiilor de presiune. Trebuie de asemenea prevăzute, la instalare, mijloace pentru curățarea și controlul prizelor de presiune.

La instalarea sistemelor de măsurare a presiunii lichidelor, se vor lua măsuri pentru eliminarea riscurilor de prezență a bulelor de aer în conducte. În acest scop, se va urmări pozarea corectă a conductelor și se vor prevedea vase de colectare a aerului și ventile de aerisire.

5.4.3.2 Amplasarea

Prizele de presiune nu perturbă în general curgerea fluidelor, așa că pot fi situate în locurile cele mai comode pentru măsurare.

Totuși, atunci când se alege amplasamentul prizelor de presiune, se va ține cont de eventualitatea condensării, a apariției bulelor de gaz sau a particulelor solide din fluid.

5.4.3.3 Eroarea de măsurare statică

Diferența între presiunea reală a fluidului și presiunea măsurată prin senzor trebuie să fie cât mai mică. Eventualele diferențe sunt privite ca erori a căror evitare se poate face, într-o oarecare măsură, prin înlăturarea cauzelor care le provoacă.

Tabelul 6 prezintă câteva dintre cele mai frecvente cauze ale erorilor de măsură statică și arată exemple de acțiuni pentru a le remedia.

Tabelul 6 - Erori de măsurare statică, cauze și remedii

Cauză	Remediu
Fisură între priza de presiune și senzor	Îmbunătățirea etanșeității.
Prize de presiune prost concepute duc la erori de măsurare datorate presiunilor parazite.	Reglarea prizelor de presiune astfel încât să se realizeze măsurări fără perturbații.
Poziție incorectă a sondei în curent.	Corijarea aliniamentului sondelor.
Acumularea de gaz în racorduri în timpul măsurărilor de presiune de lichid.	Aerisirea conductei de racord. Schimbarea locurilor de montare a prizelor de presiune.
Diferențe de înălțime piezometrică între puncte de măsură.	Corectarea rezultatelor pentru a ține cont de această diferență.

5.4.3.4 Alte prescripții privind traductoarele de presiune și instalarea lor

Punctele de măsurare a presiunii trebuie să fie situate pe o porțiune rectilinie a țevii, de diametru constant, egal celui al racordurilor instalației / echipamentului termic, având lungimea egală cu de zece ori diametrul, fără condiții impuse de izolare termică.

Aceste puncte trebuie să fie plasate între punctele de măsurare a temperaturii și racordurile echipamentului termic.

La instalarea traductoarelor de presiune se vor lua în considerare și următoarele prevederi de mai jos, cu specificarea că măsurile practice prin care ele pot fi aplicate fiind foarte diverse și particulare cazurilor specifice ce pot apare (rămâne în sarcina operatorului găsirea manierei celei mai adecvate de respectare a lor):

- montajul trebuie să reziste la contractările mecanice datorate de exemplu presiunii și vibrațiilor,
- traductorul și cablajul electric trebuie să fie protejate contra deteriorărilor,
- traductorul trebuie să fie instalat astfel încât să poată fi curățat cu ușurință când este nevoie,
- traductorul și restul instalației trebuie să reziste la uzura datorată fluidului,
- traductorul și restul instalației trebuie să reziste la acțiunea chimică a fluidelor și a mediului înconjurător,
- scurgerile de fluid care influențează rezultatele măsurărilor și mediul înconjurător sunt interzise,
- instalarea traductoarelor trebuie să țină cont de riscul de explozie.

5.4.4 PREZENTAREA MĂSURĂRILOR DE PRESIUNE

Următoarele date (în totalitate sau doar parțial) ce se referă la măsurările de presiune trebuie să figureze în raportul de încercare:

* Numele fabricantului, numărul de serie și tipul traductorului de presiune.

- * Specificarea incertitudinii admise de aparat.
- * Specificarea modului de instalare a prizelor de presiune.
- * Specificarea localizării prizelor de presiune.
- * Specificarea presiunii medii pe durata măsurării.
- * Specificarea abaterilor față de presiunea medie din timpul perioadei de măsurare.

5.5. Măsurări geometrice

Măsurarea lungimilor, lățimilor, înălțimilor și grosimilor diverselor elemente de construcție ale clădirii (pereți, ferestre, uși, pardoseală, plafoane etc.), ale lungimilor și diametrelor țevelor din instalație, ale grosimii izolației termice a țevelor, precum și ale dimensiunilor de gabarit ale diverselor echipamente și aparate utilizate în instalații se vor realiza cu ajutorul unor instrumente și aparate specifice.

Pentru măsurarea lungimilor, lățimilor, înălțimilor sau grosimilor se pot folosi panglicile sau ruletele cu lungimi de 1, 2, 5, 10, 15, 25, 25, 30, 35, 50 sau 100 m și cu lățimea de 10 sau 13 mm. Panglicile sau ruletele sunt gradate la milimetru pe toată lungimea acestora și sunt confecționate fibră de sticlă ranforsată sau plastic.

Precizia de măsurare cu o panglică sau ruletă este de $\pm 3 \text{ cm} / 100 \text{ m}$. Eroarea medie pătratică a măsurării unei singure dimensiuni cu panglica sau ruleta este dată de relația:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{[y^2]}{n-1}}$$

în care

$$[y^2] = y_1^2 + y_2^2 + \dots + y_n^2$$

iar y_1, y_2, \dots, y_n sunt erori aparente și n reprezintă numărul de măsurări efectuate pentru o dimensiune.

OBSERVAȚIE:

Precizia de măsurare dorită a unei dimensiuni, E , se determină ca raport între precizia instrumentului utilizat, A , și numărul de măsurări necesare preciziei dorite, N . Astfel, pentru un aparat de măsurare a lungimilor dat, se determină numărul minim de măsurări necesare pentru o anumită dimensiune:

$$N = \frac{A}{E}$$

Pentru măsurarea poziției planimetrice a colțurilor clădirilor sau a înălțimii acestora se folosesc aparate de măsurat unghiuri orizontale, verticale sau distanțe (indirect): teodolite, tahimetre sau nivelmetre.

Măsurarea unghiurilor orizontale și verticale se realizează în tur de orizont, pentru verificarea acestora. Eroarea de neînchidere în turul de orizont trebuie să fie mai mică decât toleranța din turul de orizont, T_{TO} :

$$T_{TO} = p \sqrt{n}$$

în care

p - precizia de măsurare a unghiurilor cu teodolitul,

n - numărul direcțiilor măsurate în turul de orizont.

La măsurarea înălțimilor se folosesc metoda nivelmentului geometric sau a nivelmentului trigonometric.

Nivelmentul geometric utilizează principiul vizei orizontale față de care se măsoară toate înălțimile pe miră. Erorile de citire pe miră trebuie să se încadreze în limita:

$$\frac{c_s + c_j}{2} = c_m \pm 1 \text{ mm}$$

unde

c_s - citirea de sus la firul reticular stadimetric pe miră,

c_j - citirea de jos la firul reticular stadimetric pe miră,

c_m - citirea la firul reticular de mijloc (nivelor) pe miră.

Nivelmentul trigonometric se utilizează pentru determinarea diferențelor de nivel (Δz), a distanțelor măsurate direct sau indirect și a unghiurilor verticale. Preciziile de măsurare se definesc în funcție de elementele măsurate (distanțe și unghiuri), în concordanță cu cele prezentate mai sus.

5.6. Incertitudinea măsurărilor

Incertitudinea admisă precum și cea permisă⁸ (indicată în paranteză) pentru diverse măsurări este dată în tabelul 7.

Tabelul 7 - Incertitudinile de măsurare a diverselor mărimi

Mărimă măsurată	Incertitudini de măsurare admise (permisă*)
Temperaturi	Până la 100°C: $\pm 0,1\text{K}$ ($\pm 0,2\text{K}$) Peste 100°C: $\pm 0,5\text{K}$
Debit	$\pm 2\%$ din valoarea citită
Presiune a apei	$\pm 10\text{ kPa}$
Pierdere de sarcină a apei	$\pm 1,0\%$ din valoarea citită sau 2 kPa (se aplică valoarea mai mare)
Diferență de presiune a aerului	$\pm 2,5\text{ Pa}$ sau $\pm 5\%$
Număr de schimburi de aer	$\pm 12\%$
Măsurări geometrice: ▪ Dimensiuni: lungimi, grosimi, diametre etc. ▪ Unghiuri	$T_l = l \sqrt{2}$ $T_\alpha = p \sqrt{n}$

⁸ Când nu se dispune de aparate de măsură mai precise.

6. PROCEDURI DE EFECTUARE A MĂSURĂRILOR

6.1. Procedură generală de măsurare a parametrilor apei din instalații

Această procedură se poate aplica la următoarele măsurări / încercări în instalațiile aferente construcțiilor:

- măsurarea temperaturilor apei (apă rece, apă caldă de consum, tur secundar, retur secundar)
- măsurarea debitelor de apă (apă rece, apă caldă de consum, apă de încălzire)
- măsurarea presiunilor apei (apă rece, apă caldă de consum, apă de încălzire)
- măsurarea pierderilor de sarcină ale apei (apă rece, apă caldă de consum, apă de încălzire).

6.1.1 IDENTIFICAREA INSTALAȚIEI / ECHIPAMENTULUI TERMIC SUPUS INVESTIGAȚIEI

Înainte de executarea oricăror măsurări sau încercări, instalația / echipamentul ce urmează a fi investigat trebuie mai întâi identificat pe teren (*in situ*), comparându-se datele din proiectul instalației respective sau din documentația tehnică a echipamentului cu cele din realitate.

6.1.2 ALEGEREA LOCULUI DE INSTALARE A APARATELOR DE MĂSURĂ

Cu ocazia vizitei *in situ*, se alege în mod judicios o porțiune în instalație sau în vecinătatea echipamentului investigat în care s-ar putea instala aparatele de măsură necesare pentru mărimile ce urmează a fi măsurate (temperaturi, debite, presiuni).

Zona respectivă trebuie să permită accesul ușor al persoanelor care urmează a efectua instalarea și citirea aparatelor de măsură; totodată se va avea grijă ca activitățile ce se desfășoară

În mod curent în jurul ei să nu periclitaze siguranța și integritatea aparatelor de măsură.

Tot cu această ocazie, se măsoară anumite dimensiuni ale țevilor instalației (lungimi, diametre) care pot interesa la alegerea și instalarea corecte a aparatelor de măsură.

6.1.3 ALEGEREA APARATELOR DE MĂSURĂ ȘI PREGĂTIREA LOR PENTRU ÎNCERCĂRI

Se aleg aparate de măsură necesare pentru mărimea sau mărimile fizice ce urmează a fi măsurate, cu domeniu de măsură adecvat parametrilor maximi ale instalației / echipamentului investigat, cu incertitudinea de măsură conform prevederilor art. 5.6 și cu o rezistență bună la condițiile de mediu de la locul efectuării măsurării.

La alegerea lor, se va ține cont de prevederile art. 5.2.1-5.2.4 și de indicațiile producătorilor de aparate de măsură conținute în prospectele aparatelor.

La măsurările de temperaturi (a se vedea și art. 5.2) se pot utiliza următoarele aparate:

- termometre cu lichid
- termocuple legate la un aparat indicator / înregistrator
- termorezistență legate la un aparat indicator / înregistrator.

La măsurările de debite (a se vedea art. 5.3) se pot utiliza:

- debitmetre de diverse tipuri, adecvate fluidului măsurat
- diafragme etalonate și manometre diferențiale tip U
- rotametre, adecvate fluidului măsurat.

La măsurările de presiune și de presiune diferențială (a se vedea art. 5.4) se pot utiliza:

- manometre absolute și relative, adecvate fluidului măsurat
- manometre diferențiale U cu mercur sau cu apă și pernă de aer.

Aparatele vor fi pregătite pentru încercări astfel: se verifică vizual dacă sunt nedeteriorate și în bună stare de funcționare și dacă posedă vize și buletine de verificare metrologică în vigoare.

În cazul în care aparatele nu au viză metrologică sau este expirată, ele se trimit la verificări metrologice la laboratoare metrologice autorizate.

6.1.4 INSTALAREA APARATELOR DE MĂSURĂ

Se vor instala la obiectivul investigat numai aparate de măsură în bună stare și verificate metrologic.

În vederea instalării anumitor aparate, este necesar ca în instalație, în punctele de măsură alese conform art. 6.1.2 să se sudeze teci (hilze), prize, flanșe sau alte accesorii necesare, respectându-se indicațiile producătorului aparatelor de măsură sau cele ale altor reglementări tehnice în vigoare (spre exemplu: pentru instalarea termometrelor, termocuplelor sau a termorezistențelor în conducte se va vedea fig. 1, iar pentru instalarea manometrelor se va vedea fig. 2 și 3).

Aparatele de măsură trebuie instalate conform indicațiilor producătorului sau ale unor reglementări tehnice în domeniu, respectându-se și prevederile specifice fiecărei categorii de aparate de măsură date la art. 5.2.2.1, 5.2.2.2. și 5.2.2.4 (pentru temperaturi), art. 5.3.2.1, 5.3.2.2 și 5.3.2.4 (pentru debite) și la art. 5.4.3.1, 5.4.3.2 și 5.4.3.4 (pentru presiuni).

La instalarea aparatelor de măsură se va ține cont și de poziția relativă a acestora în raport cu sensul de curgere al fluidului măsurat, atunci când acest lucru contează asupra corectitudinii și preciziei măsurării (de exemplu: pentru termometre, termocuple sau termorezistențe cufundate în apă și instalate înclinat în conducte drepte sau instalate în coturi, trebuie respectat sensul apei prezentat în fig. 1 b) și 1 c)).

După instalare, aparatele de măsură se pun în funcțiune, se execută aerisirea lor - dacă este cazul - precum și anumite manevre

specifice, conform indicațiilor producătorului, pentru verificarea corectitudinii măsurărilor.

6.1.5 PERIOADA PREGĂTITOARE A MĂSURĂRII / ÎNCERCĂRII

În această perioadă instalația / echipamentul investigat trebuie să fie în funcțiune. Cu ajutorul aparatelor de măsură, se măsoară și înregistrează parametri doriți (temperaturi, debite sau presiuni), conform indicațiilor art. 5.1.

În cazul în care pentru anumite investigații sunt necesare măsurări de temperatură și debite în condiții de regim permanent de funcționare a instalațiilor / echipamentelor termice supuse măsurării / încercării, condițiile de regim permanent se consideră atinse atunci când variațiile și fluctuațiile periodice ale mărimilor măsurate rămân în limitele a $\pm 0,5$ K (temperaturi) și $\pm 1,5$ % (debite), față de valoarea lor medie.

Pentru constatarea atingerii și menținerii regimului permanent, este necesară înregistrarea parametrilor fluidului cel puțin într-un punct de măsură pe fiecare circuit al instalației / echipamentului termic investigat.

6.1.6 PERIOADA PROPRIU-ZISĂ DE MĂSURARE / ÎNCERCARE

La instalațiile / echipamentele termice care necesită măsurări în regim permanent, încercarea începe după constatarea instalării și menținerii condițiilor de regim permanent specificate la art. 6.1.5.

Durata încercării depinde de obiectivul investigat, de mărimea măsurată, de posibilitățile de menținere a regimului permanent atunci când acesta este necesar, și ea se stabilește conform art. 5.1.4.

Pe durata măsurărilor, în punctul de măsură ales, prevăzut cu aparat de măsură, se efectuează mai multe citiri succesive ale aceluiași parametru al fluidului, conform art. 5.1.3.

În cazul în care investigarea unui punct de funcționare al unei instalații / echipament termic presupune măsurarea aproape

simultană a mai multor mărimi, citirea indicațiilor aparatelor de măsură se va efectua conform art. 5.1.5.

Pe durata încercării sunt citite și/sau înregistrate toate valorile parametrilor mășurați.

6.1.7 PRELUCRAREA REZULTATELOR

Din seria valorilor citite sau înregistrate se elimină valorile aberante.

Din valorile rămase, se calculează o valoare medie statistică (medie aritmetică) la fiecare parametru măsurat, aferent unui punct de funcționare al instalației sau echipamentului investigat, cu relațiile următoare:

$$\text{- temperatură: } t = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (t)_i}{n} \quad (^\circ\text{C}) \quad (4)$$

$$\text{- debit: } q = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (q)_i}{n} \quad (\text{kg/s}) \quad (5)$$

$$\text{- presiune: } p = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (p)_i}{n} \quad (\text{Pa}) \quad (6)$$

$$\text{- presiune diferențială: } \Delta p = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (\Delta p)_i}{n} \quad (\text{Pa}) \quad (7)$$

La măsurările de debit efectuate cu aparatură de măsură pentru debite volumice de fluid q_v , debitele masice corespunzătoare q_m se calculează aplicând relația:

$$q_m = q_v \cdot \rho \quad (\text{kg/s}) \quad (8)$$

Densitatea apei ρ se ia din tabelele cu proprietățile apei; pentru calcule mai puțin precise se poate considera $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

La măsurările de presiune diferențială (efectuate pentru determinarea debitului de apă cu diafragme sau pentru determinarea pierderilor de sarcină hidrodinamice ale unei instalații / echipament), valorile presiunii diferențiale se calculează din indicațiile Δh ale manometrului diferențial U cu mercur aplicând relația:

$$\Delta p = \Delta \rho g \Delta h \quad (\text{Pa}) \quad (9)$$

în care $\Delta \rho$ este diferența între densitatea mercurului și densitatea apei: $\Delta \rho = 12590 \text{ kg/m}^3$. În cazul utilizării unui manometru diferențial U cu apă și pernă de aer, din relația (9) are valoarea:

$$\Delta \rho = \rho_{\text{apă}} - \rho_{\text{aer}} \cong \rho_{\text{apă}} \quad (\text{kg/m}^3) \quad (10)$$

6.1.8 PREZENTAREA REZULTATELOR ÎNCERCĂRII

Se va face printr-un raport de încercare întocmit în conformitate cu prevederile standardului SR EN 45001 și cu indicațiile prezentei reglementări, conținute în art. 5.2.3, 5.3.3 și 5.4.3.

6.2. Procedură pentru măsurarea temperaturii, debitului și presiunii aerului

Această procedură servește la măsurarea temperaturilor aerului din clădire (temperaturi interioare) și din afara clădirii (temperaturi exterioare), la măsurarea debitului de aer și la măsurarea presiunii (diferenței de presiune) pentru determinarea schimburilor de aer ale clădirii, necesare la diverse calcule ce se întocmesc cu ocazia expertizei / auditului energetic a unei clădiri și a instalațiilor aferente cât și pentru diverse alte cercetări.

6.2.1 IDENTIFICAREA CLĂDIRII ȘI INSTALAȚIEI DE ÎNCĂLZIRE

Similar prevederilor art. 6.1.1.

6.2.2 ALEGEREA LOCULUI DE INSTALARE A APARATELOR DE MĂSURĂ

Similar prevederilor art. 6.1.2, cu specificarea că temperatura interioară a unei încăperi va trebui măsurată în axul central al încăperii, la 0,75 m de pardoseală; în funcție de scopul cercetării, măsurările se pot efectua în oricare alte puncte ale încăperii.

La măsurările de presiune (diferențe de presiune) ale aerului, localizarea aparatelor de măsură se va face conform indicațiilor de la art. 6.6.

6.2.3 ALEGEREA APARATELOR DE MĂSURĂ

Similar prevederilor art. 6.1.3.

În mod curent, pentru măsurarea **temperaturii aerului** se utilizează termometre cu lichid, termocuple legate la un aparat indicator / înregistrator de precizie adecvată, termorezistențe legate la un aparat indicator / înregistrator de precizie adecvată.

La măsurările de **debit ale aerului**, se pot utiliza: diafragmă (sau oricare alt dispozitiv de strângere standardizat) + manometru înclinat sau micromanometru; tub Pitot-Prandtl pentru măsurarea presiunii dinamice a aerului în mișcare.

La măsurările de **presiune (diferență de presiune)** se pot utiliza: tub Pitot-Prandtl și manometru diferențial înclinat; manometru înclinat sau micromanometru.

6.2.4 INSTALAREA APARATELOR DE MĂSURĂ

La instalarea aparatelor de măsură se va ține seama de indicațiile producătorului.

Termometrul, termocuplul sau termorezistența folosite la măsurarea temperaturii aerului se instalează în axul central al încăperii la 0,75 m de pardoseală sau și în alte puncte, după necesități, iar senzorul de temperatură al aparatului se protejează contra radiației termice prin dispunerea lui într-un cilindru metalic (pentru a nu vicia rezultatele măsurării).

Aparatele de măsură a debitului de aer se instalează conform art. 5.3.1.2 și indicațiilor producătorului.

Aparatele de măsură a presiunii (diferențe de presiune) a aerului se instalează conform art. 5.4.1 și indicațiilor producătorului.

6.2.5 PERIOADA PREGĂTITOARE A MĂSURĂRII

Ea se stabilește funcție de obiectivul urmărit. Pe parcursul ei se fac câteva măsurări de temperatură / presiune pentru a se constata cum evoluează ele în timp.

6.2.6 PERIOADA PROPRIU-ZISĂ DE MĂSURARE

Similar prevederilor art. 6.1.6. Ea depinde de scopul și amploarea expertizei; poate varia de la 1/4 oră la mai multe zile.

6.2.7 PRELUCRAREA REZULTATELOR

Din seria valorilor citite sau înregistrate, se elimină valorile aberante.

Din valorile rămase, se calculează o valoare medie statistică (medie aritmetică) a temperaturii / presiunii aerului aferentă unui regim de funcționare al instalației sau echipamentului investigat, folosind relațiile (4) – (7).

6.2.8 PREZENTAREA REZULTATELOR

Se va face printr-un raport de încercare întocmit în conformitate cu prevederile standardului SR EN 45001 și cu indicațiile prezentei reglementări, conținute în art. 5.2.3.

6.3. Procedură pentru măsurarea cantității de căldură în instalații

Această procedură servește la determinarea experimentală *in situ* a cantității de căldură pentru încălzire și respectiv pentru prepararea apei calde de consum la instalații aferente unei clădiri.

6.3.1 IDENTIFICAREA INSTALAȚIEI / ECHIPAMENTULUI TERMIC SUPUS INVESTIGĂRII

Similar prevederilor din art. 6.1.1.

6.3.2 ALEGEREA LOCULUI DE INSTALARE A APARATELOR DE MĂSURĂ

Similar prevederilor din art. 6.1.2.

6.3.3 ALEGEREA APARATELOR DE MĂSURĂ ȘI PREGĂTIREA LOR PENTRU ÎNCERCĂRI

Similar prevederilor din art. 6.1.3.

Se vor alege aparate de măsură adecvate pentru temperaturi (termometre, termocuple legate la un aparat indicator / înregistrator sau termorezistențe legate la un aparat indicator / înregistrator) și respectiv pentru debite (diafragme etalonate + manometru diferențial U, debitmetre, rotametre).

OBSERVAȚIE: Contorul de căldură trebuie ales astfel încât să corespundă domeniului de măsură (debite, temperaturi), altfel erorile de măsură pot fi foarte mari.

6.3.4 INSTALAREA APARATELOR DE MĂSURĂ

Similar prevederilor art. 6.1.4. Aparatele de măsură se montează pe conductele de racord ale instalației investigate.

La instalare, se vor respecta indicațiile producătorului sau ale unor reglementări tehnice în vigoare în ceea ce privește:

- distanțe / poziții relative între diversele aparate de măsură,

- distanțe prescrise între aparatele de măsură și instalația / echipamentul termic supus investigației,

- distanțe prescrise între aparatele de măsură și unele componente ale instalației (coturi, robinete ș.a.).

6.3.5 PERIOADA PREGĂTITOARE A ÎNCERCĂRII

Similar prevederilor din art. 6.1.5.

NOTA: Echipamentele termice care necesită determinarea caracteristicilor funcționale în regim permanent sunt schimbătoarele de căldură și cazanele.

6.3.6 PERIOADA PROPRIU-ZISĂ DE ÎNCERCARE

Similar prevederilor din art. 6.1.6.

Pe durata încercării se măsoară și înregistrează - după caz - următoarele valori ale parametrilor instalației / echipamentului investigat, adecvate scopului încercării:

a) La instalațiile / echipamentele de încălzire:

- temperaturile de ducere și de întoarcere ale agentului termic primar (dacă este cazul)
- temperaturile de ducere și întoarcere ale agentului termic secundar (ale apei din instalația interioară de încălzire)
- debitul agentului termic primar (dacă este cazul)
- debitul agentului termic secundar (al apei din instalația / echipamentul termic investigat).

b) La instalațiile / echipamentele de preparare a apei calde de consum:

- temperaturile de ducere și întoarcere ale agentului termic primar / încălzitor
- temperatura apei reci
- temperatura apei calde de consum
- debitul agentului termic primar / încălzitor
- debitul de apă rece
- debitul de apă caldă de consum.

6.3.7 PRELUCRAREA REZULTATELOR

Din seria valorilor citite sau înregistrate, se elimină valorile aberante.

Din valorile rămase, se calculează o valoare medie statistică (medie aritmetică) la fiecare parametru măsurat aferent unui punct de funcționare al instalației sau echipamentului investigat, utilizând pentru temperaturi relația (4), pentru debite relația (5), pentru presiune diferențială relația (7) de la art. 6.1.7.

La măsurările de debit efectuate cu aparatură de măsură pentru debite volumice de fluid, debitele masice corespunzătoare se calculează aplicând relația (8).

Densitatea apei ρ se ia din tabelele cu proprietățile fizice ale apei; pentru calcule mai puțin precise, se poate considera $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

La măsurările de debit de apă efectuate cu diafragme etalonate, valorile presiunii diferențiale Δp se calculează din indicațiile Δh ale manometrului diferențial U cu mercur aplicând relația (9), cu specificarea că $\Delta \rho = 12590 \text{ kg/m}^3$. În cazul utilizării unui manometru diferențial U cu apă și pernă de aer, $\Delta \rho \cong \rho_{\text{apă}}$.

Consumul de căldură al unei instalații / echipament termic se calculează cu relația:

$$Q = \int_0^{\tau} (q_m \cdot c \cdot \Delta t) d\tau = c \int_0^{\tau} (q_m \cdot \Delta t) d\tau \quad (\text{J}) \quad (11)$$

în care:

Q este cantitatea de căldură, în J

q_m - debitul masic de apă, în kg/s

c - căldura specifică masică a apei la presiune constantă, în J/kg K (se ia din tabelele cu proprietățile apei); de regulă, se consideră $c = 4186,8 \text{ J/kg K}$

Δt - diferența de temperatură (în mărime absolută) între temperatura de intrare și cea de ieșire din

instalație/echipament încercat, pe unul din circuitele apei, în K, calculată cu relația:

a) La instalația de încălzire:

$$\Delta t = t_i - t_r \quad (\text{K}) \quad (12)$$

în care t_i , t_r sunt temperaturile de ducere (tur), respectiv de întoarcere (retur) ale instalației de încălzire.

b) La un echipament termic de încălzire:

- pe circuitul primar: $\Delta t_1 = t_{11} - t_{12} \quad (\text{K}) \quad (13)$

- pe circuitul secundar: $\Delta t_2 = t_{22} - t_{21} \quad (\text{K}) \quad (14)$

în care: t_{11} , t_{12} - temperatura agentului termic primar la intrarea, respectiv la ieșirea din echipamentul investigat, în °C

t_{21} , t_{22} - temperatura agentului termic secundar la intrarea, respectiv la ieșirea din echipamentul investigat, în °C.

OBSERVAȚIE: Temperaturile $t_{21} \cong t_r$ și $t_{22} \cong t_i$. (15)

c) La un echipament termic de preparare a apei calde de consum:

- pe circuitul primar: Δt , se calculează cu relația (13)

- pe circuitul secundar: $\Delta t_2 = t_{22} - t_{21} \quad (\text{K}) \quad (16)$

în care:

t_{11} , t_{12} - temperatura agentului termic primar la intrarea, respectiv la ieșirea din echipamentul investigat, în °C

t_{21} , t_{22} - temperatura agentului termic secundar la intrarea, respectiv la ieșirea din echipamentul investigat, în °C.

NOTA: Temperatura t_{21} este temperatura apei reci în cazul instalațiilor de apă caldă de consum fără recirculare și respectiv este temperatura amestecului dintre apa rece și

apa recirculată în cazul instalațiilor de apă caldă cu recirculare. În ambele situații, t_{22} reprezintă temperatura apei calde de consum.

Integrarea produsului valorilor Δt și q_m din relația (11), se face folosind înregistrările simultane ale parametrilor măsoarați pe banda de hârtie a aparatelor de înregistrare a temperaturilor și debitelor de apă. Pe aceste benzi de hârtie trebuie înscrise de către operator ora de început a înregistrărilor, anumite ore intermediare, ora de terminare a înregistrărilor, precum și viteza de înaintare a benzii aparatului. Se alege intervale mici de timp $\Delta \tau$ (de ordinul minutelor), se împarte banda potrivit lor și se citește sau se calculează de pe bandă valoarea medie a parametrului/parametrilor măsoarați, corespunzătoare fiecărui interval de timp $\Delta \tau$.

Perechile de valori medii și simultane Δt și q_m servesc apoi la operațiunea de integrare manuală a rezultatelor, conform relației (11).

NOTĂ: În cazul în care la măsurarea consumului de căldură s-a utilizat contor de căldură (existent în instalație), cantitatea de căldură Q măsurată pe durata încercării rezultă prin scăderea indexului contorului de la începutul încercării din indexul contorului de la terminarea încercării.

6.3.8 PREZENTAREA REZULTATELOR ÎNCERCĂRII

Se va face printr-un raport de încercare întocmit în conformitate cu prevederile standardului SR EN 45001 și cu indicațiile prezentei reglementări, conținute în art. 5.2.3, 5.3.3 și 5.4.3.

6.4. Procedură generală de încercare a unui echipament termic

Această procedură servește la determinarea puterii termice și a pierderii de sarcină hidrodinamice la echipamentele termice din instalațiile de încălzire și de preparare a apei calde de consum aferente clădirilor.

6.4.1 IDENTIFICAREA ECHIPAMENTULUI TERMIC SUPUS INVESTIGĂRII

Similar prevederilor din art. 6.1.1.

6.4.2 ALEGEREA LOCULUI DE INSTALARE A APARATELOR DE MĂSURĂ

Similar prevederilor din art. 6.1.2.

6.4.3 ALEGEREA APARATELOR DE MĂSURĂ ȘI PREGĂTIREA LOR PENTRU ÎNCERCĂRI

Similar prevederilor din art. 6.1.3.

Se vor alege aparate de măsură adecvate scopului încercării și parametrilor necesari a fi măsurați:

a) Pentru măsurarea puterii termice:

- pentru temperaturi: termometre, termocuple legate la un aparat indicator/înregistrator sau termorezistențe legate la un aparat indicator/înregistrator
- pentru debite: diafragme etalonate + manometre diferențiale U cu mercur sau cu apă și pernă de aer, debitmetre sau rotametre.

b) Pentru determinarea pierderii de sarcină hidrodinamică:

- pentru presiuni diferențiale: manometre diferențiale U cu mercur sau cu pernă de aer
- pentru debite: diafragme etalonate + manometre diferențiale U cu mercur sau cu apă și pernă de aer, debitmetre sau rotametre.

6.4.4 INSTALAREA APARATELOR DE MĂSURĂ

Similar prevederilor art. 6.1.4 și 6.3.4.

6.4.5 PERIOADA PREGĂTITOARE A ÎNCERCĂRII

Similar prevederilor din art. 6.1.5, cu specificarea că la echipamentele termice este necesar un regim permanent de funcționare.

6.4.6 PERIOADA PROPRIU-ZISĂ DE ÎNCERCARE

Similar prevederilor din art. 6.1.6. La cazane, măsurările se efectuează în condiții cât mai apropiate de regimul permanent.

Încercarea se efectuează la debitele și temperaturile posibil de realizat *in situ* la echipamentul respectiv; este preferabil să se efectueze măsurări pentru mai multe puncte de funcționare.

Pe durata încercării se măsoară și înregistrează - după caz - valorile parametrilor echipamentului investigat, adecvate scopului încercării (temperaturi și debite ale agentului termic primar, ale apei din instalația de încălzire, sau ale apei reci și calde; presiuni diferențiale ale agentului termic primar și secundar cât și ale apei reci și calde de consum) .

Funcție de destinația echipamentului termic, se măsoară următorii parametri:

a) La instalațiile / echipamentele de încălzire:

- temperaturile de ducere și de întoarcere ale agentului termic primar
- temperaturile de ducere și întoarcere ale agentului termic secundar (ale apei din instalația interioară de încălzire)
- debitul agentului termic primar
- debitul agentului termic secundar
- pierderea de sarcină hidrodinamică pe circuitele primar și secundar ale echipamentului.

b) La echipamentele de preparare a apei calde de consum:

- temperatura apei reci (sau a amestecului dintre apa rece și apa recirculată)
- temperatura apei calde de consum
- debitul de apă rece
- debitul de apă caldă de consum
- pierderea de sarcină hidrodinamică pe circuitele primar și secundar ale echipamentului.

6.4.7 PRELUCRAREA REZULTATELOR

Din seria valorilor citite sau înregistrate se elimină valorile aberante.

Din valorile rămase, se calculează o valoare medie statistică (medie aritmetică) la fiecare parametru măsurat, aferentă unui punct de funcționare al echipamentului investigat, utilizând pentru temperaturi relația (4), pentru debite relația (5), pentru presiune diferențială relația (7) de la art. 6.1.7.

La măsurările de debit efectuate cu aparatură de măsură pentru debite volumice de fluid, debitele masice corespunzătoare se calculează aplicând relația (8).

Densitatea apei ρ se ia din tabelele cu proprietățile apei; pentru calcule mai puțin precise se poate considera $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

La măsurările de debit efectuate cu diafragme etalonate, valorile presiunii diferențiale Δp se calculează din indicațiile Δh ale manometrului diferențial U cu mercur, aplicând relația (9), în care $\Delta \rho = 12590 \text{ kg/m}^3$. În cazul utilizării unui manometru diferențial U cu apă și pernă de aer această valoare este $\Delta \rho \cong \rho_{\text{apă}}$.

A. Calculul puterii termice

Puterea termică P a unui echipament termic se calculează ca medie aritmetică a puterilor termice măsurate pe circuitul primar P_1 și secundar P_2 ale echipamentului termic investigat, cu relația:

$$P = \frac{P_1 + P_2}{2} = \frac{q_{m1} \cdot c_1 \cdot \Delta t_1 + q_{m2} \cdot c_2 \cdot \Delta t_2}{2} \quad (\text{W}) \quad (17)$$

în care:

P este puterea termică a echipamentului termic investigat, în W

P_1, P_2 - puterea termică măsurată pe circuitul primar, secundar al echipamentului, în W

q_{m1}, q_{m2} - debitul masic de apă pe circuitul primar, secundar al echipamentului termic, în kg/s

c_1, c_2 - căldura specifică masică a apei la presiune constantă pe circuitul primar, secundar al echipamentului, în J/kg K (se ia din tabelele cu proprietățile fizice ale apei); de regulă, se consideră $c = 4186,8 \text{ J/kg K}$.

$\Delta t_1, \Delta t_2$ - diferența de temperatură (în mărime absolută) între temperatura de intrare și cea de ieșire din echipamentul încercat, pe circuitele primar respectiv secundar ale apei, în K, calculată cu relația:

a) La un echipament termic de încălzire:

- pe circuitul primar: Δt_1 se calculează cu relația (13)

- pe circuitul secundar: Δt_2 se calculează cu relația (14)

în care: t_{11}, t_{12} - temperatura agentului termic primar la intrarea, respectiv la ieșirea din echipamentul investigat, în $^{\circ}\text{C}$

t_{21}, t_{22} - temperatura agentului termic secundar la intrarea, respectiv la ieșirea din echipamentul investigat, în $^{\circ}\text{C}$.

b) La un echipament termic de preparare a apei calde de consum:

- pe circuitul primar: Δt_1 se calculează cu relația (13)

- pe circuitul secundar: Δt_2 se calculează cu relația (16)

în care: t_{11}, t_{12} - temperatura agentului termic primar la intrarea, respectiv la ieșirea din echipamentul investigat, în $^{\circ}\text{C}$

t_{21}, t_{22} - temperatura agentului termic secundar la intrarea, respectiv la ieșirea din echipamentul investigat, în $^{\circ}\text{C}$.

NOTA:

- 1) Temperatura t_{21} este temperatura apei reci în cazul instalațiilor de apă caldă de consum fără recirculare și este temperatura amestecului între apa rece și apa recirculată în cazul instalațiilor de apă caldă de

consum cu recirculare. În ambele situații, t_{22} reprezintă temperatura apei calde de consum.

- 2) În cazul în care la măsurări s-a utilizat chiar contor de căldură (existent în instalație), puterea termică P a echipamentului investigat rezultă ca raport între diferența indecșilor contorului de la momentul final respectiv inițial al încercării (în Jouli) și durata încercării τ (în secunde).

B. Calculul pierderii de sarcină hidrodinamice :

Pierderea de sarcină hidrodinamică pe circuitul primar și secundar al echipamentului termic se calculează cu relația (3) din valorile Δh citite la manometru diferențial U .

NOTA: În cazul utilizării unui manometru diferențial U cu mercur, pierderea de sarcină rezultă aplicând relația:

$$\Delta p = 12590 \cdot g \cdot \Delta h \quad (\text{Pa}) \quad (18)$$

iar la un manometru diferențial U cu apă și pernă de aer, relația:

$$\Delta p = \rho_{\text{apă}} \cdot g \cdot \Delta h \quad (\text{Pa}) \quad (19)$$

În cazul încercărilor efectuate la mai multe debite de apă, ecuația pierderii de sarcină hidrodinamice pe circuitele primar și secundar ale echipamentului termic, Δp_1 și Δp_2 , rezultă prin prelucrarea datelor experimentale (Δp , q_m) prin metoda celor mai mici pătrate:

$$\Delta p_{1,2} = f(q_{m1,2}) = a_{1,2} \cdot q_{m1,2}^{n_{1,2}} \quad (\text{Pa}) \quad (20)$$

în care:

$a_{1,2}$ - coeficienți determinați experimental pentru circuitele primar și respectiv secundar ale echipamentului

$n_{1,2}$ - exponenți determinați experimental pentru circuitele primar și respectiv secundar ale echipamentului.

6.4.8 PREZENTAREA REZULTATELOR ÎNCERCĂRII

Se va face printr-un raport de încercare întocmit în conformitate cu prevederile standardului SR EN 45001 și cu indicațiile prezentei reglementări conținute în art. 5.2.3, 5.3.3 și 5.4.3.

6.5. Procedură generală pentru determinarea randamentului cazanului

Determinarea *in situ* a randamentului cazanelor de apă caldă și fierbinte se efectuează conform Prescripțiilor tehnice ISCIR C.10-82.

În cele ce urmează se prezintă procedura generală de determinare a randamentului unui cazan de apă caldă sau fierbinte după metoda A (metoda directă) din C.10-82.

Determinarea randamentului cazanului cu metoda A (metoda directă) vizează determinarea căldurii produse de cazan (Q) și a căldurii introduse în cazan (F_c) prin combustibil (căldură disponibilă).

6.5.1 IDENTIFICAREA CAZANULUI SUPUS INVESTIGĂRII

Similar prevederilor din art. 6.1.1.

6.5.2 ALEGEREA LOCULUI DE INSTALARE A ECHIPAMENTELOR DE MĂSURĂ

Similar prevederilor din art. 6.1.3.

6.5.3 ALEGEREA APARATELOR DE MĂSURĂ ȘI PREGĂTIREA LOR PENTRU ÎNCERCĂRI

Aparatele de măsură pentru temperaturi și debite se vor alege astfel încât domeniul de măsurare, precizia și sensibilitatea fiecărui aparat să fie în concordanță cu domeniul de variație a

mărimilor măsurate și cu ponderea erorii de măsurare în calculul randamentului.

Pentru măsurarea **temperaturilor** se pot utiliza: termometre din sticlă cu lichid (de regulă, mercur) termorezistențe legate la un aparat indicator sau înregistrator de precizie adecvată sau termocuple legate la un aparat indicator sau înregistrator de precizie adecvată, având domeniul de măsură ales în funcție de temperatura maximă a cazanului.

Pentru măsurarea **debitului de apă** se poate utiliza un dispozitiv de strangulare (diafragmă, ajutoraj, tub Venturi), montat pe conducta de alimentare, și un manometru diferențial cu coloană de fluid (de regulă, mercur); oricare alt aparat de măsură indicat la art. 5.3 și adecvat situației date se poate utiliza pentru măsurarea debitului de apă.

Aceste aparate de măsură a debitului vor avea domeniul de măsură ales în funcție de debitul maxim de apă al cazanului.

Precizia aparatelor de măsură a temperaturii și a debitului de apă va fi conform art. 5.6.

Măsurarea consumului de combustibil se va face:

- prin cântărire, cu balanțe (bascule) adecvate, la combustibilul solid
- prin cântărire, sau cu ajutorul unor rezervoare calibrate (cronometrând timpul lor de umplere cu cronometru cu precizia de 1%) sau cu ajutorul unui contor adecvat și etalonat în prealabil pentru tipul de combustibil folosit și pentru condițiile specifice de funcționare, la combustibilul lichid.
- prin intermediul unui dispozitiv de strangulare și al unui manometru diferențial cu lichid⁹ sau cu ajutorul unui contor de gaze, la combustibilul gazos.

NOTA: Eroarea maximă de măsurare a consumului de combustibil depinde de aparatul de măsură folosit; orientativ se poate lua în considerație o eroare de $\pm 2\%$.

⁹ Apă, alcool, xylol etc.

6.5.4 INSTALAREA APARATELOR DE MĂSURĂ

Similar prevederilor art. 6.1.4.

La instalarea aparatelor de măsură a temperaturii și a debitului se va ține cont și de prevederile art. 5.2.2 și 5.3.2, cât și de indicațiile producătorilor acestora.

6.5.5 PERIOADA PREGĂTITOARE A ÎNCERCĂRII

Înainte de începerea încercărilor, se iau măsuri corespunzătoare pentru evitarea pierderilor de fluide (apă și combustibil) către exterior și de asigurare a continuității alimentării cazanului cu aceste fluide pe toată durata încercării.

Înainte de încercare, cazanul va funcționa un timp suficient (perioada de stabilizare), necesar asigurării unui echilibru corespunzător proceselor ce au loc în cazane (arderea și transmiterea căldurii). În acest timp sarcina cazanului va fi cât mai apropiată de cea la care urmează să facă încercarea și se va utiliza același combustibil cu cel care va fi folosit în cursul încercării.

Durata perioadei de stabilizare depinde de mărimea și caracteristicile cazanului (1-2 zile înainte de încercare). Pe parcursul acestei perioade se fac măsurări repetate de temperaturi și debite pentru constatarea atingerii regimului permanent.

6.5.6 PERIOADA PROPRIU-ZISĂ DE ÎNCERCARE

Încercarea cazanului se va face la una sau mai multe sarcini termice posibil de efectuat *in situ*, în condiții cât mai apropiate de regimul permanent.

Durata încercării, la fiecare sarcină, va fi de minim 4 ore pentru cazanele care funcționează cu combustibil gazos, lichid sau solid pulverizat și de minim 6 ore - pentru cazanele care funcționează cu combustibil solid ars pe grătar.

Debitul de apă produs de cazan nu trebuie să varieze cu mai mult de $\pm 3\%$ față de o valoare medie pe parcursul încercării cât și cu 2-3 ore înainte.

Pe parcursul încercării se vor efectua mai multe măsurări ale parametrilor de temperaturi și debite, conform prevederilor art. 5.1.

6.5.7 PRELUCRAREA REZULTATELOR

Din seria valorilor citite sau înregistrate se elimină valorile aberante.

Din valorile rămase, se calculează o valoare medie statistică (medie aritmetică) la fiecare parametru măsurat, aferent unui punct de funcționare al cazanului, utilizând pentru temperaturi relația (4), pentru debite relația (5), pentru presiune diferențială relația (7).

Valorile medii ale mărimilor măsurate se vor utiliza în calculul randamentului.

Randamentul termic al cazanului se exprimă în raport cu puterea calorică inferioară a combustibilului utilizat. Puterea calorică a combustibilului se determină conform STAS 5269 pentru combustibili solizi și lichizi și respectiv STAS 3361 pentru combustibili gazoși

Randamentul cazanului se calculează cu formula:

$$\eta = 100 \cdot \frac{Q}{F_c} = 100 \cdot \frac{W_1 \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{F_c} \quad (\%) \quad (21)$$

în care:

η este randamentul cazanului, în procente

Q - debit de căldură produs în cazan (căldura utilă), în W

F_c - debitul de căldură introdus în cazan prin combustibil (căldură disponibilă), în W . Ea se calculează cu relațiile următoare:

a) pentru combustibili solizi sau lichizi:

$$F_c = C_1 \cdot H_2 \quad (22_1)$$

în care:

C_1 este debitul de combustibil solid sau lichid, în kg/s ,

H_2 - puterea calorică inferioară a combustibilului pe unitatea de masă la presiune constantă și $t_{10} = 25^\circ C$, în J/kg

b) pentru combustibili gazoși:

$$F_c = C_2 \cdot H_4 \quad (22_2)$$

în care:

C_2 este debitul de combustibil, în kg/s ,

H_4 - puterea calorică inferioară a combustibilului gazos pe unitatea de volum, la presiune constantă, corectată la $p_{10} = 760$ mm Hg și $t_{10} = 0^\circ C$, în J/kg ,

W_1 - debitul de apă de alimentare a cazanului, în kg/s .

NOTA: În formulele (20) - (22) s-au păstrat notațiile din Prescripțiile tehnice ISCIR C 10-82.

6.6. Procedură de determinare a numărului de schimburi de aer într-o clădire

Această procedură are la bază metodele și procedurile indicate în lucrarea "Ventilarea și etanșeitatea la aer a clădirilor mici de locuit" (Blomsterberg 1990). De asemenea s-a ținut seama de prevederile proiectelor de standarde internaționale ISO/DIS 9972 și ISO/DIS 12569.

Prezenta procedură se referă la:

- determinarea infiltrațiilor de aer prin elementele componente ale unei construcții,
- determinarea cotei de aer proaspăt introdus într-o încălțimă/grup de încălțimă,
- determinarea neetanșeităților globale ale unei construcții.

6.6.1. DETERMINAREA INFILTRAȚIILOR DE AER PRIN ELEMENTELE COMPONENTE ALE UNEI CONSTRUCȚII

Metoda este cea a cutiei de presiune. În zona elementului component se realizează o cutie dublă care asigură aceeași presiune pe durata măsurărilor; constanța presiunii este asigurată de ventilatoare cu viteză variabilă. Măsurările se realizează la diferite valori ale diferenței de presiune în raport cu obiectul testat și se

stabilește variația debitului de aer infiltrat / exfiltrat funcție de diferența de presiune, p .

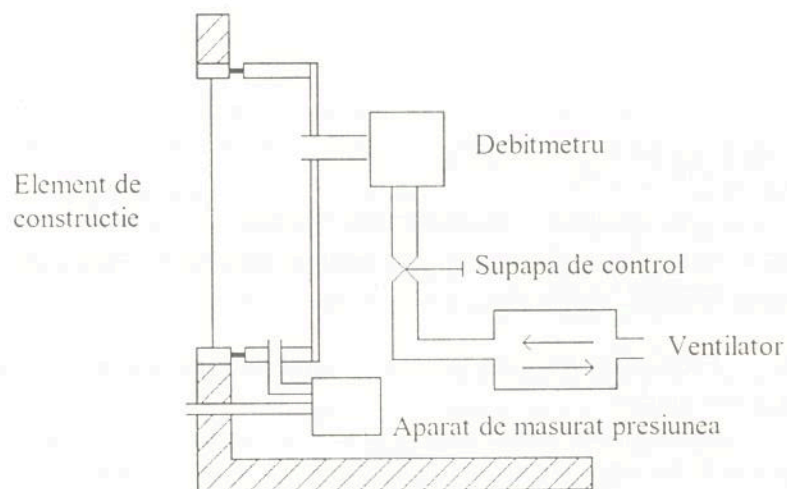


Fig. 4 - Schema de principiu pentru determinarea infiltrațiilor de aer printr-un element component al unei construcții

6.6.2. DETERMINAREA DEBITULUI DE AER PROASPĂT INTRODUS ÎNTR-O INCINTĂ / GRUP DE INCINTE

Metoda utilizată este metoda gazului trasor. Prelucrarea datelor se bazează pe ecuația de conservare a masei scrisă pentru gazul trasor:

$$V_a \cdot \frac{dC}{d\tau} + \dot{V}_p \cdot C = \dot{V}_t \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (23)$$

în care:

V_a - volumul incintei, în m^3

\dot{V}_p - debitul de aer proaspăt, în m^3/s

\dot{V}_t - debitul de gaz trasor, în m^3/s

C - concentrația de gaz, în %.

Principalele caracteristici ale unui gaz trasor sunt următoarele:

1. Să fie gaz inert, netoxic, neinflamabil;
2. Să fie ușor detectabil în concentrații reduse;
3. Să aibă o densitate apropiată de cea a aerului;
4. Să aibă proprietăți de absorbție și de adsorbție neglijabile în raport cu pereții, mobila etc. ;
5. Să fie comercializat la un preț rezonabil;
6. Să nu fie prezent în aerul atmosferic decât într-o concentrație infimă;
7. Să nu prezinte pericol pentru sănătatea utilizatorilor.

Cele mai cunoscute gaze utilizate sunt:

- hexafluorură de sulf (SF_6);
- protoxid de azot (N_2O).

6.6.2.1 Tehnica "îmbătrânirii" gazului

Elementele necesare aplicării sunt stipulate în diverse norme europene și internaționale (ex: SS 0215 56, 1988 sau ISO/DIS 12569).

În cazul acestei metode, debitul de gaz trasor introdus în încăperea studiată este nul, după o injecție inițială care a condus la concentrația C_0 , la momentul $\tau = 0$. Se urmărește stabilirea numărului de schimburi de aer proaspăt:

$$n_a = \frac{\dot{V}_p}{V_a} \quad (24)$$

Ecuația de bază (23) devine:

$$V_a \cdot \frac{dC}{d\tau} + \dot{V}_p \cdot C = 0 \quad C(\tau = 0) = C_0 \quad (25)$$

cu soluția:

$$n_a = \frac{1}{\tau} \cdot \ln \left[\frac{C_0}{C(\tau)} \right] \quad (1/h) \quad (26)$$

Măsurările de concentrație încep din momentul în care s-a realizat amestecul omogen al gazului trasor cu aerul din încăperea testată, cu ajutorul unor ventilatoare suplimentare, a căror funcționare nu trebuie să influențeze infiltrațiile / exfiltrațiile de aer.

Amestecul aerului cu gazul durează circa 0,5 - 1 oră, iar măsurarea câteva ore.

Precizia metodei, conform normei menționate, este de $\pm 12\%$.

6.6.2.2 Metoda concentrației constante

Principiul metodei constă în menținerea valorii $C = \text{ct.}$ și deci ecuația de bază devine:

$$\dot{V}_p \cdot C = \dot{V}_t \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (27)$$

Măsurând debitul de gaz trasor \dot{V}_t , se determină debitul de aer infiltrat \dot{V}_p .

Metoda este prezentată detaliat în norme europene sau internaționale (ex: Nordtest Method 1986 - Building Ventilating Air NTVVS047 - Helsinki, Finland).

Avantajul metodei constă în determinarea directă a valorii \dot{V}_p și nu a valorii n_a care conține erori introduse de cunoașterea valorii V_a . Valoarea recomandată a concentrației gazului trasor este de 500 ppm (mai mare decât cea admisă în locuință) din motive economice.

Precizia măsurării este de $\pm 10\%$.

6.6.3. DETERMINAREA NEETANȘEITĂȚILOR GLOBALE ALE UNEI CONSTRUCȚII

Cea mai utilizată metodă este tehnică presurizării sau a depresurizării încăperii în care se face determinarea, prin intermediul unui ventilator (conform Standardului Suedez SS 02 1551 - 1980).

Metoda este recomandabilă pentru analiza construcțiilor unifamiliale și pentru apartamente în cazul blocurilor.

Principiul metodei este următorul:

Un ventilator capabil să creeze o diferență de presiune $\Delta p \geq 50 \text{ Pa}$ la nivelul anvelopei clădirii, este montat într-o ușă sau fereastră a clădirii. Debitul de aer furnizat de ventilator este măsurat pentru diferențe de presiune $\Delta p \in [10, 100]$ și se generează o curbă de corelare a Δp cu debitul de aer. Pe baza acestei corelații se stabilește aria rosturilor fixe și mobile din incinta testată. În cazul apartamentelor de bloc, se au în vedere și rosturile dintre apartamente datorate instalațiilor.

O sinteză a unor norme străine oferă câteva caracteristici ale metodei presurizării reflectate în standardele citate, după cum urmează:

Norma, țara	Δp	Limite	Precizie	Rezultate
1. CGSB - 149-10-M86 Canada	15-50 Pa (-)	$w < 5-6 \text{ m/s}$	$\dot{V}_p: \pm 5\%$ $\Delta p: \pm 2 \text{ Pa}$	Aria neetanșeităților la 10 Pa
2. NEN 2686 Olanda	15-100 Pa (\pm)	$w < 6 \text{ m/s}$	$\dot{V}_p: \pm 5\%$ $\Delta p: \pm 5\%$	\dot{V}_p la $\Delta p \in [1, 10] \text{ Pa}$
3. E779-87 ASTM, USA	12,5-75 Pa (\pm)	$w < 2 \text{ m/s}$	$\dot{V}_p: \pm 4\%$ $\Delta p: \pm 2,5 \text{ Pa}$	Grafic $\dot{V}_p = f(\Delta p)$
4. ISO 9972	10-60 Pa (\pm)	$\Delta p_{\text{natural}} < 3 \text{ Pa}$	$\dot{V}_p: \pm 5\%$ $\Delta p: \pm 5\%$	$\dot{V}_p = f(\Delta p)$

Prelucrarea datelor măsurate conduce și la determinarea ariei echivalente a neetanșeităților de forma:

$$A_L = C \Delta p^{n-0.5} \cdot \sqrt{\frac{P}{2}} \quad (\text{USA}) \quad (\text{m}^2) \quad (28)$$

sau

$$A_{L10} = 0,001157 C \cdot 10^{n-0,5} \cdot \sqrt{\rho}^{10} \quad (\text{Canada}) \quad (\text{m}^2) \quad (29)$$

Dezavantajul metodei constă în faptul că rezultatele sunt corecte pentru diferențe de presiune superioare celor care apar în mod natural într-o încălț.

Avantajul metodei constă în simplitate și poate fi combinată fie cu metode de vizualizare a curgerii aerului (fum), fie cu metode de vizualizare în infraroșu.

Principiul metodei este prezentat în schema de principiu din fig. 5 conform normei canadiene, care utilizează un tub Venturi, care prin măsurarea presiunii este la rândul său utilizat la stabilirea corelației debit/presiune.

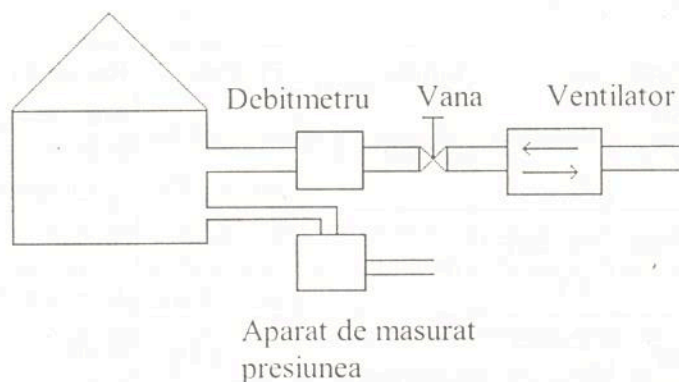


Fig. 5 - Schema de principiu pentru determinarea neetanșităților globale ale unei construcții

Procedura de lucru este următoarea:

- se măsoară temperaturile aerului exterior și interior care, în cazul schemei în depresiune se folosesc la exprimarea debitului de aer brut măsurat în debit net, adus la temperatura interioară (folosind relațiile gazului perfect) ;

¹⁰ $\Delta p = 10 \text{ Pa}$.

- curba de corelare poate fi reprezentată printr-o lege de forma :

$$\dot{V} = \dot{V}_1 (p_1 - p_s)^a \quad (30)$$

în care „a” este un exponent care se determină experimental (aproximativ: $a=2/3$).

- din curba de corelare (sau de regresie) se poate citi debitul de aer \dot{V}_{50} care corespunde unei presiuni diferențiale $\Delta p = 50 \text{ Pa}$. Pe baza acestor valori, exprimată în m^3/h , se stabilește numărul de schimburi n_{50} , corespunzător presiunii diferențiale de 50 Pa :

$$n_{50} = \frac{\dot{V}_{50}}{V} \quad (31)$$

În Fig. 6 se prezintă un exemplu de curbă de corelare a debitului de aer cu presiunea diferențială.

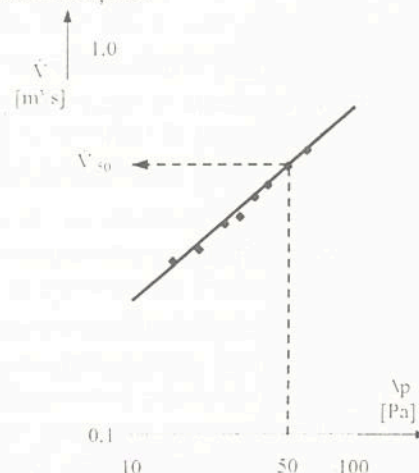


Fig. 6 - Curba de corelare a debitului de aer cu presiunea diferențială (exemplu)

În funcție de valoarea n_{50} obținută, se determină clasa de permeabilitate a clădirii sau a unei părți a clădirii, după cum urmează:

Numărul de schimburi de aer la $\Delta p = 50 \text{ Pa}$, $n_{50} [\text{h}^{-1}]$		Clasa de permeabilitate
Clădiri individuale (case unifamiliale, cuplate sau înșiruite)	Clădiri colective, cu mai multe apartamente, cămine, internate etc.	
< 2	< 4	Ridică
2 ... 5	4 ... 10	Medie
> 5	> 10	Scăzută

OBSERVAȚIE:

Ca echipament curent folosit pentru presurizarea încăperilor se folosește și « ușa suflantă » - ușa etanșă, în care este montat un ventilator axial.

6.7. Procedură de investigare a defectelor de izolare termică a anvelopei unei clădiri prin metoda termografiei (în infraroșu)

Această procedură are la bază standardul SR EN ISO 13187.

Termografia în infraroșu este o metodă pentru vizualizarea și reprezentarea distribuției temperaturii pe suprafața anvelopei clădirii.

Principiul metodei constă în faptul că neregularitățile ce pot apărea în proprietățile termice ale elementelor de construcție care alcătuiesc anvelopa unei clădiri se traduc prin variații ale temperaturii pe suprafața structurii. Temperatura pe suprafață este de asemenea influențată de mișcarea aerului din interiorul sau exteriorul clădirii sau care traversează anvelopa. Repartiția temperaturii pe suprafață poate fi deci utilizată pentru detecția neregularităților termice datorate, de exemplu defectelor de izolare, umidității și infiltrațiilor/exfiltrațiilor de aer prin elementele de închidere ale anvelopei clădirii.

Metoda termografiei nu poate fi utilizată pentru determinări de fluxuri termice disipate prin elementele de construcție, respectiv determinări de rezistențe termice ale elementelor de construcție care alcătuiesc anvelopa unei clădiri.

6.7.1 IDENTIFICAREA CLĂDIRII SUPUSE INVESTIGAȚIEI

Dacă este posibil, se studiază planurile și alte documente constructive ale clădirii examinate. Este necesar ca emisivitatea materialelor de finisaj să fie cunoscută.

La examinarea în situ a clădirii, se notează orientarea geografică a ei în raport cu direcția dominantă a vântului.

6.7.2 ALEGEREA LOCULUI DE INSTALARE A APARATULUI DE MĂSURĂ

Aparatele de măsură sunt portabile și ele se amplasează în raport cu anvelopa clădirii, după necesități.

6.7.3 ALEGEREA APARATELOR DE MĂSURĂ ȘI PREGĂTIREA LOR PENTRU ÎNCERCĂRI

Termografia se realizează cu ajutorul unui sistem de detecție în infraroșu care produce o imagine ce traduce temperatura radiantă aparentă.

Sistemul de detecție în infraroșu trebuie să cuprindă:

- unul sau mai mulți detectori de infraroșu adecvați ca domeniu aplicației respective;
- un dispozitiv de traducere a distribuției temperaturii radiante aparente de pe suprafața examinată sub forma unei imagini termice vizibile;
- un dispozitiv care să permită înregistrarea imaginii termice;
- mijloace care să permită măsurarea nivelului de temperatură pe suprafața examinată.

6.7.4 INSTALAREA APARATELOR DE MĂSURĂ

Instalarea aparatelor de măsură se efectuează în așa fel încât să se poată investiga suprafața anvelopei clădirii.

6.7.5 PERIOADA PREGĂTITOARE A ÎNCERCĂRII

Înainte de începerea examinării se măsoară temperaturile aerului interior și exterior cu o precizie de $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Dacă este necesar să se cunoască diferența de presiune de pe fețele anvelopei, aceasta se măsoară cu o precizie de ± 5 Pa (sau ± 2 Pa la diferențe de presiune mici).

6.7.6 PERIOADA PROPRIU-ZISĂ DE ÎNCERCARE

Pentru ușurința interpretării examenului termografic trebuie să fie efectuat de preferință în regim staționar de temperatură și presiune. El nu trebuie să fie efectuat dacă temperaturile aerului interior sau exterior sunt supuse la variații mari, sau dacă structura este supusă la radiație solară directă, sau dacă vântul prezintă schimbări importante.

Se pune în funcțiune sistemul în infraroșu și se reglează conform instrucțiunilor de utilizare. Se fixează sensibilitatea, gama și deschiderea diagramei astfel încât să fie acoperită întreaga plajă de temperaturi ale suprafeței examinate.

Dacă este necesar să se cunoască o temperatură de referință pe suprafață, aceasta se măsoară cu o precizie de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Diferențele de temperatură radiantă aparentă de pe imaginea termică trebuie să fie măsurate cu o precizie de $\pm 10\%$ sau de cel puțin $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Examinarea trebuie să înceapă cu o analiză preliminară a suprafeței anvelopei. Se examinează apoi, în detaliu, zonele interesante care prezintă neregularități. Se înregistrează termogramele zonelor examinate (atât zonele fără defecte cât și cele unde sunt presupuse defecte).

Se notează pe un plan al clădirii pozițiile zonelor reprezentate pe termograme.

Se calculează distribuția temperaturii radiante aparente conform instrucțiunilor de utilizare a sistemului de detecție în infraroșu.

Dacă termogramele pun în evidență infiltrații de aer, acestea vor fi verificate în măsura posibilităților, prin măsurări ale vitezei aerului.

6.7.7 PRELUCRAREA REZULTATELOR

Evaluarea termogramei obținute se va efectua conform prevederilor standardului SR EN ISO 13187, art. 6.3. Se pot utiliza spre comparație termograme de referință obținute în laborator sau prin examinări pe teren, pe clădiri reale.

6.7.8 PREZENTAREA REZULTATELOR

Prezentarea rezultatelor se va face într-un raport termografic întocmit conform standardului SR EN ISO 13187, cap. 7.

BIBLIOGRAFIE

1. Awbi, H.B., Ventilation of Buildings, *Ed. E&FN SPON*, 1991.
2. Blomsterberg, A., Ventilation and Air-tightness in Low-rise Residential Buildings, *Swedish Council for Building Research*, 1990.
3. Milea, A. Cartea metrologului - Metrologie generală, *Editura Tehnică*, București, 1985.
4. Roulet, C.A., Energetique du bâtiment II, Préstation du bâtiment, bilan énergétique global, *Presse Polytechniques romandes, Lausanne*, 1987.
5. * * *, Architect's and Engineer's Guide for Energy Conservation in Existing Buildings. *US DOE*, 1989.
6. * * *, ASHRAE Handbook, Fundamentals, 1993.
7. * * *, Guide de diagnostique thermique, *Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie (AFME)*, 1984.
8. EN 305, Schimbătoare de căldură - Definiții pentru performanța schimbătoarelor de căldură și procedura generală de încercare pentru determinarea performanței tuturor schimbătoarelor de căldură.
9. EN 306, Schimbătoare de căldură - Metode de măsurare a parametrilor necesare evaluării performanțelor.
10. ENV 1148, Schimbătoare de căldură apă/apă pentru încălzirea urbană Proceduri de încercare pentru determinarea performanțelor.
11. ISO/DIS 9972, Izolare termică – Determinarea etanșeității clădirilor – Metoda presurizării.
12. ISO/DIS 12569, Izolare termică în clădiri – Determinarea numărului de schimburi de aer în clădiri – Metoda diluării gazului trasor.