GHID PRIVIND OPTIMIZAREA NIVELULUI DE PROTECȚIE TERMICĂ LA CLĂDIRILE DE LOCUIT

Indicativ GP - 058/2000

Cuprins

1. GENERALITĂȚI

1.1. OBIECT

Ghidul cuprinde trei capitole cu teme diferite, având ca factor comun faptul ca urmăresc, alături de celelalte normative termotehnice C 107/1.3.4.5-1997, crearea unui instrument care să poata fi utilizat în vederea proiectării şi executării unor clădiri de locuit mai bine izolate termice, realizându-se în acelaşi timp şi un grad ridicat de eficiență economică.

În capitolul 2:"Metoda simplificată privind optimizarea parametrilor de izolare termică la clădirile de locuit", se dau o serie de procedee destinate proiectanților ca instrument de lucru, utilizat în mod opțional, pentru optimizarea:

- materialului termoizolant, pe baza relației generale "preț - calitate";
- rezistenței termice corectate R'_{opt} a unui element de construcție, utilizând o metodă analitică sau grafică;
- soluției constructive a unui element de construcție, utilizând o metoda grafică;
- detaliilor constructive, pe baza relației generale "coeficient ψ - cost ";
- coeficientului global de izolare termică G, pe baza relației generale $G \leq GN$.

Se apreciază că metoda va putea fi utilizată de proiectanți în mod opțional nefiind obligatorie parcurgerea tuturor etapelor şi nici urmărirea unei anumite succesiuni a acestora.
Se păstrează obligativitatea realizării valorilor normate stabilite pentru clădirile de locuit în normativul C 107/1 atât pentru rezistențele termice minime R'_{min} ale elementelor de construcție pe ansamblul clădirii, cât şi pentru coeficientul global de izolare termică GN. În consecință, aplicarea metodei propuse devine interesantă numai pentru domeniul parametrilor superiori celor normați care trebuie atinşi în mod obligatoriu, metoda oferind instrumentul cu care se poate determină unde trebuie să ne oprim, în diverse situații, cu îmbunătățirea performanțelor termo-hidro-energetice în condiții de eficiență economică.
În **capitolul 3**: "Recomandări privind alcătuirea elementelor de construcție perimetrale la clădirile de locuit noi", sunt prezentate o serie de principii de alcătuire corectă a elementelor de construcție şi a nodurilor, atragându-se atenția asupra unor rezolvări greşite sau nerecomandabile care se practică uneori. Se analizează principalele punți termice posibile, inclusiv cele geometrice, propunându-se o serie de rezolvări ameliorate față de ceea ce se practică în prezent; corectarea punților termice se prevede a se face prin măsuri de izolare termică suplimentare, de grosime sporită, nu numai pe lățimea punții termice, ci şi pe lungimea zonei de influență a acesteia.
În **capitolul 4**:" Metoda pentru determinarea necesarului anual de caldură pentru încălzire, pe baza coeficienților globali de izolare termică - G - la clădirile de locuit", se face trecerea de la parametrul G (coeficientul global de izolare termică), la indicatorul Q (necesarul anual de căldură pentru încălzire), exprimat în kWh/(m^3.an) sau kWh/(m^2.an) şi determinate pe baza coeficientului G.
Determinarea necesarului anual de căldură pentru încălzirea clădirilor de locuit se face printr-un procedeu simplu şi operativ, metoda de calcul fiind destinată în principal arhitecților şi inginerilor constructori.

La determinarea necesarului anual de căldură s-a ținut seama de:

- aportul de căldură internă, rezultat din fluxul termic emis de perosanele care locuiesc, muncesc sau staționează în încăperile clădirii, din utilizarea apei calde pentru spălat, din activitatea de preparare a hranei, în principal prin utilizarea combustibilului gazos, din utilizarea energiei electrice pentru diferite activități casnice (radio, TV, frigider, aspirator, maşina de spălat), din iluminatul general şi local, din funcționarea ventilatoarelor, a aparatelor de aer condiționat, a calculatoarelor electronice, etc.;
- aportul de căldură provenit din radiația solară, realizat prin elementele vitrate, în funcție de aria tâmplăriei exterioare, de intensitatea radiației solare şi de natura geamurilor, în mod acoperitor nu s-a luat în considerație aportul de căldură prin elementele de construcție opace.

Pentru calcule comparative ale necesarului anual de căldură, se dau relații de calcul simplificate, considerând pentru unii parametri, valorile medii pe țară.
În corelare cu valorile normate ale coeficienților globali de izolare termică GN, se dau valori normate pentru necesarul anual de căldură pentru încălzire(QN).

1.2. DOMENIU ŞI CONDIȚII DE APLICARE

Prevederile prezentului Ghid sunt valabile, în principal, pentru clădirile de locuit noi, unele dintre prevederi fiind valabile şi pentru clădirile existente care urmează să fie supuse modernizări şi reabilitării termo-higro-energetice.

1.3. ACTE NORMATIVE CONEXE

1. C 107/0-1998 Normativ pentru proiectarea şi executarea lucrărilor de izolații termice la clădiri
2. C 107/1-1997 Normativ pentru calculul coeficienților globali de izolare termică la clădirile de locuit
3. C 107/3-1997 Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor
4. C 107/4-1997 Ghid pentru calculul performanțelor termotehnice ale clădirilor de locuit
5. C 107/5-1997 Normativ privind calculul termotehnic ale elementelor de construcție în contact cu solul
6. C 107/6-1998 Normativ pentru proiectarea la stabilitate termică a elementelor de închidere ale clădirilor (înlocuieşte NP 200-89)
7. SR 1907-2-1997 Instalații de încălzire. Necesarul de căldură de calcul. Temperaturi interioare convenționale de calcul
8. SR 4839 - 1997 Instalații de înclăzire. Numărul anual de grade-zile
9. GP 039-1999 Ghid pentru calculul necesarului anual de căldură al clădirilor de locuit
10. P 104-94 Instrucțiuni tehnice pentru proiectarea şi executarea pereților şi acoperişurilor din elemente din beton celular autoclavizat
11. P2 - 85 Normativ privind alcătuirea calculului şi executarea structurilor din zidărie
12. STAS 465-1991 Ferestre din lemn şi uşi de lemn pentru balcon. Secțiuni
13. STAS 6648/1-82 Instalații de ventilare şi climatizare. Calculul aporturilor de căldură din exterior
14. STAS 6648/2-82 Instalații de ventilare şi climatizare. Parametrii climatici exteriori
15. C 112-86 Normativ privind proiectarea şi executarea hidroizolațiilor din materiale bituminoase la lucrările de construcții

1.4. TERMINOLOGIE

Defințiile termenilor noi introduşi în cadrul prezentului ghid, sunt date în fiecare capitol în parte.
[top]

2.METODA SIMPLIFICATĂ PRIVIND OPTIMIZAREA PARAMETRILOR DE IZOLARE TERMICĂ LA CLĂDIRILE DE LOCUIT

2.1. GENERALITĂȚI

Sporirea gradului de protecție termică a construcțiilor, este necesar pentru:

- prezervarea resurselor naturale de combustibil fosili si, implicit a importurilor;
- diminuarea emisiilor nocive, în special a celor de bioxid de carbon, care accentuează efectul de seră la nivel global;
- creşterea gradului de confort şi îmbunătățirea condițiilor de igienă în clădirile de locuit;
- reducerea cheltuielilor de exploatare necesare pentru încălzirea clădirilor de locuit.

Prin optimizarea nivelului de izolare termică a unui element de construcție sau a unei clădiri în ansamblu, se înțelege efectuarea unor calcule termo-economice care să conducă la cele mai avantajoase soluții din punct de vedere economic.
Această optimizare se poate referi la materialele termoziolante, la grosimea acestora, la soluțiile constructive utilizate pentru diverse elemente de construcție, precum şi la ansamblul unei clădiri.
Considerentele şi relațiile de calcul conținute în acest capitol se referă, în principal, la optimizarea gradului de protecție termică a clădirilor de locuit noi. Unele aspecte tratate în prezentul capitol se pot aplica şi la modernizarea şi reabilitarea termotehnică a clădirilor existente (de exemplu pct.2.2, 2.6 şi 2.7), iar altele - exclusiv la acestea (pct.2.8.).
Calculele de optimizare conținute în acest capitol au un caracter relativ, având în vedere că, în unele situații, pentru adoptarea unui anumit grad de protecție termică, pot fi determinante, nu criteriile economice, ci altele, de exemplu necesitatea reducerii emisiilor nocive, eliminarea fenomenului de condens, ş.a.
În perioadele în care rata de depreciere a monedei naționale este ridicată, se recomandă ca analizele economice care se fac în prezentul capitol să aibă la bază o monedă cu un curs mai stabil şi anume dolarul american (USD).

2.2. OPTIMIZAREA MATERIALULUI TERMOIZOLANT

Aceasta optimizare se face pe baza relației generale "preț-calitate" şi are ca scop alegerea celui mai eficient material din punct de vedere economic.
În cazul materialului termoizolant, calitatea se exprimă prin conductivitatea termică a materialului termoizolant (λ), măsurată în W (mK), iar prețul - prin costul unui m^3 de material termoziolant (p), măsurat în lei/mc.
Prețul trebuie să includă toate cheltuielile care se fac până la punerea lui în opera, inclusiv aceasta (TVA, transport, beneficiu, cheltuieli generale, etc).
Comparația între diversele materiale termoizolante se poate face şi la nivelul prețurilor de procurare, dar loco şantier, incluzând deci transportul, al cărui cost diferă de la material la material în principal în funcție de densitatea aparentă. În acest caz, raportul între prețuri se păstrează, dar diferențele în valoare absolută sunt mai mici. Comparația între diferite materiale termoizolante poate fi facută doar în cazurile în care condițiile de utilizare sunt aceleaşi.
Aprecierea eficienței unui anumit material termoizolant, în comparație cu alte materiale având acelaşi domeniu de utilizare, se poate face prin compararea prețului unui mp de material termoizolant având grosimea (d) stabilită astfel încât să conducă la rezistență termică

Rezultă d = λ , iar costul unui mp de material termoizolant este: $c=d \cdot p=\lambda \cdot p$ [lei/m^2] (1)
La determinarea prețului, se menționează că, în cazul utilizării plăcilor termoizolante tasabile, trebuie să se țină seama şi de tasarea materialului termoziolant, deci prețul trebuie considerat în lei/mc de material în stare tasată.
Materialul termoizolant cel mai eficient din punct de vedere termo-economic este acela care corespunde produsului "$\lambda \cdot p$" minim.
În unele situații, la alegerea unui material termoizolant, criteriul hotarâtor poate să nu fie cel economic determinat ca mai sus, ci alte criterii precum durabilitatea, sensibilitatea la umezire etc.
Pentru calcule mai exacte, la elementele de construcție cu un procent mare de punți termice, în relația (1) în locul conductivității termice λ se consideră conductivitatea termică echivalentă λ_{ech}, care se determină conform pct.2.4.2.
Reprezentarea grafică a costului materialului termoizolant din alcătuirea unui element de construcție, este dată în fig.2.2. şi la pct.2.4.1.

2.3. OPTIMIZAREA REZISTENȚEI TERMICE CORECTATE A UNUI ELEMENT DE CONSTRUCȚIE

2.3.1. Determinarea costurilor

Costurile se determină considerând un metru patrat din elementul de construcție care se analizează.
- Costul total (C) al unui m^2 din respectivul element de construcție, este dat de expresia generală:
C = 1 + E [lei/m^2] (2)
în care:
I costul investiției

I = IC + II în care:
IC costul elementului de construcție propriu-zis;
II costul de investiție al instalației de încălzire aferente
E costul exploatării (încălzirii, aferent unui m^2 din elementul de construcție exterior, considerat pe o durată de "n" ani.
Costurile de mai sus trebuie să includă toate cheltuielile, cotele şi taxele aferente (cheltuieli de transport, TVA, cheltuieli generale, beneficiu etc).
Costul instalațiilor cuprinde costul aferent instalaţiei interioare a clădirii, considerată de la punctul de branşament (inclusiv distribuția de la subsol). În cazul centralelor termice de bloc, costul acestora nu se include în costul instalațiilor ci, cu amortizarea corespunzătoare, în costul exploatării.
Sub forma generalaă costul de investiție al elementului de construcție propriu-zis poate fie exprimat cu relația:
$IC = b + c \cdot R'$ [lei/m^2] (3)
în care:
b partea constantă a costului, care nu variază în funcție de rezistența termică, [lei/m^2];
c coeficient care, înmulțit cu valoarea R' reprezintă partea variabilă a costului elementului de construcție, [W.lei/(m^4.K)];
R' rezistența termică corectată a elementului de construcție [m^2K/W].
- Costul de investitie pentru instalatiile de inclazire aferente este:

[lei/m^2] (4)
în care:
h partea constantă a costului instalațiilor de încălzire aferente [lei/m^2];
i coeficient care, împărțit la valoarea R', prezintă partea variabilă a costului instalațiilor de încălzire, [lei.K/W]
- Costul total al investiției are expresia:

[lei/m^2] (5)
- Costul anual al exploatării, exclusiv pentru încălzirea clădirii, aferent unui m^2 de element de construcție, este:

[lei/(m^2.an)] (6)
în care:

z coeficient care reprezintă numărul anual de grade-ore al perioadei de încălzire ;
e prețul unui kWh de energie termică, plătit de consumator [lei/kWh]
- Costul incalzirii, aferent unui m^2 de element de construcție, pentru un număr de "n" ani de exploatare a clădirii, este:

[lei/m^2] (7)
în care:
n numărul de ani de exploatare pentru care se face calculul de optimizare (ani)
- Costul total reprezentând suma costurilor pentru investitie şi a exploatarii, aferent unui m^2 de element de construcție, este:

[lei/m^2] (8)

2.3.2. Determinarea rezistențelor termice optime cu metoda analitică

Valorile minime ale costurilor se obțin prin egalarea cu zero a derivatei de ordinul 1, a funcțiilor (5) şi respectiv (8) de mai sus, în raport cu variabila R'.
- Valoarea minimă a costului investiției (construcții + instalații)

Rezultă:

[m^2K/W] (9)

în care:

rezistența termică optimă care conduce la o valoare minimă a costului investiției, [m^2K/W]

- Valoarea minima a costului total (investiției + exploatare timp de "n" ani)

Rezultă:

[m^2K/W] (10)

2.3.3. Determinarea rezistențelor termice optime cu metoda grafică

Determinarea valorilor şi se poate face şi grafic, ca în fig. 2.1.
Din examinarea graficului se remarcă următoarele:

- dreapta IC se intersectează cu axa R' = 0 în punctul b iar înclinarea dreptei este tg α = c;
- curba II este asimptotă la axa verticală R'=0 şi la axa orizontala cu ordonata egală cu "h";
- curba E este asimptotă la axa verticală R'=0 şi la axa absciselor (cost=0);
- valorile coeficienților b şi h nu influențează alura curbelor I şi C, care se translatează pe verticală în funcție de aceste valori;

- cu cât panta dreptei IC (tg α=c) este mai mare, cu atât valorile şi sunt mai mici, iar zonele cu valori apropiate de rezistențele termice optime sunt mai restrânse.

Uneori, aşa cum se vede şi din fig.2.1., punctul cu valoarea R'_{opt} este mai greu de determinat grafic, existând o zonă largă cu valori R'_{opt} practic egale.
Astfel în exemplul din fig.2.1. se pot considera valori R'_{opt} toate valorile cuprinse între R' = 2 şi R' = 3 [m^2K/W].
Aceasta constituie, de altfel, şi un avantaj al metodei grafice, deoarece permite a se vizualiza o zonă mai largă de valori care se pot considera rezistențe termice optime, corespunzând unor costuri minime, în comparație cu determinarea analitică care da exact valoarea R'_{opt} dar nu evidențiază variația costului din vecinatatea acestui punct.
Pentru calcule mai exacte, în locul dreptei IC se poate considera curba IC, conform precizărilor de la pct.2.4.3. şi a figurii 2.3. (curba IC3).

2.3.4. Determinarea coeficienților de calcul

Pentru utilizarea relațiilor (9) şi (10) trebuie să se precizeze valori pentru coeficienții c,i,z şi e, precum şi pentru numărul de ani "n".

- Coeficientul "c"

Coeficientul "c" se determină cu relația:

(11)

în care:
p prețul unui m^3 de material termoizolant [(lei/ m^3)]
λ_{ech} conductivitatea termică echivalentă a materialului termoizolant [W/(mK)]
În prețul "p" se includ toate taxele, cotele şi cheltuielile generale precum şi toate costurile aferente, legate de transportul şi punerea în operă a materialului termoizolant. În cazul în care, pentru realizarea investiției, se recurge la credite bancare, prețul unitar "p" se va multiplica cu raportul dintre costul real al investiției, inclusiv dobânda, şi costul acesteia, exclusiv dobânda.
Conductivitatea termică echivalentă λ_{ech} se determină conform pct.2.4.2.
- Coeficientul "i"
Coeficientul "i" reprezintă, în principal, produsul dintre diferența de temperatură dintre interior şi exterior, care este avută în vedere la dimensionarea instalației de încălzire şi prețul unitar al corpurilor de încălzire. În mod simplificat şi aproximativ, coeficientul "i" se poate determina cu relația:

(12)

în care:
(T_i-T_e) diferența între temperaturile de calcul ale aerului exterior şi interior, astfel:
T_i = + 20^0C
T_e = -12^0C ... - 21^0C în funcție de zona climatică; pentru condiții medii, se consideră T_e = - 15^0C şi (T_i-T_e) = 35 K;
s prețul unitar al corpurilor de încălzire utilizate, inclusiv costul transportului şi montajului, probele, vopsitoria, TVA, manopera, cheluieli generale, beneficiu, etc [lei/W]
Coeficientul 1,2 din relația (12) reprezintă majorarea operată la dimensionarea instalației de încălzire datorată adaosurilor (de orientare cardinală şi de compensare a influenței suprafețelor reci), coeficienților de masivitate, rotunjirilor, ş.a. În cazul în care, pentru realizarea investiției, se recurge la credite bancare, prețul unitar "s" se va multiplica cu raportul dintre costul real al investiției, inclusiv dobânda, şi costul acesteia, exclusiv dobânda.
- Coeficientul "z"
Coeficientul "z" reprezintă numărul anual de grade-ore al perioadei de încălzire şi se calculează cu relația:

[mii . K . h/an] (13)

în care:
C coeficientul de corectie care se determină conf.cap.4, fig.4.1. [-];

numărul anual de grade-zile de calcul, care se determină conform pct.4.3. şi Tabel 4.1. din prezentul Ghid, [K.zile/an]
Pentru condiții medii pe țară, se consideră:

C = 0,9 conform cap.4, pct.7.4.1.
Rezultă:

- Coeficientul "e"
Coeficientul "e"reprezintă prețul plătit de consumator, al unui kWh de energie termică pentru încălzire, care diferă în funcție de modul de producere a căldurii (termoficare sau centrală termică), de combustibilul folosit la producerea agentului termic, de randamentul cazanelor, precum şi de diferite condiții specifice locale. Se consideră prețul real, nesubvenționat de stat.
În funcție de datele de care se dispune, se va avea în vedere un scenariu privind evoluția în timp (pe durata numărului de ani luati în considerare), a prețului real al căldurii.
În această situație, pentru prețul real, mediu, al căldurii, se foloseşte relația de calcul:

[lei/kWh] (14)

în care:

e_o preţul iniţial, în anul realizării investiţiei, a energiei termice [lei/kWh];
e preţul real, mediu, al energiei termice, aferent unei perioade de "n" ani, în condiţiile unei rate reale anuale de creştere previzibilă a preţului căldurii [lei/kWh];
x rata reală anuală de creştere previzibilă a preţului energiei termice, care ţine seama atât de creşterea preţului unitar, cât şi de deprecierea monedei pe baza căreia se face calculul de optimizare:

[-] (15)

în care:
f rata anuală de creştere a preţului unitar al căldurii, presupusa a avea o valoare constantp în perioada de "n" ani, considerat în calcul [%];
m rata anuală de depreciere a monedei presupusă a avea o valoare constantă în perioada de "n" ani, considerat în calcul [%].
În cazul în care preţul energiei termice este raportat la Gcal, se va avea în vedere relaţia de echivalenţă 1 Gcal = 1163 kWh.
- Numărul de ani "n"
Parametrul "n" reprezintă numărul de ani de exploatare, pentru care se face calculul de optimizare.
Parametrul "n" are o importanţă determinantă asupra mărimii rezistenţei termice optime R'_{opt}.
Considerarea în calcule a unor valori reduse şi chiar foarte reduse (n = 8 ..12 ani), conduce la rezistenţe termice optime R'_{opt} mici.
Se recomandă ca proiectantul să determine valoarea R'_{opt} pentru două valori "n" extreme, rezultând un interval de rezistenţe termice optime, astfel:
- n_{minim} = 20 ani
- n_{maxim} = 40 ani.
Proiectantul va alege, în funcţie şi de alte considerente, valoarea R'_{opt} între cele două rezistenţe termice optime astfel determinate.

2.3.5. Determinarea relaţiilor finale de calcul

Cu valoarea medie şi pe baza relaţiei (11), relaţiile (9) şi (10) devin:

[m^2K/W] (16)

[m^2K/W] (17)

Din examinarea relaţiei (17), rezultă următoarele:

- valoarea R'_{opt} este cu atât mai mare, cu cât preţul căldurii (e) este mai mare, iar preţul materialului termoizolant (p) este mai mic;
- rezistenţa termică optimă R'_{opt} are valori cu atât mai mari, cu cât conductivitatea termică de calcul (λ) şi procentul de punţi termice (şi deci şi λ_{ech} sunt mai mici);
- valoarea R'_{opt} creşte într-o oarecare măsură în cazul utilizării unor corpuri de încălzire mai scumpe;
- cu cât numărul de ani de exploatare care se consideră în calcul este mai mare, cu atât creşte şi valoarea rezistenţei termice optime R'_{opt};
- cu cât numărul de ani de exploatare considerat în calculul de optimizare (n) este mai mare, cu atât influenţa costului investiţiei în instalaţii (i) asupra valorii R'_{opt} este mai redusă.

Din examinarea relaţiei (10), rezultă ca rezistenţa termică R'_{opt} este mai mare în regiunile cu condiţii climatice mai severe: zonele climatice III-IV şi un număr mare de grade-zile de calcul în perioada de încălzire a anului.

2.3.6. Grafice pentru determinarea valorilor R'_{opt}

Pentru valori n > 15, influenţa parametrului "i" din relaţia (19) asupra valorii R'_{opt} este relativ redusă (sub 10%).
Daca se consideră i=0, relaţia (17) se poate scrie sub forma:

[m^2K/W] (18)

Sub aceasta forma, relația (18) prezinta următoarele avantaje:

- parametrii de preț "p" (lei/m^3) şi "e" ([lei/kWh]) intră în calcul nu cu valorile lor absolute - cu exprimare bănească - ci sub forma unui raport de doua prețuri:

exprimat în kWh/ m^3 şi care reprezintă numărul de kWh care poate fi plătit cu prețul unui m^3 de material termoizolant;

- ca urmare a faptului că în relația (18) în loc de 4 parametri variabili, au ramas doar 3, relația poate fi cu uşurință reprezentata grafic, simplificându-se substanțial calculul de optimizare a rezistenței termice specifice.

Relația (18) se poate scrie sub forma:

[m2K/W] (19)

în care:

[kWh/m^3] (20)

Cu ajutorul relației (19) s-au calculat valorile R'_{opt} şi s-au întocmit graficele din Anexa AI, pentru următoarele cazuri:

- termoizolații eficiente (polistiren expandat şi extrudat, placi rigide de vată minerală, spumă poliuretanică, ş.a.), cu conductivități termice echivalente: λ_{ech} = 0,03; 0,05; 0,07; 0,09 W(mk), graficele 1,2,3 şi 4 din Anexa AI;
- termoizolații din placi de beton celular autoclavizat şi similare, cu conductivitati termice echivalente: λ_{ech} = 0,20; 0,25; 0,30; 0,35 W(mk), graficele 5,6,7 şi 8 din Anexa AI.

Graficele s-au întocmit pentru următoarele valori "n": 10; 20; 30; 40; 50; 60; 80; 100 ani.

Pentru raportul s-au adoptata următoarele valori:

- pentru termoizolații eficiente: k = 2000 ... 20000 kWh/m^3, cu pasul 2000 kWh/m^3;
- pentru termoizolații din BCA: k = 1000 ... 10000 kWh/m^3, cu pasul 1000 kWh/m^3.

Pentru valori "n", "k" şi "λ_{ech}" intermediare, valorile R'_{opt} se pot determina prin interpolare, din graficele cuprinse în Anexa AI.

2.4. OPTIMIZAREA SOLUȚIEI CONSTRUCTIVE A UNUI ELEMENT DE CONSTRUCȚIE

2.4.1. Relații de calcul

Aşa cum s-a aratat la pct.2.3.1. costul unui element de construcție poate fi exprimat cu relația (3):

$IC=b+c \cdot R'$ [lei/m^2]

Reprezentarea grafică a acestei ecuații, este o dreaptă înclinată față de orizontala cu unghiul α , al cărui tangentă are valoarea "c" (fig.2.2):

(21)

În figura 2.2., s-au reprezentat două drepte caracteristice pentru două elemente de construcție, pentru care s-a presupus un acelaşi cost constant b, iar variabilele $c_1 \neq c_2$, respectiv $c_2 > c_1$.

Domeniul de valabilitate al celor două drepte poate fi acelaşi sau poate începe de la valori $-R'_1$ şi respectiv R'_2 în fig.2.2.

Rezistențele termice R'_1 (R'_2) reprezintă suma rezistențelor termice superficiale şi a rezistențelor termice ale celorlalte straturi, altele decât stratul de material termoizolant.
În cazul unui element de construcție cu alcătuirea omogenă pe direcția perpendiculară fluxului termic (fără punți termice), rezistența termică specifică corectată R' este egală cu rezistența termică specifică unidirecțională R (R'=R).

2.4.2. Conductivitatea termică echivalentă

În situația în care materialul termoizolant nu reprezintă un strat omogen fiind străbătut de punți termice de beton armat (nervuri sau ploturi) sau metalice (agrafe din oțel inoxidabil), în locul conductivității termice λ caracteristice materialului termoizolant, se introduce în calcule conductivitatea echivalentă λ_{ech}.
Pentru straturile cvasiomogene (cap.7.2. din C 107/3-97) alcătuit dintr-un strat termoizolant cu ancore metalice de legătură, conductivitatea termică echivalentă se poate determina cu relația (3) din C 107/3-97:

[W/(mK)] (22)

în care:

χ coeficientul punctual de transfer termic, aferent unei ancore, care se determină pe baza unui calcul tridimensional al câmpului de temperaturi sau se ia din tabelele cuprinse în normativul C 107/3, [W/K];
n numărul de ancore metalice pe m^2, [m^2];
d grosimea stratului termoizolant [m].

Relația de mai sus se poate utiliza şi pentru determinarea valorii λ_{ech} pentru materialele termoizolante prevăzute cu ploturi din beton armat.
Pentru materialele termoizolante având incluziuni formate din nervuri (din beton armat sau din zidărie), valoarea λ_{ech} se poate determina aproximativ cu relația:

[W/(mK)] (23)

în care:

ψ coeficienții liniari de transfer termic, corespunzători tipurilor de nervuri existente, [W/(mK)];
l lungimile corespunzătoare ale nervurilor aferente unui m^2 de element de construcție [m/m^2];
d grosimea stratului termoizolant [m].

În cazul general, când se cunoaşte rezistența termică specificp corectatp R' a unui element de construcție, conductivitatea termică echivalentă λ_{ech} a materialului termoizolant se poate determina cu relația:

[W/(mK)] (24)

în care:

suma rezistențelor termice specifice ale straturilor dispuse perpendicular pe directia fluxului termic, altele decât stratul de material termoizolant.
Rezistența termică specifică corectată R' a unui element de construcție se poate determină fie exact (cu ajutorul câmpurilor termice şi/sau tridimensionale, sau pe baza metodei coeficienților liniari de transfer termic ψ , fie aproximativ, conform anexei H din Normativul C 107/32-1997 (3).
Pentru calcule preliminare, orientative, rezistența termică corectată se poate evalua conform pct.3.5.3 din (2), printr-o reducere globală a rezistențelor termice unidirecționale, astfel:

- la pereți exteriori R' = (0,55.... 0,80)R
- la terase şi planşee sub poduri R' = (0,75....0,85) R
- la planşee peste subsoluri R' = (0,65...0,75) R
- la pereți adiacenți rosturilor inchise R' =(0,80 ...0,90) R

2.4.3. Relația cost - rezistență termică

În cele de mai sus s-a presupus ca relația între cost şi rezistența termică este prezentată de o linie dreaptă, existând o proporționalitate între variația costului şi variația rezistenței termice a elementului de construcție (fig.2.2).
Pentru calcule mai exacte şi situații speciale, relația cost - rezistență termică nu mai este liniară, ci reprezintă o curbă.
Reprezentarea grafică a acestei curbe se poate face efectuând calculul câmpurilor de temperatură pentru mai multe grosimi de material termoizolant şi determinând, pe această bază, rezistențele termice corectate R' corespunzătoare.
Curba de variație a costului IC în funcție de R' se construieşte prin unirea unui număr de 4-5 puncte, dar minimum 3 puncte (fig.2.3.).
În unele situații, când se observă că alura curbei este apropiată de o linie dreaptă, curba se poate înlocui cu o linie dreaptă, pentru care se determină ecuația corespunzătoare şi deci coeficienții b şi c.
La stabilirea relației cost-rezistență termică, în prețul unitar p(lei/m^3 de material termoizolant) trebuie să fie cuprinse şi costul corespunzător al agrafelor metalice, al ploturilor din beton armat sau/şi al nervurilor din beton armat, calculând în acest scop un preț ponderat, acest preț ponderat se calculează pentru fiecare grosime de material termnoizolant.

2.4.4. Optimizarea soluției constructive

Optimizarea soluției constructive a unui element de construcție se face exclusiv prin metoda grafică, reprezentând în cadrul aceluiaşi grafic liniile caracteristice fiecăreia dintre soluțiile comparate (fig.2.3.).
Din examinarea unui astfel de grafic se pot aprecia domeniile de rezistență termică, pentru care una sau alta dintre soluții este mai eficientă din punct de vedere economic.
Astfel, în fig.2.3. s-au considerat 3 soluții: 1,2 şi 3, soluțiile 1 şi 2 fiind reprezentate de linii drepte, soluția 3 fiind o linie curbă construită prin 4 puncte.
Din examinarea figurii se vede că, până la valoarea rezistenței R'_{1-2} soluția 2 este cea mai avantajoasă, în timp ce pentru valori $R'>R'_{1-2}$ soluția cea mai eficientă este soluția 1.
Pentru domeniul $R'<R'_{2-3}$ cea mai scumpă este soluția 3 iar pentru $R'>R'_{2-3}$, cea mai oneroasă soluție este soluția 2.
Pe grafic s-a marcat şi domeniul de valabilitate al celor 3 linii, valorile minime ale acestora fiind R'_1, R'_2 şi respectiv R'_3.
Pentru unele soluții, domeniul de valabilitate poate avea şi o valoare limită maximă, ca de exemplu în fig.2.3, soluția 1, la care s-a presupus că, din considerente constructive, domeniul de valabilitate este

limitat la valoarea . Din acest motiv, pentru valori R' > , soluția optimă devine soluția 3.

2.5. OPTIMIZAREA SOLUȚIEI CONSTRUCTIVE ŞI A REZISTENȚEI TERMICE CORECTATE A UNUI ELEMENT DE CONSTRUCȚIE

Optimizarea soluției constructive, concomitent cu optimizarea rezistenței termice corectate, se face reprezentând grafic curbele totale C = 1 + E determinate conform pct.2.3.3 pentru mai multe soluții constructive (fig.2.4).
Din compararea acestor curbe (stabilite pentru acelaşi număr "n" de ani de exploatare) se pot determina:

- Ierarhizarea eficienței mai multor soluții, pentru diverse rezistențe termice R'. Astfel, în fig.2.4. pentru rezistența termică R' = 2[m^2K/W], cea mai eficientă soluție este soluția 3 şi cea mai scumpă soluția 1, în timp ce pentru R' = 1 [m^2K/W], situația este inversă.
- Valorile R'opt pentru fiecare soluție constructivă considerată (R'_{1opt}, $R'_{2\,opt}$, $R'_{3\,opt}$) şi costurile totale minime, corespunzătoare ($C_{1\,min}$, $C_{2\,min}$, $C_{3\,min}$) conform fig.2.4.
- Rezistența termică optimă, din ansamblul soluțiilor analizate. În exemplul din fig.2.4 aceasta este soluția 3, cu perechea de valori (R'_{3opt} - $C_{3\,min}$).

Din fig.2.4., se mai poate observa şi alura curbelor caracteristice fiecarei soluții în parte şi anume curbe care, având o curbură mai pronunțată, au o valoare R'_{opt} precis marcată (de exe.curba 1) sau curbe mai aplatizate, la care se poate determina un interval mai mare de rezistențe termice optime (de exe.curbele 2 şi 3).

2.6. OPTIMIZAREA TAMPLARIEI EXTERIOARE

Metodele de optimizare arătate în capitolele precedente 2.3. şi 2.4. se pot aplica, cu unele particularități şi la suprafețele vitrate reprezentate în principal de ferestre şi uşi de balcon.

La tâmplăria exterioară, soluția constructivă este definită de materialul utilizat la confecționarea tocurilor sau cercevelelor (lemn, PVC, aluminiu, etc) precum şi de detaliile de alcătuire a acestora.
Soluțiile constructive se pot clasifica în următoarele grupe:

- tâmplărie din lemn (simplă, cuplată, dublă, etc);
- tâmplărie din PVC (în sistem bicameral, tricameral, etc);
- tâmplărie din aluminiu (cu sau fără întreruperea punților termice, etc).

În cadrul acestor grupe, se constituie în soluții constructive diferite, tâmplăriile realizate după anumite standarde sau detalii de firmă.
Soluțiile constructive diferă între ele prin prețuri şi caracteristici termotehnice ale tocurilor şi cercevelelor, diferite.
În cadrul unei aceleiaşi soluții constructive, se poate obține o variație a rezistenței termice, prin utilizarea diferitelor tipuri de geamuri:

- geamuri simple;
- geamuri termoizolante duble sau triple, cu diverse distanțe între foi;
- idem ca mai sus, dar cu spațiul dintre geamuri umplut cu un gaz inert în loc de aer.

Ca şi celelalte elemente de construcție, la tâmplăria exterioară se pot face următoarele tipuri de optimizări:

- optimizarea soluției constructive cu ajutorul căreia se determină soluțiile cele mai eficiente pentru diverse domenii de rezistențe termice;
- optimizarea costului investiției (construcții + instalații aferente);
- determinarea rezistenței termice optime pentru o anumită soluție constructivă care conduce la alegerea geamurilor celor mai eficiente;
- optimizarea concomitentă, atât a soluției constructive, cât şi a rezistenței termice.

La ultimele trei tipuri de optimizări, se ține seama şi de variația, în funcție de rezistența termică, a costurilor instalației de încălzire, iar la ultimele două şi de variația costului exploatării pentru un număr de ani.
Analiza comparativă a diferitelor tipuri de tâmplării exterioare trebuie obligatoriu să aibă în vedere şi modul de etanşare a rosturilor dintre toc şi cercevele (numărul falțurilor, numărul şi felul garniturilor, etc).
Analiza complexă a tâmplăriilor exterioare ar putea să includă şi aspectele referitoare la modul de etanşare al rosturilor dintre toc şi perete, în măsura în care acest detaliu important este rezolvat diferit la soluțiile comparate.
Mai mult decât la alte elemente de construcție, alegerea unei anumite soluții de tâmplărie trebuie să se bazeze nu numai pe rezultatul calculului de optimizare, ci să țină seama şi de alte aspecte precum durabilitatea tâmplăriei, cheltuielile de întreținere, aspectul estetic, modul de întreținere - curățare, riscul de condens interior, lipsa punților termice, coeficientul de transfer termic liniar aferent zonei de perete adiacent, riscul de condens pe conturul golului din perete, etc.

2.7. OPTIMIZAREA DETALIILOR CONSTRUCTIVE

Procedeele de optimizare pentru elementele de construcție, se pot extinde şi la analiza comparativă şi optimizarea detaliilor de alcătuire a unor noduri constructive importante: colțuri, intersecții între pereți şi planşee, racordarea tâmplăriei exterioare la pereți, buiandrugi, parapete, balcoane, atice, cornişe, socluri, etc.
Când aceste detalii nu sunt judicios alcătuite, în zonele respective au loc pierderi suplimentare importante de căldură în raport cu câmpul curent al elementelor perimetrale, pierderea suplimentară fiind cuantificată prin coeficienții liniar de transfer termic ψ .

Coeficienții ψ exprimați în [W/(m.K)], reprezintă parametrii caracteristici fiecărui detaliu, aşa după cum alcătuirea din câmpul curent al unui element de construcție este caracterizată prin coeficientul de transfer

termic , exprimat în W/(m^2.K).
La operația de optimizare a nodurilor şi detaliilor constructive este importantă valoarea totală, însumată, a tuturor coeficienților liniari de transfer termic aferenți ($\Sigma\psi$).

În principiu, calculul de optimizare pentru un detaliu se face în felul următor:
- Pentru un anumit detaliu (nod) se concep mai multe variante de alcătuire şi de protecție termică, cu materiale termoizolante şi grosimi ale acestora, diferite.
- Pentru toate variantele unui detaliu se calculează câmpuri de temperaturi cu ajutorul unui program automat de calcul şi se extrag:
  - temperaturile minime;
  - lațimea eventualei zone de condens superificial;
  - fluxurile termice.

- Pe baza fluxurilor termice Φ , se calculează coeficienții liniari de transfer termic ψ .
- Se calculează costul de investiție IC pentru fiecare detaliu, în lei/m.
- Se stabileşte o relație pentru costul instalației de încălzire II şi pentru costul de exploatare E, în funcție de coeficientul liniar de transfer termic ψ .
- Se calculează costul total, în care C = IC + II + E

Soluția optimă pentru detaliul analizat este aceea care conduce la un cost total C minim, în condițiile respectării tuturor aspectelor privind comportarea termotehnică corespunzătoare (evitarea condensului pe suprafețele interioare, s.a.).

2.8. DETERMINAREA DURATEI DE RECUPERARE A INVESTIȚIEI

Prevederile de mai jos se referă exclusiv la clădirile de locuit existente care se modernizează şi se reabilitează din punct de vedere termotehnic.

2.8.1. Durata de recuperare a investiției se calculează cu relația:

[ani] (25)

în care:
I valoarea investiției, corespunzătoare adoptării unei soluții de izolare termică superioară, [lei/m^2];
Δ E valoarea economiei anuale realizate în exploatare, ca urmare a măririi rezistenței termice corectate R', [lei/(m^2.an)].

2.8.2. Relația de calcul a valorii economiei anuale realizate în exploatare Δ E este:

[lei/(m^2.an)] (26)

în care:
z numărul anual de grade-ore al perioadei de încălzire, care se determină cu relația (13), [mii.K.h/an];
e prețul real, mediu, al unui kWh de energie termică pentru încălzire, aferent unei perioade de N ani [lei/kWh];
R'1 rezistența termică corectată a soluției existente înainte de modernizarea termotehnică [m^2K/W];
R'2 rezistența termică corectată a soluției superioare din punct de vedere al protecției termice, după modernizarea termotehnică [m^2K/W];
τ_1 factorul de corecție a temperaturilor exterioare, înainte de modernizarea termotehnică [-];
τ_2 factorul de corecție a temperaturilor exterioare, după modernizarea termotehnică [-];
Factorii de corecție a temeperaturilor exterioare se calculează cu relația (4) din (2) în care temperatura T_u se determină cu relația (14) din (3).
Dacă prin lucrările de modernizare termotehnică se fac îmbunătățiri la etanşarea elementelor de construcție de pe conturul spațiului adiacent neîncălzit, la determinarea temperaturii T_u se pot adopta valori diferite ale ratelor schimburilor convenționale de aer, conform tabelului IV din [3].

2.8.3. La determinarea duratei de recuperare a investiției efectuate pentru modernizarea termotehnică a tâmplăriei exterioare, valoarea economiei anuale realizate în exploatare se poate calcula cu relația:

lei/(m^2.an)] (27)

în care
R_1 şi R_2 rezistențele termice ale tâmplăriei exterioare, înainte şi după modernizarea termotehnică [m^2K/W];

n_1 şi n_2 rata convențională a schimburilor de aer, înainte şi după modernizarea termotehnică, conform Normativului C 107/1-1997 Anexa 1 h^{-1} ;
V volumul interior, încălzit, al clădirii, care se calculează în conformitate cu prevederile din Normativul (2), [m^3];
A_F aria tâmplăriei exterioare aferentă clădirii [m^2].
Termenul al doilea din relația (27) reprezintă economia anuală care se realizează datorită reducerii ratei schimburilor convenționale de aer, ca urmare a prevederii, la modernizare, a garniturilor de etanşare între cercevele şi toc, precum şi între cercevele; evident, termenul al doilea se consideră în calcul numai dacă în proiectul de modernizare se prevede efectiv această masură, inclusiv în ceea ce priveşte costul acestei operații.
La determinarea valorii investiției aferente garniturilor de etanşare, se va ține seama de durata de viață a acestora.
2.8.4. La determinarea valorii investiției I, se vor avea în vedere următoarele:

- în cazul curent, având în vedere că modernizarea nu implică costuri suplimentare la instalația de încălzire interioară, în valoarea I nu se include costul aferent acesteia: I = IC
- Dacă din diverse alte considerente, cu ocazia modernizării termotehnice a elementelor de construcție, se înlocuiesc corpurile de încălzire existente cu altele noi, din valoarea investiției se scade o parte din costul acestora şi anume cel aferent îmbunătățirii termice a elementelor de construcție: I = IC - Δ II
- În situațiile în care - aşa cum este recomandabil - modernizarea termotehnică a unui element de construcție sau a întregii clădiri, se face cu ocazia efectuării unor reparații capitale parțiale sau totale, din costul investiției se scade costul lucrărilor comune ambelor operații: I = IC - Δ IC
- În care Δ IC reprezintă costul lucrărilor de construcții comune atât operațiilor de modernizare termotehnică, cât şi celor de reparații capitale.
- În situațiile în care pentru realizarea reabilitării termotehnice, proprietarul (investitorul) nu dispune în totalitate de suma necesară şi apelează la un credit bancar, la valoarea de investiție se adaugă suma totală a dobânzilor plătite pe perioada de rambursare.

2.8.5. La determinarea valorii Δ E se vor avea în vedere următoarele:

- majorarea în timp, a prețului unitar al energiei termice, considerând o rată de creştere cu o valoare constantp pe durata de recuperare;
- modificarea în timp, a prețului unitar al energiei termice, ca urmare a ratei anuale de depreciere a monedei pe baza căreia se fac calculele economice.

Pentru determinarea prețului unitar, real al energiei termice, mediu pe perioada de recuperare (cu luarea în considerare a ratelor anuale menționate mai sus) se vor folosi relațiile de calcul şi precizările de la pct.2.3.4.
Prețul unitar al energiei termice (e) se determină cu relațiile (14) şi (15), în care în loc de "n" ani se consideră durata de recuperare a investiției, de "N" ani.
Calculele se fac prin câteva încercări succesive.
2.8.6. Pentru a evidenția limitele între care variază duratele de recuperare pentru fiecare element de construcție în parte, se pot considera cel puțin 3 variante pentru rezistența termică corectată R', astfel:

- o valoare minimă, care să asigure nivelul minim de confort (R' > R'_{nec}) şi de protecție contra condensului superificial ($T_{si.minim} > \theta_r$);
- o valoare medie, aproximativ egala cu rezistență termică $R'_{mîn}$ prescrisa în normativul C 107/1-1997 (2);
- o valoare maxima R' > R'_{min}

Din compararea rezultatelor obținute, se alegea soluția cea mai convenabilă din diferite puncte de vedere, urmărind în acelaşi timp să se obțină o durată de recuperare a investiției cât mai redusă.
Durata de recuperare a investiției poate fi, în unele situații, impusă de considerente economico-financiare, de către creditori sau investitori.

Se consideră ca acceptabilă o durată de recuperare de pâna la 35 de ani.
Duratele de recuperare de până la 15 ani sunt considerate deosebit de avantajoase.
Durata de recuperare a investiției trebuie, în orice caz, să fie mai mică decât durata fizică de viață apreciată pentru clădire, măsurată din anul în care se realizează modernizarea termotehnică.
2.8.7. Spre deosebire de metodele de optimizare prezentate în subcapitolele 2.3...2.6, la care calculul se face exclusiv pentru fiecare element de construcție în parte, determinarea duratei de recuperare a investiției se poate face atât pentru fiecare element în parte, cât şi pe ansamblul unei clădiri. Se determină astfel o durata unică de recuperare a întregii investiții, pe ansamblul întregii clădiri.
Selectând cele mai convenabile soluții pentru fiecare element de construcție în parte, se poate obține cea mai avantajoasă soluție de modernizare termotehnică pentru clădirea în ansamblul ei.
De asemenea se pot determina mai multe valori pentru durata de recuperare pe ansamblul clădirii, adoptând pentru diverse elemente de construcție, valorile R' convenabile din diferite puncte de vedere.
Se pot întocmi variante care să realizeze minimizarea valorii de investiție sau încadrarea acesteia în suma disponibilă pentru modernizare, determinând pentru fiecare din aceste variante, duratele de recuperare corespunzătoare.
2.8.8. Un alt mod de exprimare a eficienței unei modernizări termotehnice constă în determinarea costului unui kWh de căldură economisită pe durata de viață a clădirii. Se utilizează relația de calcul:

[lei/(kWh)] (28)

în care:
$\overline{N}$ durata de viață a clădirii, după modernizare [(ani)];
$\overline{e}$ costul unui kWh de energie termică eocnomisit în " $\overline{N}$ " ani [lei/kWh].
Se consideră ca acceptabil un cost al unității de căldură economisită mai mic decât prețul real, mediu, al energiei termice, aferent duratei de viață a clădirii după modernizare:
$\overline{e} \leq e$ [lei/(kWh)] (29)
în care:
e prețul real, mediu, al unui kWh de energie termică pentru încălzire, aferent duratei de viață al clădirii după modernizare, calculat cu relațiile (14) şi (15), în care în loc de "n" ani, se consideră " $\overline{N}$ " ani [lei/kWh].

2.9. OPTIMIZAREA COEFICIENTULUI GLOBAL DE IZOLARE TERMICĂ (G)

2.9.1. În cadrul normativului C 107/1-1997 (2), se prevede ca pentru fiecare clădire de locuit în ansamblu, să fie obligatorie determinarea unui indicator sintetic al protecției termice şi anume coeficientul global de izolare termică G, exprimat în W/m^3K.
Conform aceluiaşi normativ, la clădirile noi, acest coeficient trebuie să fie mai mic decât un coeficient normat GN, care se dă în Anexa 2 a normativului C 107/1-97 şi care variază între valorile 0,37 şi 0,86 W/m^3K, în funcție de numărul de niveluri şi de raportul A/V dintre aria anvelopei şi volumul clădirii.
La clădirile existente care se modernizează, condiția $G \leq GN$ nu este obligatorie, ci doar recomandată.
Pentru încadrarea în aceste valori, se permite proiectanților să acționeze diferențiat asupra diverselor elemente de construcție care alcătuiesc anvelopa clădirii, cu condiția ca rezistențele termice corectate ale acestora să nu fie mai mici decât rezistențele termice minime, normate, R'_{min} stabilite în Anexa 3 din (2).
Pe lânga alte criterii pe care proiectantul le poate avea în vedere, el poate, printr-o analiză comparativă şi prin câteva încercări, să acționeze în primul rând asupra acelor elemente de construcție la care efectul asupra scăderii valorii G este mai mare în condițiile unui cost de investiție cât mai redus.
Se obține în acest fel încadrarea în coeficienții normați GN în condițiile unui cost total minimizat.
2.9.2. Evaluarea performanței globale de izolare termică a unei clădiri prin coeficientul G, oferă proiectanților o libertate mai mare în alegerea nivelului de izolare termică pentru fiecare element de construcție component al anvelopei. Astfel, realizarea unui anumit nivel global de izolare termică se poate face în mod divers, izolând mai mult unele elemente de construcție perimetrale şi mai puțin pe altele.
Pornind de la o multitudine de variante posibile, alegerea unei variante optime se poate face numai în condițiile în care se cunosc componentele care pot influența comportarea termotehnică globală a unei clădiri şi în ce masură ponederea acestora este mai mult sau mai puțin importantă. Pe baza acestor componente, se poate acționa în fiecare caz în parte, în primul rând asupra acelor aspecte şi asupra

acelor elemente ale anvelopei care au un aport mai mare în reducerea pierderilor globale de căldură şi care conduc la costuri totale cât mai reduse.
2.9.3. Pe lângă rezistențele termice corectate ale elementelor de construcție perimetrale, alți factori care influențează nivelul global de izolare termică al clădirilor de locuit şi asupra cărora se poate de asemenea acționa în cadrul acțiunii de optimizare, sunt:

- Parametrii geometrici ai clădirilor (perimetrul P, suprafața în plan S limitată de perimetru, înălțimea H, numărul de niveluri N, aria anvelopei exterioare A, volumul încălzit V delimitat de suprafața anvelopei considerate), care au o influență substanțială asupra valorilor G şi GN.
- Gradul de vitrare v, exprimat prin raportul dintre aria tâmplăriei exterioare şi aria totală a pereților exteriori (zona opacă + zona vitrată).
- Configurația în plan (cuantificată prin raportul P/S) şi configurația în spațiu a clădirii (cuantificată prin raportul A/V) care au influență asupra modului în care fiecare element de construcție component al anvelopei participă la pierderile globale de caldură.
- Retragerile gabaritice, existența bowindourilor, precum şi alte variații ale ariilor construite de la nivel la nivel.
- Temperaturile din interiorul spațiilor neîncălzite adiacente (poduri, subsoluri, s.a) care influențează asupra coeficienților globali de izolare termică G, prin intermediul coeficienților de corecție a temperaturilor exterioare (τ).
- Gradul de adăpostire a clădirii considerate, în raport cu clădirile învecinate, precum şi gradul de permeabilitate a tâmplăriei exterioare, care influențează substanțial asupra coeficientului global de izolare termică G, prin intermediul ratei schimburilor convenționale de aer aferente volumului interior, încălzit, al clădirii (n).

SCHEMA PRIVIND APLICAREA METODEI SIMPLIFICATE DE OPTIMIZARE A PARAMETRILOR DE IZOLARE TERMICĂ LA CLĂDIRILE DE LOCUIT

[top]

3. RECOMANDĂRI PRIVIND ALCĂTUIREA ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE PERIMETRALE LA CLĂDIRILE DE LOCUIT NOI

3.1. GENERALITĂȚI

3.1.1. În acest capitol, Ghidul conține detalii curente şi indicații referitoare la pereții exteriori, tâmplăria exterioară, planşeele de terasă, planşeele de pod, planşeele de peste subsol şi plăcile pe sol, destinate clădirilor de locuit, care se vor realiza în conformitate cu reglementările termotehnice în vigoare C 107/1, 1,3,4,5 - 1997 şi C 107/0-1998.
3.1.2. În figurile anexate acestui capitol sunt prezentate soluții de principiu, cu caracter exemplificativ. Preluarea acestor detalii în cadrul proiectelor de execuție va fi însoțită în mod obligatoriu de adaptarea acestora la situațiile concrete, de dezvoltarea lor ca detalii de execuție, precum şi de completarea lor cu elemente tehnologice.
La elaborarea detaliilor de execuție, concomitent cu respectarea condițiilor termotehnice, este obligatoriu a se verifica şi respectarea exigențelor de rezistență şi stabilitate, durabilitate, izolare hidrofugă şi fonică, etc conform reglementărilor tehnice în vigoare.
Detaliile prezentate nu epuizeaza gama de soluții posibile, alte soluții putând fi utilizate cu respectarea tuturor exigentelor.
Detaliile de firma vor fi utilizate numai în condițiile verificarii lor obligatorii din punct de vedere termotehnic de catre proiectanți şi verificatori atestati.
3.1.3. Nu fac obiectul prezentului Ghid, următoarele soluții de pereți exteriori:
- Pereți alcătuiți din piese din lemn, cu umplutura din material termoizolante eficient (λ < 0,06 W/mk).
- Pereți cu strat de aer ventilat. Această soluție va fi utilizată în condițiile asigurării unei corecte circulații a aerului în spațiul ventilat şi a unei alcătuiri şi ancorări corespunzătoare a stratului exterior de protecție.
- Pereți structurali sau nestructurali, alcatuiți dintr-un strat din beton armat sau din zidărie şi dintr-un strat termoizolant amplasat la interior. Această soluție, care nu este recomandabilă, va fi utilizată cu prudență, numai pe baza unui studiu aprofundat întocmit obligatoriu de către un specialist termotehnician care va

calcula câmpurile de temperatură, va face verificarea la difuzia vaporilor de apa şi va prevedea barierele contra vaporilor, necesare.
- Pereți şi acoperişuri la mansarde, la proiectarea cărora se vor respecta condițiile prevăzute în normativul specific în vigoare.
3.1.4. La alcătuirea elementelor de construcție care compun anvelopa clădirilor de locuit şi a nodurilor caracteristice ale acestora, este important să se urmărească:
- prevederea unei izolații termice adecvate (cu caracteristici gigrotermice corespunzătoare: λ , ρ , $1/K_D$ etc) cu o grosime suficientă, evitând materialele care ar necesita dimensiuni exagerate; se recomandă termoizolații eficiente (λ < 0,06 W/mk): polistiren expandat, polistiren extrudat, plăci rigide din vată minerală sau de sticlă, spumă poliuretanică ş.a.;
- amplasarea judicioasă a izolației termice, evitând poziționarea defectuoasă din punct de vedere al difuziei vaporilor de apă şi al stabilității termice;
adoptarea unor soluții eficiente din punct de vedere economic, evitând consumuri suplimentare de materiale şi costuri excesive.
3.1.5. Se vor avea în vedere următoarele aspecte importante:
- Evitarea în cât mai mare măsură a punților termice şi corectarea lor (în cazurile în care nu pot fi evitate prin alcătuire), tinându-se seama şi de lungimea zonei de influență a acestora.
- Realizarea unor coeficienți liniari de transfer termic ψ cât mai reduşi, la nodurile care reprezintă punți termice geometrice: colțuri ieşinde, intersecția pereților exteriori cu terasa, soclul, conturul ferestrelor etc.
- Asigurarea unor tencuieli adecvate la interior şi la exterior, care să asigure impermeabilitatea la apa şi permeabilitatea la vapori de apă.
- Realizarea unei continuități a izolației termice, atât fizic cât şi ca valoare a rezistenței termice (aceleaşi rezistențe termice pentru zone cu alcătuiri diferite).
- Poziționarea izolației termice de preferință spre exteriorul elementului de construcție.
În cazurile în care poziționarea spre interior a stratului termoizolant este temeinic justificată, se va analiza cu deosebită atenție comportarea la difuzia vaporilor de apă, în vederea evitării apariției condensului interior în sezonul de iarnă şi asigurării evaporării acestuia în sezonul cald. Se vor prevedea în mod adecvat, bariere contra vaporilor.
- Asigurarea unei stabilități termice corespunzătoare, atât pentru condițiile de iarnă cât şi pentru cele de vară. În cazul elementelor de construcție uşoare, se vor adopta soluții de elemente de construcție cu rezistente termice sporite.
GHID PRIVIND OPTIMIZAREA NIVELULUI DE PROTECȚIE TERMICĂ LA CLĂDIRILE DE LOCUIT
BORDEROU FIGURI CAP.3
fig.3.0. Legenda
fig.3.1. Tipuri de pereți exteriori
fig.3.2. Alcătuire şi detalii de pereți exteriori bistrat, structural (tip B) şi nestructurali (tip E)
fig.3.3 Alcătuire şi detalii de pereți exteriori structurali tristrat (tip G)
fig.3.4 Alcătuire şi detalii de pereți exteriori tristrat, structurali (tip F) şi nestructurali (tip H)
fig.3.5. Detalii în plan pentru pereți exteriori structurali monostrat (tip A)
fig.3.6 Detalii în plan pentru pereți exteriori nestructurali monostrat (tip C)
fig.3.7 Detalii placă pe sol pentru pereți exteriori structurali (tip A si G)
fig.3.8. Detalii planşeu peste subsol neîncălzit pentru pereții exteriori structurali tristrat (tip F şi G)
fig.3.9. Detalii planşeu de nivel curent pentru pereți exteriori structurali monostrat (tip A)
fig.3.10. Detalii buiandrugi pentru pereți exteriori monostrat, (tip A) şi nestructurali (tip C)
fig.3.11. Detalii solbanc pentru pereți exteriori monostrat (tip A,C) şi tristrat (tip F,G)
fig.3.12. Detalii în plan, la spaleti, pentru pereți exteriori monostrat (tip A,C) şi tristrat (tip F,G)
fig.3.13. Detalii în plan, la logii, pentru pereți exteriori nestructurali, monostrat (tip C) şi tristrat (tip H)
fig.3.14. Detalii planseu de terasa pentru pereți exteriori structurali, monostrat (tip A) şi tristrat (tip G)
fig.3.15. Detalii planşeu de pod pentru pereți exteriori structurali, monostrat (tip A) şi tristrat (tip G)
fig.3.16. Detalii în zona radiatoarelor
fig.3.17. Detalii pentru elementele de încălzire înglobate în elemente de construcție
fig.3.18. Detalii cutie de oblon rulant
fig.3.19. Tipuri de tâmplărie exterioară
fig.3.20. Tâmplărie exterioară din lemn. Tâmplărie simplă.
fig.3.21. Tâmplărie exterioară din lemn. Tâmplărie cuplată.
fig.3.22. Tâmplărie exterioară din lemn. Tâmplărie dublă

fig.3.23. Tâmplărie exterioară din PVC.
NOTA Cotele sunt date în centimetri la fig. 3.1..3.18 şi în milimetri la fig.3.19...3.23.

3.2. ALCĂTUIREA PEREŢILOR EXTERIORI

O clasificare a tipurilor de pereți exteriori - structurali şi nestructurali - cuprinşi în prezentul Ghid este dată în fig.3.1.

3.2.1. Pereți exteriori monostrat

Pereții exteriori monostrat, structurali şi nestructurali, se pot realiza, în principal, din:

- Zidărie din blocuri din beton celular autoclavizat BCA

De regulă la pereții structurali se utilizează blocuri din BCA - GBN 50, iar la pereții nestructurali - blocuri din BCA - GBN 35.

Înălțimea asizelor este de 20 cm în mod curent, dar se pot realiza şi zidării cu asize având înălțimea cuprinsă între 15 şi 25 cm.

Pentru a putea amplasa în rosturi orizontale armături şi ancore metalice, zidăria se execută cu rosturi obişnuite de cca.10 mm grosime. Pentru a asigura protecția armăturilor (de regulă ϕ 6 OB 37) împotriva coroziunii, se prevede mortar de ciment şi var marca M 50Z.

Pereții se execută cu grosime de 40..50 cm, de regulă fără rosturi verticale longitudinale; la pereții nestructurali se admite şi soluția cu un rost vertical longitudinal continuu (fără țesere pe direcție transversală), pentru legături prevazându-se ancore transversale metalice.

În situațiile în care nu se prevăd armături sau ancore în rosturi, se pot realiza şi zidării cu rosturi subțiri umplute cu mortar adeziv, soluție mai avantajoasă din punct de vedere termotehnic.

- Zidărie din blocuri ceramice cu multe goluri

Blocurile ceramice sunt prevăzute cu un număr mare de rânduri de goluri verticale (fante), dispuse perpendicular pe direcția fluxului termic şi au o densitate aparentă mai mică de 900 kg/m^3.

Înălțimea asizelor este de 20..25 cm, iar grosimea pereților, egală cu cea a blocurilor, este de 37,5 ...50 cm.

La alcătuirea detaliilor se vor avea în vedere următoarele:

Pereții monostrat nestructurali este indicat să fie amplasați complet în afara structurii (fig.3.6.), această soluție având avantajul că nu se micşorează rezistența termică în dreptul stâlpilor, bulbilor prevăzuți la extremitățile pereților structurali din beton armat şi a grinzilor. În cazul în care totuşi, din diverse motive, peretele se amplasează parțial în grosimea stâlpilor şi grinzilor, este necesară corectarea punților termice. În această zonă rezistența termică trebuie să fie cel puțin egală cu cea din câmp curent, prin prevederea unei termoizolații eficiente amplasate astfel încât să depăşească zona de influență a punții termice cu cca.20 cm.

La pereții structurali monostrat, stâlpişorii dispuşi la intersecții şi colțuri nu vor avea grosimi egale cu latimea peretilor, ci grosimi mai mici şi vor fi protejati cu o termoizolație dispusa spre exterior (fig.3.5.).Nu se recomanda amplasarea stâlpisorilor de o parte şi de alta a golurilor de tâmplărie.Centurile din beton armat, de regula de 20 cm inaltime, trebuie să fie protejate cu un strat de termoizolație eficienta de 5-6 cm grosime şi o latime care trebuie să depaseasca inaltimea centurii cu câte 20 cm în ambele parti ale acesteia (fig.3.9.).

Poziționarea tâmplăriei se recomandă să se facă în treimea mijlocie a grosimii pereților.În cazul buiandrugilor alcătuiți din 2 elemente din beton armat între care se amplasează un strat de termoizolație eficientă, tâmplăria trebuie poziționată în dreptul acestei termoizolații. Amplasarea tâmplăriei spre fața exterioară este defavorabilă atât din punct de vedere termotehnic cât şi în ceea ce priveşte infiltrațiile de apă.

La zidăria din blocuri BCA, în special în cazul unor tâmplării cu tocuri de lățime redusă, se recomandă realizarea, la glafurile verticale exterioare ale zidăriei, a unor urechi de min.5 cm lățime. Realizarea urechilor este posibilă fie prin adoptarea unei țeseri cu un rost vertical longitudinal continuu, fie prin adoptarea soluției din fig.3.12.

Se interzice prevederea de solbancuri din beton armat, chiar cu grosimi reduse, sau de ancadramente, care să formeze punți termice străpunse (fig.3.11).

Pentru evitarea formării condensului pe glafurile interioare de pe conturul tâmplăriei, este recomandată utilizarea tâmplăriei duble din lemn. În cazurile în care se utilizează totuşi tâmplării cu tocurile de lățimi reduse (6-9 cm), pentru evitarea condensului, se recomandă aplicarea uneia din soluțiile de principiu prezentate în fig.3.11 şi fig.3.12.

O atenție specială trebuie acordată modului de realizare a buiandrugilor alcătuiți de regulă din beton armat prefabricat sau monolit, evitând crearea unei zone de punte termică cu probabilitate mare de apariție a condensului. În fig.3.10 se sugerează două soluții de corectare a punților termice de la buiandrugi.
La racordarea pereților exteriori nestructurali de la logii cu pereții structurali din beton armat monolit, adiacenți, pentru a reduce în cât mai mare măsură efectul negativ al punților termice, se vor lua măsuri de izolare termică corespunzătoare pe una sau pe ambele fețe, după caz, a pereților din beton armat (fig.3.13.).
În scopul reducerii pierderilor de căldură în zona elementelor de radiator, în cazul în care se doreşte realizarea unor nişe pentru amplasarea acestora, rezistența termică a peretelui din această zonă va trebui să aibe o valoare cu cel puțin 20% mai mare decât cea a peretelui din câmp curent, acest lucru putându-se realiza prin montarea în spatele radiatorului a unui strat de termoizolație eficientă protejată cu o tencuială din mortar armat (fig.3.16.).

3.2.2. Pereți exteriori bistrat

Pereții structurali se realizează cu un strat de rezistență amplasat spre interior şi un strat termoizolant poziționat spre exterior (fig.3.2.), astfel:

- Stratul de rezistență poate fi realizat, fie din beton armat monolit cu grosime minimă de 15 cm, fie din zidărie de caramidă plină sau cu goluri verticale GVP, de minimum 25 cm grosime.
- Stratul termoizolant se realizează din materiale rigide eficiente ($\lambda \leq 0{,}06$ W/mK) şi se aplică, fie prin lipire generală sau parțială, fie prin fixare mecanică de stratul de rezistență prin intermediul unor piese metalice. Stratul de protecție a termoizolației, realizat de regulă din tencuială subțire adezivă, armată cu o plasă din fibre de sticlă sau metalică rezistentă la coroziune, trebuie să fie permeabil la vaporii de apă şi impermeabil la apă.

Pereții nestructurali se realizează în mod similar cu pereții structurali, dar stratul de rezistență - din zidărie de cărămidă cu goluri verticale GVP - poate avea o grosime mai mică, dar cel puțin 15 cm (fig.3.2.).
La proiectare şi execuție, se va da atenție următoarelor aspecte:

- evitarea pătrunderii apei între stratul termoizolant şi stratul de rezistență, în special în pozițiile mai vulnerabile de la soclu şi de pe conturul tâmplăriei exterioare;
- prevederea unor etanşări speciale realizate cu chituri elastice, la racordarea dintre tâmplăria exterioară şi perete;
- asigurarea unei stări uscate a peretelui înainte de aplicarea stratului termoizolant;
- prevederea unor profile de aluminiu la colțurile verticale ieşinde, la cele orizontale de la soclu, precum şi la colțurile de pe conturul golurilor de tâmplărie exterioară;
- prevederea unor măsuri speciale la parter, pentru evitarea deteriorării tencuielii şi a termoizolației la acțiuni mecanice.

3.2.3. Pereți exteriori tristrat

Pereții structurali se realizează astfel (fig. 3.3. şi fig. 3.4.):

- un strat de rezistență din beton armat monolit sau din zidărie de caramidă plină de 25 cm grosime sau cu goluri verticale GVP, de 25 sau 30 cm grosime;
- un strat din termoizolație eficientă ($\lambda \leq 0{,}06$ W/mK);
- un strat exterior de protecție, din zidărie de cărămidă plină sau cu goluri verticale GVP, de 1/2 cărămidă grosime (12,5 sau 15 cm grosime nominală).

Pereții nestructurali se realizează astfel (fig.3.4.):

- un strat de rezistență din zidărie de cărămidă cu goluri verticale GVP, de 1/2 cărămidă grosime (12,5 sau 15 cm grosime nominală);
- un strat din termoizolație eficientă ($\lambda \leq 0{,}06$ W/mK);
- un strat exterior de protecție, din zidărie de cărămidă plină sau cu goluri verticale GVP, de 1/2 cărămidă grosime (12,5 sau 15 cm grosime nominală).

Pereții din zidărie de 1/2 cărămida grosime se armează cu bare OB 37 ϕ 6 amplasate în rosturile orizontale, la 50-60 cm distanță. Mortarul utilizat va fi M 50Z, care, prin conținutul corespunzător de ciment, asigură protecția anticorozivă a barelor de oțel-beton.
Legătura dintre straturi se va realiza cu bare din oțel inoxidabil ϕ 6 (5-6 buc/m^2) care străbat stratul termoizolant şi se ancorează în straturile adiacente, astfel:

- ancore în formă de Z sau U, înglobate în rosturile orizontale ale pereților din zidărie;
- mustăți prevăzute de la turnare în pereții din beton armat monolit şi ancorate în rosturile orizontale ale pereților exteriori de protecție din zidărie de cărămidă.

La pereții nestructurali, stratul de rezistență, alcătuit din zidărie de cărămidă, va fi legat de bulbii şi stâlpii din beton armat monolit, prin intermediul unor mustăți prevăzute de la turnarea acesatora şi va fi temeinic împănat în elementele structurale orizontale şi verticale, adiacente.
La pereții structurali, stratul de rezistență din zidărie de cărămidă se execută conform normativului P2-85, prevazându-se stâlpişori din beton armat monolit la colțuri, la intersecții de pereți, precum şi, eventual, la marginea golurilor de ferestre; în rosturile orizontale, pentru mărirea rezistenței antiseismice, se pot prevedea bare OB 37 sau PC 52 (2 ϕ 6...8/15...30 cm). Centurile şi buiandrugii se pot realiza de orice dimensiuni, deoarece în această variantă de alcătuire nu există probleme de punți termice.
La pereții structurali cu stratul de rezistență din beton armat, nu este necesară verificarea comportării la difuzia vaporilor de apă, aceasta fiind corespunzătoare chiar în absența unei bariere contra vaporilor.
La pereții la care stratul de rezistență este alcătuit din zidărie de cărămidă, se va face verificarea comportării la difuzia vaporilor de apa şi se vor prevedea eventuale bariere contra vaporilor, amplasate fie pe fața termoizolației dinspre interior a stratului de rezistență (folie de polietilenă), fie pe fața dinspre interior a stratului de rezistență (pelicule, vopsitorii). În funcție de rezultatele calculelor se pot prevedea, fie la fiecare etaj, fie numai la soclu, eventuale barbacane de evacuare a condensului interior.
Tâmplăria exterioară se va monta în mod obligatoriu în dreptul startului termoizolant. La acest tip de perete, se pot realiza cu uşurință urechi pe glafurile exterioare verticale ale tâmplăriei (fig.3.12).

3.3. ALCĂTUIREA PLANŞEULUI DE TERASĂ

Alcătuirea terasei pentru care se dau detalii în prezentul ghid, este cea a unui acoperiş "compact" (fără un spațiu de aer ventilat în alcătuirea lui), soluție practicată curent şi frecvent aproape în exclusivitate, la noi în țară.
Pot fi utilizate următoarele soluții de principiu:

3.3.1. Terase cu termoizolația amplasată sub hidroizolație (soluție uzualaă, în care apar următoarele straturi principale, enumerate de jos în sus (fig.3.14.):

- placa de planşeu;
- betonul de pantă (de regulă peste 2%);
- bariere contra vaporilor şi stratul de difuzie;
- stratul de termoizolație rigidă eficientă ($\lambda \leq 0{,}06$ W/mK);
- şapa de protecție a termoizolației, care este şi strat suport pentru hidroizolație, de cca.2...4 cm grosime;
- hidroizolația bituminoasă sau din folii polimerice;
- strat de protecție şi de lestare, alcătuit din pietriş de cca. 4 cm grosime la terasele necirculabile şi din dale de beton pe suport de nisip la terasele circulabile.

În varianta, stratul de beton de pantă poate fi amplasat peste stratul termoizolant.

3.3.2. Terase "inverse" cu termoizolația amplasată peste hidroizolație, în care caz stratul de termoizolație se realizează din polistiren extrudat, care se caracterizează prin absorbție mică de apă, rezistența mare la cicluri de îngheț - dezgheț şi rezistență mecanică mare. Această soluție - mai puțin uzuală - poate fi în anumite situații mai avantajoasă decât prima, deoarece pe de o parte hidroizolația este mai puțin expusă la variații de temperatură, la radiații ultraviolete şi la şocuri mecanice, ceea ce îi conferă o durată de viață mai mare, iar pe de altă parte se pot face economii deoarece nu mai sunt necesare bariere contra vaporilor şi un strat de şapă.
La ambele soluții, în condițiile utilizării unor straturi hidroizolante de calitate superioară, se poate elimina betonul de pantă.

Detaliile sunt date pentru cazul unui atic cu înălțimea de minimum 30 cm, dar ele pot fi uşor adaptate pentru un atic mai înalt, necesar uneori în cazul teraselor circulabile sau din considerente estetice; tot din considerente estetice, în loc de atice se pot prevedea cornişe.
În unele situații, o soluție eficientă din punct de vedere termotehnic şi economic se poate obține prin eliminarea completă a aticului sau prin realizarea unui atic de înălțime foarte mică (sub 20 cm).
La proiectarea şi execuția teraselor se va acorda o atenție specială, printre altele, următoarele aspecte:

- realizarea legăturii stratului de difuzie cu exteriorul fie numai pe conturul terasei, fie şi printr-un număr corespunzător de deflectoare amplasate pe suprafața curentă a terasei;
- realizarea detaliului de pe conturul terasei, astfel încât să se reducă, în cât mai mare masură, prin continuitatea stratului termoizolant, influența punților termice;
- prevederea unor detalii corecte în zonele sensibile din punct de vedere al izolației termice şi hidrofuge, la: racordarea cu scurgerile interioare, racordarea cu ventilațiile şi cu chepengul de ieşire pe terasă, racordarea cu zonele supraînălțate (ex: casa liftului), racordarea cu străpungerile pentru aerisirea coloanelor de canalizare ale instalațiilor sanitare, etc.

3.4. ALCĂTUIREA PLANŞEULUI DE POD

Detaliile se referă la cazul frecvent utilizat, cu pod neîncălzit (fig.3.15.)
Alcătuirea planşeului de pod este - în general - următoarea (straturile fiind enumerate de jos în sus):

- placa de planşeu;
- bariera contra vaporilor (eventual);
- strat de termoizolație eficientă ($\lambda \leq 0{,}06$ W/mK) realizat de regulă cu polistiren expandat sau plăci de vată minerală rigidă, în grosime corespunzătoare pentru atingerea unei rezistențe termice mai mari decât cea normată;
- strat de protecție, de regulă realizat dintr-o şapă din mortar de ciment de cca.2-3 cm grosime.

Detaliul căruia trebuie să i se acorde o maximă atenție este cel de racordare cu pereții exteriori.
Detaliile din fig.3.15 sunt date pentru situație uzuală în care cosoroaba reazemă pe un parapet cu înălțimea de cca.30...40 cm. În situația în care acest parapet nu există, iar cosoroaba reazemă direct pe centură, pentru a obține continuitatea stratului termoizolant în această zonă, se recomandă înglobarea parțială sau totală a cosoroabei în stratul termoizolant.
Trebuie să fie tratată cu atenție şi izolarea termică la racordarea cu diverse elemente de construcție şi de instalații interioare: coşuri, ventilații, aerisirea coloanelor de canalizare, etc.

3.5. ALCĂTUIREA PLANŞEULUI PESTE SUBSOLUL NEÎNCĂLZIT

Detaliile se refera la doua posibilitati de amplasare a termoizolației (fig.3.8):
3.5.1. Soluția cu stratul termoizolant peste planşeu, sub pardoseală, în care apar următoarele straturi (enumerate de sus în jos):

- pardoseală (strat de circulație);
- şapă de protecție din mortar de ciment de 3-4 cm, slab armat;
- barieră contra vaporilor (eventual);
- strat din termoizolație eficientă ($\lambda \leq 0{,}06$ W/mK) din polistiren
- expandat sau plăci de vată minerală foarte rigidă;
- placă de planşeu.

3.5.2. Soluția cu stratul termoizolant la intradosul planşeului, cu următoarea alcătuire (enumerate de sus în jos):

- pardoseală (strat de circulație);
- şapă de egalizare din mortar de ciment de 3-4 cm grosime;
- placă de planşeu;
- strat din termoizolație eficientă ($\lambda \leq 0{,}06$ W/mK) din polistiren
- expandat sau plăci de vată minerală;

- strat de protecție realizat de regulă sub forma unui strat de tencuială din mortar de ciment de 3...4 cm grosime, armat cu plase sudate STNB şi agățat prin intermediul unor agrafe din oțel inoxidabil de planşeul din beton armat.

În variantă, stratul termoizolant se poate realiza în situ, din spumă poliuretanică, aplicată prin torcretare, fără strat de protecție.
În comparație cu cea de-a doua soluție, prima soluție are următoarele avantaje:

- un număr mai mic de punți termice ca urmare a faptului că elementele structurale din beton armat de la subsol au o pondere mai mare din suprafața planşeului decât cele de la parter (grinzile şi pereții structurali în subsol sunt mai mulți şi de grosime mai mare, uneori fiind prevăzuți chiar pereți suplimentari pentru adăposturi de protecție civilă iar planşeul este prevăzut deseori cu grinzi din beton armat);
- un cost mai redus, ca urmare a manoperei mai simple de fixare a termoizolației şi a absenței unui strat special de protecție a stratului termoizolant.

Deşi riscul de condens pe suprafața interioară este mult mai redus decât la pereții exteriori sau la planşeul terasă (ca urmare a temperaturii mai ridicate din subsol față de temperatura exterioară) proiectantul specialist la racordarea cu soclul, temperaturile superficiale nu coboară sub temperatura punctului de rouă.
De asemenea, trebuie făcute verificări referitoare la comportarea la difuzia vaporilor de apă, astfel încât să nu apară riscul producerii condensului interior. În acest scop, în cazul amplasării termoizolației peste planşeu, se poate prevedea între stratul termoizolant şi şapa de protecție, o barieră contra vaporilor, realizată de regulă dintr-o folie de polietilenă de grosime corespunzătoare.
O atenție deosebită trebuie acordată la racodarea pe contur, cu peretele de soclu. În această zonă trebuie prevazută şi o izolare termică exterioară (pe o înălțime de cel puțin 45 cm) a soclului şi trebuie micşorată, în cât mai mare masură, influența consolei din dreptul planşeului
În cazul amplasării stratului termoizolant sub planşeu, pentru a îmbunătăți comportarea zonei de racordarea dintre planşeu şi soclu poate fi necesară termoizolarea peretelui de pe conturul subsolului, pe fața interioară, pe o înălțime de 30-40 cm.
De asemenea, în unele situații, poate fi necesară îmbracarea grinzilor din beton armat din subsol cu un strat termoizolant.
Se atrage atenția asupra obligativității de a determina temperatura în subsolul neîncălzit printr-un calcul pe baza bilanțului termic, în conformitate cu prevederile din C 107/5-1997, deoarece cu cât izolația termică a planşeului de peste subsol este mărită, cu atât temperatura în subsol scade, aceasta conducând la necesitatea măririi rezistenței termice necesare din considerente igienico-sanitare ($\Delta T_{i.max}$ = 2°C). Grosimea termoizolației se determină prin câteva încercări succesive, facând un calcul de optimizare.

3.6. ALCĂTUIREA PLĂCII PE SOL

La clădirile fără subsol, placa de la partea inferioară a parterului va avea următoarea alcătuire de principiu, straturile fiind enumerate de jos în sus (fig.3.7):

- strat de pietriş ciuruit monogranular, pentru a împiedica ascensiunea capilară a apei, de 8-10 cm grosime;
- strat separator din folie de polietilenă, pentru a împiedica pătrunderea apei din betonul turnat în placă, în stratul de pietriş;
- placă de beton slab armată în grosime de 10-15 cm;
- strat de hidroizolație bituminoasă (eventual), în funcție de situația locală;
- strat termoizolant din materiale eficiente, de min.6 cm grosime (polistiren expandat, vată minerală rigidă);
- şapă de protecție, executată din mortar de ciment slab armat cu grosimea de min.4 cm;
- pardoseală (stratul de circulație).

O atenție deosebită trebuie acordată la racordarea cu soclul, unde trebuie să fie adoptate detalii care să micşoreze influența punților termice existente în zonă. Măsurile care se pot lua în această zonă se referă în principal la izolația pe verticală a soclului, pe fața exterioară şi, eventual, şi pe fața interioară.

În situația în care, în placă pe sol se înglobează elemente de încălzire, rezistența termică însumată, a tuturor straturilor amplasate între aceste elemente şi pamânt, trebuie să fie de cel puțin 2,8 [m^2K/W] (fig.3.17); o condiție similară trebuie respectată şi în cazul înglobării unor elemente de încălzire în pereții exteriori (fig.3.17).

3.7. ALCĂTUIREA TÂMPLĂRIEI EXTERIOARE

Ca urmare a rezistențelor termice minime prevăzute pentru tâmplăria exterioară la clădirile de locuit ($R'_{mîn}$ ≥0,50 [m2K/W]), tâmplăria exterioară utilizată până acum în mod curent şi anume tâmplăria din lemn cu cercevele cuplate sau tâmplăria de lemn dublă prevăzută cu două foi de geam simplu, nu mai este corespunzătoare:

S-au selectat următoarele tipuri de tâmplării pentru ferestre şi uşi de balcon, care realizează rezistențele superioare valorii minime normate (fig.3.19):

3.7.1.Tâmplărie din lemn:

- simplă - (fig.3.20) conform detalii STAS 465-1991, prevăzută cu un geam termoizolant dublu 4+12+4 mm, având o suprafată realizată dintr-un strat care reflectă razele infraroşii, cu un coeficient de emisie e ≤ 0,10, şi caracterizat printr-un coeficient de transfer termic Ug = 1,8 W/m^2K;
- cuplată - (fig.3.21) conform detalii STAS 465-1991, prevazută cu un geam simplu şi un geam termoizolant dublu 4+12+4 mm; geamul termoizolant poate fi netratat (Ug = 2,9 W/m^2K) sau tratat cu un strat reflectant ca mai sus;
- dublă - (fig.3.22) realizată prin adaptarea corespunzătoare a detaliilor din STAS 465-1991, prevazută cu aceleaşi geamuri ca la tâmplăria cuplată.

3.7.2. Tâmplărie cu tocuri şi cercevele din PVC (fig.3.23.) în sistem tricameral, cu ranforsări din profile metalice galvanizate şi având un coeficient de transfer termic Uf ≤2 W/m^2K. La acest tip de tâmplărie se folosesc următoarele tipuri de geamuri (fig.3.19):

- geam termoizolant dublu 4+12+4 mm, cu o suprafață tratată cu un strat reflectant având un coeficient de emisie e ≤ 0,10 şi cu un coeficient de transfer termic Ug = 1,8 W/m^2K;
- idem, dar cu dimensiuni 4+16+4 mm, la care Ug = 1,6 W/m^2K;
- geam termoizolant triplu, cu o suprafața tratată, cu dimensiuni 4+9+4+9+4 mm, la care Ug = 1,3 W/m^2K;
- idem, dar cu dimensiuni 4+12+4+12+4 mm, la care Ug = 1,1, W/m^2K.

Detaliul din fig.3.23 reprezintă un exemplu de tâmplărie cu tocuri şi cercevele din PVC, fiind un produs de firmă. Evident, se pot utiliza şi alte detalii cu caracteristici similare: sistem tricameral, ranforsări metalice şi garnituri de etanşare.

Tipurile de tâmplării de mai sus, realizează rezistențe termice care variază între 0,49 şi 0,68 [m^2K/W] (fig.3.19).

Rezistențele termice din fig.3.19...3.23 s-au calculat pe baza indicatoriilor din (3) Anexa I, considerând:

- raportul dintre aria geamului (A_g) şi aria ferestrei (A_F):

A_g/A_F = 0,66 - la tâmplăria de lemn;

A_g/A_F = 0,66 - la tâmplăria din PVC.

- raportul dintre perimetrul geamului termoizolant IIg) şi aria ferestrei A_F :

I_g/A_F = 3,0 m/m^2

conductivitatea termică a lemnului, considerat de esență moale:

λ = 0,19 [W/(mK)]

În cele de mai sus s-a considerat că spațiul dintre foile care alcătuiesc geamurile termoizolante este umplut cu aer. În cazul utilizării în loc de aer a unui gaz inert (argon), rezistențele termice ale ferestrelor cresc cu 0,02 - 0,07 [m^2K/W], ajungând la valori cuprinse între 0,54 şi 0,73 [m^2K/W](fig.3.19).

Se atrage atenția asupra faptului ca utilizarea tâmplăriei PVC prevăzută cu un geam termoizolant dublu fara nici o suprafață tratată, nu oferta o soluție corespunzătoare, realizând rezistente termice de numai 0,37 - 0,39 [m^2K/W].

Pentru a micşora pierderile de căldură în situația în care radiatoarele sunt amplasate în fata unei tâmplării exterioare, se vor respecta doua condiții speciale (fig.3.16):

- rezistența termică a tâmplăriei din zona elementelor de radiator va fi de cel puțin 0,60 [m^2K/W];

- între elementele de radiator şi tâmplărie se va prevedea un ecran special cu o rezistență termică de cel puțin 1,10 [m^2K/W].

În situația în care la partea superioară a ferestrelor se prevăd obloane rulante, rezistență termică în zona cutiei oblonului va fi de cel puțin 1,65 [m^2K/W], prin căptuşirea la interior a cutiei cu un strat de termoizolație eficientă, de cel puțin 6 cm grosime (fig.3.18).
Toate tâmplăriile din lemn, trebuie să fie de calitate superioară, cu păsuire perfectă (tâmplărie din lemn uscat) şi să fie prevăzute cu garnituri de etanşare similare cu graniturile de la tâmplăria PVC. Se menționează că în detaliile din fig. 3.20, fig. 3.21 şi fig. 3.22 nu sunt figurate graniturile de etanşare.
Pe conturul tâmplăriei exterioare trebuie să se realizeze prin proiectare şi execuție o etanşare perfectă față de infiltrațiile de aer şi apă, precum şi o bună izolare sub aspect termotehnic.
La partea superioară a golului de tâmplărie, pe glaful superior, se va prevedea obligatoriu un lăcrimar.
La partea inferioară a golului de tâmplărie se va prevedea de regula, un solbanc din tablă zincată sau din PVC, proiectat şi executat corespunzător, superior calitativ.
În cazul utilizării, la clădirile de locuit a tâmplăriei exterioare din aluminiu, aceasta va fi neapărat realizată cu întreruperea punților termice, utilizând tampoane termoizolante cu dimensiuni şi conductivități corespunzătoare.
Se vor utiliza geamuri termoizolante duble sau triple, cu sau fără tratarea suprafețelor, astfel încât să se obțină tâmplării exterioare cu rezistențe termice mai mari de 0,5 [m^2K/W].
[top]

4. METODA PENTRU DETERMINAREA NECESARULUI ANUAL DE CĂLDURĂ PENTRU ÎNCĂLZIRE PE BAZA COEFICIENȚILOR GLOBALI DE IZOLARE TERMICĂ "G" , LA CLĂDIRILE DE LOCUIT

4.1. GENERALITĂȚI

4.1.1. Necesarul anual de căldură utilizată pentru încălzirea, în perioada rece, a clădirilor, este un indicator important care reflectă gradul de protecție termică în ceea ce priveşte economia de energie şi reprezintă principala caracteristică energetică a clădirilor.
Prevederile conținute în acest capitol se aplică la toate tipurile de clădiri de locuit, inclusiv la cămine, internate, ş.a. - conform Normativului C 107/1 - 1997. Prevederile acestui capitol sunt valabile atât la clădirile de locuit noi cât şi la clădirile de locuit existente pentru situația de dinainte sau/şi de după modernizarea termotehnică.
4.1.2. Prevederile conținute în acest capitol nu se aplică la următoarele categorii de clădiri de locuit:

- clădirile proiectate pentru un aport activ de căldură solară;
- clădirile prevăzute cu instalații de ventilare acționare mecanică, cu sau fără recuperarea căldurii.

4.1.3. În acest capitol se tratează următoarele aspecte:
- Determinarea cu o metodă simplificată a necesarului anual de căldură pentru încălzire aferent unui m^3 de volum încălzit, în funcție de coeficientul global de izolare termică a clădirii (G), calculat conform Normativului C 107/1 - 1997.
Metoda de calcul (pct.4.2...4.6.) ține seama de condițiile climatice ale amplasamentului, precum şi de aporturile de cladură internă şi solară (pasivă) şi se poate folosi la determinarea prin calcul a necesarului anual de căldură atât pentru clădirile noi, cât şi pentru cele existente (reabilitate sau nereabilitate).
- Idem ca mai sus, dar în condiții climatice şi de exploatare a instalației de încălzire - unificate, pentru calcule comparative (pct.4.7.).
- Valori normate pentru necesarul anual de căldură pentru încălzire (pct.4.8.).

4.2. NECESARUL ANUAL DE CALDURA

Necesarul anual de căldură pentru încălzire aferent unui m^3 de volum inteiror, se calculează cu relația:

$$[kWh/(m^3.an)] \quad (1)$$

în care:
Q necesarul anual de căldură pe metru cub de volum [$kWh/(m^3 . an)$]
G coeficientul global de izolare termică a clădirii, care se determină în conformitate cu prevederile din Normativul C 107/1-1997 $W/(m^3K)$;

C coeficient de corectie (-);

numărul anual de grade-zile de calcul, corespunzător localității unde este amplasată clădirea, calculat pentru temperatura interioară medie în perioada de încălzire (θ_i) şi pentru temperatura exterioara medie zilnica care marchează începerea şi oprirea încălzirii (θ_{eo} = +12$_0$C); se exprimă în (K/zile);
Q_i aportul util de căldură rezultat din locuirea clădirii, aferent unui m^3 de volum încălzire #9; KWh/m^3.an;
Q_s aportul util de căldură provenită din radiația solară, aferentă unui m^3 de volum încălzit KWh/mc.an.

4.3. NUMĂRUL ANUAL DE GRADE-ZILE DE CALCUL

Numărul anual de grade-zile de calcul se determină pe baza prevederilor din standardul SR 4839-1997, cu relația:

K.zile (2)

în care:

numărul anual de grade-zile de calcul, pentru θ_i =+20^{0}C şi pentru θ_{eo} =+12^{0}C, K.zile

θ_i temperatura interioară medie a clădirii (^{0}C)

D_{12} durata convențională a perioadei de încălzire, corespunzătoare temperaturii exterioare care marchează începerea şi oprirea încălzirii θ_{eo} = + 12^{0}C, (zile)

4.3.1. Temperatura interioară medie a clădirii se calculează cu relația:

(^{0}C) (3)

în care:

V_{uj} volumul util al fiecăreia din încăperile direct încălzite (prevăzute cu corpuri de încălzire) ale clădirii (m^3)

θ_i temperatura interioară de calcul a încăperilor direct încălzite ale clădirii (^{0}C)

Volumul util al încăperilor V_{uj} se determină prin înmulțirea ariei utile (A_{uj}) cu înălțimea liberă (h_{uj}) măsurată între fața superioară a pardoselii şi tavan.

Dacă încăperile au aceeaşi înălțime liberă, se poate folosi relația:

(^{0}C) (4)

în care:

A_{uj} aria utilă a fiecăreia din încăperile direct încălzite ale clădirii m^2

4.3.2. Pentru o serie de localități, numărul anual de grade zile de calcul ; şi durata convențională a perioadei de încălzire D_{12} se dau în tabelul 4.1.

4.3.3. Relațiile (1) şi (2) precum şi valorile şi $D_{12\ din}$ tabelul 4.1. sunt valabile la clădirile la care temperatura exterioară care marchează începerea şi oprirea încălzirii este θ_{eo} = +12°C.

Pentru clădirile la care $\theta_{eo} \neq$ +12°C în relatiile (1) şi (2), valorile , şi D_{12} se înlocuiesc cu valori

şi respectiv care se calculează pe baza prevederilor din standardul SR 4839-1997 (8).

4.3.4. Pentru localitățile care nu sunt cuprinse în tabelul 4.1. parametrii N şi D se pot determina fie prin comparație cu valorile corespunzătoare ale unor localități învecinate, având condiții asemanătoare de temperatura exterioară şi relief, fie printr-un calcul exact, în conformitate cu prevederile din SR 4839-1997.

Tabelul 4.1.

NUMĂRUL ANUAL DE GRADE-ZILE DE CALCUL şi DURATA CONVENTIONALA A PERIOADEI DE ÎNCĂLZIRE

Nr.	Localitatea	θ_a		D_{12}

crt.		°C	K.zile	zile
0	1	2	3	4
1	Adamclisi	10.8	3123	193
2	Alba Iulia	8.9	3460	210
3	Alexandria	1.07	3150	189
4	Arad	10.4	3020	192
5	Bacău	9	3630	209
6	Baia-Mare	9.5	3350	201
7	Bârlad	9.6	3460	200
8	Bistrița	7.9	3850	224
9	Blaj	8.9	3530	210
10	Botoşani	9.0	3630	209
11	Braşov	7.5	4030	227
12	Brăila	10.5	3170	190
13	Bucureşti	10.6	3170	190
14	Buzău	10.7	3150	189
15	Calafat	11.4	2980	181
16	Călăraşi	11.2	3010	185
17	Câmpina	8.9	3530	210

18	Câmpulung-Moldovenesc	6.5	4270	242
19	Câmplulung-Muscel	7.9	3820	224
20	Caracal	10.9	3100	187
21	Caransebeş	10.1	3180	196
22	Cluj	8.3	3730	218
23	Constanța	11.5	2840	186
24	Craiova	10.6	3170	190
25	Curtea-de-Argeş	8.8	3540	210
26	Deva	9.6	3300	200
27	Dorohoi	8.4	3850	217
28	Drăgăşani	10.4	3120	192
29	Făgăraş	7.7	3930	227
30	Focşani	9.9	3350	196
31	Galați	10.5	3190	190
32	Giurgiu	11.1	3030	185
33	Gura Honț(Arad)	9.8	3290	198
34	Grivița(Ialomita)	10.5	3190	190
35	Huşi	9.7	3420	199
36	Iaşi	9.4	3510	201

37	Joseni	4.9	4960	259
38	Lugoj	10.4	3100	192
39	Mangalia	11.4	2880	187
40	Medgidia	11.5	2960	187
41	Miercurea-Ciuc	6.5	4250	242
42	Odorheiul-Secuiesc	7.7	3940	227
43	Oradea	10.2	3150	195
44	Oravița	10.9	3000	187
45	Paltiniş-Sibiu	4.5	5170	266
46	Petroşani	7.6	3960	227
47	Piatra Neamț	8.7	3560	198
48	Piteşti	9.7	3420	199
49	Ploieşti	10.1	3390	196
50	Poiana Stampei(Suceava)	4.0	5290	284
51	Predeal	4.8	5090	259
52	Râmnicu-Sărat	10.6	3170	190
53	Râmnicu-Vâlcea	10.3	3120	194
54	Reşița	10.1	3130	196
55	Roman	8.8	3700	210

56	Satu-Mare	9.4	3370	201
57	Sebeş	9.1	3470	208
58	Sfântu Gheorghe (Covasna)	7.0	4140	235
59	Sibiu	8.5	3660	215
60	Sighişoara	8.3	3640	216
61	Sinaia (cota 1500)	3.6	5650	325
62	Slatna	10.6	3200	190
63	Slobozia	10.6	3150	190
64	Suceava	7.5	4080	230
65	Sulina	11.3	3000	190
66	Târgoviste	10.1	3390	196
67	Târgu Jiu	10.1	3390	196
68	Târgu Mures	8.8	3540	210
69	Târgu Ocna	9.3	3410	205
70	Târgu Secuiesc	6.8	4370	237
71	Tecuci	9.8	3390	198
72	Timişoara	10.6	3180	190
73	Tulcea	11.0	3070	191
74	Turda	8.7	3560	198

75	Turnu-Măgurele	11.2	3010	185
76	Turnu-Severin	11.6	2810	181
77	Urziceni	10.6	3170	19*0
78	Vaslui	9.3	3570	205
79	Vatra Dornei	5.3	04580	257
80	Zalău	9.5	3300	201

θ_a temperatura medie anuala

numărul anual de grade zile de calcul, calculat pentru temperatura interioară medie a clădirii în perioada de încălzire θ_i= +20°C şi pentru temperatura exterioara medie zilnica care marcheaza momentul inceperii şi opririi incalzirii θ_{eo} = +12°C

D_{12} durata convențională a perioadei de încălzire corespunzătoare unei temperaturi θ_{eo} = +12°C.

4.4. COEFICIENTUL DE CORECTIE

Coeficientul de corecție (C) ține seama de:
- reducerea temperaturii interioare pe durata nopții;
- variația în timp a temperaturii exterioare;
- dotarea instalației interioare de încălzire cu dispozitive de reglare termostată a temperaturii interioare;
- regimul de exploatare a instalației de încălzire.

Coeficientul de corecție (C) se determină, în funcție de numărul de grade-zile , din fig.4.1., întocmită în conformitate cu (9).

4.5. APORTUL DE CĂLDURĂ INTERNĂ

4.5.1. Aportul de căldură rezultată din locuirea clădirii (căldura internă) Qj, provine din:
- fluxul termic emis de persoanele care locuiesc, muncesc sau staționează în încăperile clădirii;
- utilizarea apei calde pentru spălat, activități menajere, etc;
- prepararea hranei, în principal prin utilizarea combustibilului gazos;
- utilizarea energiei electrice pentru diferite activități casnice (radio, TV, frigider, aspirator, maşina de spălat, ş.a.);
- iluminatul general şi local;
- funcționarea ventilatoarelor, a aparatelor de aer condiționat, a calculatoareleor electronice, ş.a.

4.5.2. La clădirile de locuit aportul de căldură internă specific se va considera cu valoare Q_i = 7 kWh/ (m^3.an)

4.6. APORTUL DE căldură PROVENIT din RADIATIILE SOLARE

4.6.1. Aportul de căldură al radiației solare (Q_s) se consideră că se realizează numai prin suprafețele vitrate (ferestre şi uşi exterioare, prevăzute cu geamuri). Nu se ține seama de aportul de căldură al radiației solare prin suprafețele opace.

Aportul de căldură utilă specific al radiației solare se calculează cu relația:

KWh/m^3.an (5)

în care:

Qs cantitatea de căldură datorată radiației solare, recepționată de o clădire, pe durata sezonului de încălzire, pe un m^3 volum încălzit;
I_{Gi} radiația solară globală disponibilă corespunzătoare unei orientări cardinale "j" KWh/m^2.an
g_i gradul de penetrare a energiei prin geamurile "i" ale tâmplăriei exterioare;
A_{Fij} aria tâmplăriei exterioare prevăzută cu geamuri cadre de tipul "i" şi dispusă după orientarea cardinală "j" m^2
V volumul interior, încălzit - direct sau indirect - al clădirii m^3
4.6.2. Radiația solară globala (directă şi difuză) disponibilă se determină cu relația:

KWh/m^2.an (6)

în care:
D_{12} durata convențională a perioadei de încălzire, corespunzătoare temperaturii exterioare care marchează începerea şi oprirea încălzirii θ_{eo} = +12°C (zile)
I_{Tj} intensitatea radiației solare totale, cu valori în funcție de orientarea cardinala "j" şi de localitatea în care este amplasata cladirea W/m^2
Duratele convenționale ale perioadei de încălzire D_{12} se dau, pentru 80 localități din România, în tabelul 4.1.
În tabelul 4.2. se dau valorile medii ale intensității radiației solare totale (I_{Tj}) pe un plan vertical cu orientarea "j" precum şi pe un plan orizontal, pentru 30 localități din România.
Pentru clădiri amplasate în localități care nu sunt cuprinse în tabelul 4.2., valorile intensităților radiației solare totale I_{Gj} se pot determina prin medierea valorilor corespunzătoare pentru cele mai apropiate 3 localități.
Suprafețele având o înclinare față de orizontală, egală sau mai mare de 30^0 vor fi considerate suprafețe verticale, iar cele cu o înclinare mai mică de 30^0 - suprafețe orizontale.
Orientarea "j" este definită de direcția pe care o are o dreapta perpendiculară pe suprafața geamului, în cadrul sectoarelor care delimitează cu o abatare de ±22,5^0 direcțiile cardinale N,NE,E,SE,S,SV,V şi NV. În pozițiile limită dintre sectoare, se va considera valoarea cea mai mică dintre cele 2 valori I_{Tj} adiacente.
Pentru faze preliminare de proiectare si/sau pentru calcule aproximative sau comparative se pot avea în vedere următoarele valori I_{GJ}, considerate medii pentru teritoriul România (fig.4.2):
orientarea spre SI_{GS} = 420 kWh/(m^2.an)
orientarea spre SE sau SV I_{GSE}= I_{GSV}=340 kWh/(m^2.an)
orientarea spre E sau V I_{GE} = I_{GV}= 210 kWh/(m^2.an)
orientarea spre NE sau NV I_{GNE} = I_{GNV}= 120 kWh/(m^2.an)
orientarea spre NI_{GN} = 100 kWh/(m^2.an)
suprafețe orizontale I_{GO} = 360 kWh/(m^2.an)
Dacă suprafețele vitrate sunt puternic umbrite (pe tot parcursul zilei sau în cea mai mare parte din zi), indiferent față de orizontală şi de orientarea cardinală, se va considera: I_{GU} = I_{GN} = 100 kWh/(m^2.an).
4.6.3. Gradul de penetrare a energiei solcare (g_i) prin geamurile clare ale tâmplăriei exterioare se va considera astfel:

- geamuri duble (2 geamuri simple, sau un geam termoizolant dublu) .....g = 0,75
- geamuri triple (3 geamuri simple, sau un geam simplu + un geam termoizolant dublu, sau un geam termoizolant triplu) 9; .....g = 0,65
- geam termoizolant dublu, având o suprafață tratată cu un strat reflectant al rezelor infraroşii …….....g = 0,50
- geamuri triple (un geam simplu + un geam termoizolant dublu sau un geam termoizolant triplu), având o suprafață tratată cu un strat reflectant al razelor infrarosii .....g= 0,45
- geam termoizolant triplu, având 2 suprafete tratate cu straturi reflectante ale razelor infrarosii..... …….....g =0,40

Tabelul 4.2.

INTENSITATEA RADIAȚIEI SOLARE TOTAL (I_{Tj})
- VALORI MEDII ZILNICE -

LOCALI-TATEA	I_{Tj} (W/m^2)					
	VERTICAL					ORIZONTAL
	S	SV SE	V E	NV NE	N	

Alexandria	91.1	74.9	46.8	25.5	20.2	80.8
Bacau	83.9	70.4	46.0	26.2	20.5	83.2
Bârlad	86.3	71.8	46.0	25.5	19.9	81.7
Botosani	84.8	71.0	46.0	25.8	20.0	82.8
Bucuresti	92.5	76.0	47.4	25.7	20.3	82.0
Calafat	91.3	74.5	45.7	24.4	19.4	77.4
Calarasi	95.0	77.6	47.6	25.2	19.8	81.1
Câmpina	96.0	79.5	50.3	27.7	21.8	89.3
Caransebes	85.4	70.7	44.9	25.0	19.9	78.8
Cluj-Napoca	88.2	74.2	48.5	27.7	21.5	88.4
Constanta	97.8	79.8	48.8	25.7	20.2	83.2
Craiova	92.5	76.0	47.4	25.7	20.3	81.7
Curtea-de-Arges	96.5	80.0	50.6	27.8	21.8	89.6
Dorohoi	83.0	69.8	45.7	26.3	20.6	83.47
Dragasani	97.8	80.1	49.3	26.1	20.5	84.8
Galati	92.1	75.6	46.8	25.0	19.6	80.6
Iasi	82.1	68.4	44.0	24.7	19.4	78.6
Oradea	87.1	71.9	45.1	24.5	19.1	78.9
Oravita	92.4	78.0	52.1	32.4	26.8	98.8

Predeal	99.8	81.4	49.6	25.7	19.9	84.8
Râmnicu-Sarat	93.8	76.4	46.6	24.6	19.5	78.8
Rosirorii de Vede	86.0	71.5	45.4	24.9	19.3	80.5
Satu-Mare	86.7	72.9	47.8	27.4	21.6	84.9
Sibiu	88.6	74.2	47.9	26.6	20.3	86.6
Târgu Jiu	91.5	75.6	47.6	26.0	20.5	83.3
Târgu Mures	85.3	71.8	47.1	27.0	21.1	85.6
Târgu Secuiesc	94.9	79.9	52.5	30.6	24.4	96.8
Timisoara	85.2	70.3	44.2	24.3	19.3	76.9
Turnu-Magurele	91.3	74.8	46.3	25.0	19.9	79.2
Turnu-Severin	93.4	75.9	46.0	24.1	19.2	77.4

4.6.4. Aria tâmplăriei exterioare prevăzută cu geamuri clare se va calcula în conformitate cu prevederile din normativele C 107/1 pct.3.3. şi C 107/3 pct.6.5. şi anume pe baza dimensiunilor nominale ale golurilor din pereți.
La tâmplăriile cu suprafețele înclinate, în calcule se vor considera ariile lor nominale, măsurate în planul lor.
La tâmplăriile exterioare la care aria libera a geamurilor (Ag) este mai mică decât 60% din aria tâmplăriei respective (A_F), aria acesteia se va considera în calcule:
$A_F = 1,5\ A_g$
Daca aria tâmplăriei exterioare (A_{Fj}) este mai mare decât dublul ariei părții opace (A_{Pj}) a respectivului perete, aria tâmplăriei exterioare care se va considera în calcule, se va limita la valoarea:

(7)

4.6.5 Volumul interior, încălzit - direct sau indirect - al clădirii (V) se determină în conformitate cu prevederile din Normativul C 107/1 - 1997 pct.3.4.

4.7. NECESARUL ANUAL DE căldură în CONDIȚII COMPARABILE

4.7.1. Pentru calcule comparative, precum şi pentru verificarea incadrarii clădirilor de locuit în valorile normate, se consideră următorii parametrii (climatici şi de exploatare a instalației de încălzire) unificați la valori considerate medii pe tara:

- numărul de grade zile de calcul…… = 3400 grade-zile
- radiația solară globala ……I_{Gj} = I_{GE} = 210 kWh/(m^2.an)
- coeficientul de corecție ……C = 0,9

4.7.2. În aceste condiții, relația de calcul (1) devine:

(8)

în care:
G coeficientul global de izolare termică a clădirii, determinat în conformitate cu prevederile din (2), W/m^3K
V volumul interior, încălzit, al clădirii, calculat în conformitate cu prevederile din (2) m^3
g_i gradul de penetrare a energiei prin geamurile "i" ale tâmplăriei exterioare, determinat conform pct.4.6.3.
A_{Fi} aria tâmplăriei exterioare prevazută cu geamurile "i" determinată conform pct.4.6.4. m^2

4.8. NECESARUL ANUAL DE căldură PENTRU ÎNCĂLZIRE, NORMAT

4.8.1. Pentru clădirile de locuit noi, proiectate după intrarea în vigoare a prezentului Ghid, se stabilesc valori normate (QN) pentru necesarul anual de căldură pentru încălzire, determinat în condiții comparabile, conform pct.4.7.
Valorile normate ale necesarului de căldură pe m^3 de volum încălzit (QN) se dau în tabelul 4.3. şi în fig.4.3. - în funcție de raportul A/V, în care:
A aria anvelopei clădirii de locuit, determinata în conformitate cu pct.3.3 din (2) m^2
V volumul interior, incalzit, al clădirii, calculat în conformitate cu pct.3.4. din (2) m^3

4.8.2. Se va respecta conditia obligatorie ca necesarul anual de caldura, calculat cu relația (8) să fie mai mic decât necesarul de căldură normat, astfel:
$Q \leq Q_N$ pentru clădirile care se vor proiecta după data intrării în vigoare a prezentului Ghid, dar înainte de 01.01.2005;
$Q' \leq Q_{N2}$ pentru clădirile care se vor proiecta după 01.01.2005

Tabelul 4.3.

A/V	**QN1**	**QN2**	**A/V**	**QN1**	**QN2**
m^{-1}	KWh/(m^3 . an)		m^{-1}	KWh/(m^3 . an)	
≤ 0.2	17.00	15.0	0.7	34.5	27.5
0.3	20.50	17.5	0.8	38.0	30.0
0.4	24.00	20.2	0.9	41.5	32.5
0.5	27.50	22.5	1.0	45.0	35.0
0.65	31.00	25.0	≥ 1.1	48.5	37.5

4.8.3. Pentru valori A/V intermediare, valorile QN se pot determina fie prin interpolare fie cu relatiile:

cu limitele de valabilitate;
$17,0 \leq QN1 \leq 48,5$
$15,0 \leq QN2 \leq 37,5$
4.8.4.Prevederile de la punctele 4.8.1....4.8.3, precum şi cele din Normativul C 107/1 - 1997 (2) pct.1.3. al.2, nu se aplică la clădirile care se modernizează şi se reabilitează din punct de vedere termotehnic. La aceste clădiri, prevederile de la pct.4.8.1...4.8.3. sunt orientative.
4.8.5. În cazul în care se doreşte ca necesarul anual de căldură să fie raportat la metru pătrat de arie utilă, se folosesc relaţiile de calcul:
$V_u=A_u \cdot h_u=0,8 \cdot V$ [m^3] (11)
$A_u=0,32 \cdot V$ [m^3] (12)
$V=3,125 \cdot A_u$ [m^3] (13)

în care:
A_u aria utilă totală a clădirii, egală cu suma ariilor utile ale tuturor apartamentelor, la care se adaugă ariile tuturor spaţiilor şi circulaţiilor comune (casa scării, holuri de intrare în cladire, spălătorii, uscătorii etc), [m^2]
V_u volumul util al clădirii, [m^3]
h_u înălţimea liberă a încăperilor, care se consideră cu valoarea unică, convenţională h_u = 2,50 m

necesarul anual de căldură aferent unui metru pătrat de arie utilă [kWh/(m^2.an)]

necesarul anual de caldură, normat, aferent unui metru pătrat de arie utilă [kWh/(m^2.an)]

4.9. NECESARUL ANUAL DE COMBUSTIBIL şi EMISIA ANUALA DE BIOXID DE CARBON
Pe baza necesarului anual de caldură, determinat conform pct.4.2...4.6. sau conform pct.4.7. se pot calcula:

- necesarul anual de combustibil;
- emisiile anuale de CO_2, SO_2, CO, NO_2, ş.a.

În tabelul 4.4. se dau unele date utile pentru determinarea necesarului anual de combustibil şi pentru evaluarea emisie anuale de bioxid de carbon.

Combustibilul	UM	Consum specific	Emisie de CO_2
		UM/kWh	Kg/kWh
Combustibil lichid	l	0.10	0.29
Gaz natural	m3	0.10	0.19
Termoficare	Gcal	$8,6 \times 10^{-4}$	0.24

Lemn	m3	1×10^{-3}	0.36
Carbune	kg	0.20	0.33...0.40

[top]

ANEXA A I
GRAFICE DESTINATE DETERMINARII VALORILOR R'_{opt} LA CLĂDIRILE DE LOCUIT - CAP.2

Fig.1
Fig.2
Fig.3
Fig.4
Fig.5
Fig.6
Fig.7
Fig.8

[top]

ANEXA A II
EXEMPLE DE CALCUL - CAP.2

EXEMPLUL DE CALCUL NR.1
Optimizarea materialului termoizolant

Se analizează comparativ următoarele materiale termoizolante:

- plăci rigide din polistiren expandat;
- plăci rigide din polistiren extrudat;
- plăci termoizolante din BCA.

În Tabelul 1 se dau densitatea aparentă (ρ), conductivitatea termică de calcul (λ) şi prețul unitar (p), loco furnizor (excl.TVA) aferente acestor materiale.

Tabelul 1

Materialul termoizolant	ρ	λ	p	$\rho \cdot \lambda$
	Kg/m^3	W/(m.K)	USD/m^3	USD.W/ (m^4.K)
Polistiren expandat	15	0.042 [2)]	35	1.47
Polistiren extrudat [1)]	30	0.031 [2)]	116	3.60

Plăci BCA [3)]	600	0.192[4)]	25	4.80

1) cu pori de suprafata inchisi
2) conform Normativ C 107/1 (Tabelul A1)
3) tehnologice YTONG
4) conform producator λ_o = 0,12 W/(m.K)

λ = 1,60, λ_o (Anexa A din C 107/3-1997)

În conformitate cu pct.2.2. din prezentul Ghid, eficiența economică a materialelor termoizolante este direct proporțională cu produsul "p·λ " - relația (1).

Din compararea valorilor "p·λ " din Tabelul 1, rezultă că plăcile rigide din polistiren expandat sunt cele mai eficiente din punct de vedere termo-economic, în condiții tehnice de utilizare, egale.
Dacă la prețurile din Tabelul 1, se adaugă costul transportului intravilan, apreciat la 5 USD/m^3, valorile produsului "p. λ " sunt următoarele:

- polistiren expandat "pλ "=1,68 USD.W/(m^4.K).....100%
- polistiren extrudat "pλ "=3,75 USD.W/(m^4.K)..... 223%
- plăci BCA - YTONG "pλ "=5,76 USD.W/(m4.K)..... 343%

Şi în această variantă de calcul, ordinea materialelor termoizolante analizate, este aceeaşi.

EXEMPLUL DE CALCUL NR.2

Determinarea rezistenței termice optime la un planşeu de terasp cu metoda analitică

Se elaborează proiectul unei clădiri de locuit noi, prevăzută cu acoperiş-terasă. Terasa este de tip "compact" cu beton de pantă, strat termoizolant din plăci din polistiren expandat şi hidroizolație bituminoasă (fig.1).
Se cere să se determine rezistența termică pe criteriul "valoare minimă a costului total" (investiție + exploatare timp de "n" ani).
Clădirea este amplasată la Suceava, în zona climativa IV (Anexa D din Normativul C 107/3-1997)
Se consideră următoarele date de calcul:

- temperatura exterioară convențională de calcul: T_e = - 21^0C (zona IV climatică);
- numărul anual de grade - zile de calcul, calculat pentru temperatura interioară medie a clădirii în perioada de încălzire θ_i = 20^0C;

  (conf.Tabel 4.1. – cap.4)
- temperatura interioară medie a clădirii, determinată prin ponderare, cu relația (4) din cap,4 θ_i = $19,5^0$C
- durata convențională a perioadei de încălzire, corespunzătoare temperaturii exterioare care marchează începerea şi oprirea încălzirii θ_{eo} = +12^0C.
  D12 = 230 zile (conf.Tabel 4.1. - cap.4)
- clădirea este racordată la rețeaua de termoficare existentă, punctul termic fiind prevăzut cu reglaj manual; instalațiile interioare de încălzire nu au dispozitive de reglare termostat; în aceste condiții, coeficientul de corecție este:
  C = 0,973 (conf.fig.4.1. - cap.4 - curba 2b)
- se utilizează radiatoare din aluminiu cu un preț de achiziție loco furnizor de 0,04 USD/W, exclusiv TVA; considerând o cotă TVA de 19% şi un spor de 60% pentru transport, montaj, probe, cheltuieli generale, beneficiu ş.a. rezultă prețul unitar al corpurilor de încălzire:
  s = 1,19 x 1,60 x 0,04 = 0,076 USD/W;
- pentru prețul energiei termice, se consideră prețul real, nesubvenționat de Stat de 20 USD/Gcal şi o rata reală anuală de creştere (care ține seamă şi de deprecierea monedei USD) de 4%:
  e_o = 20 USD/Gcal
  x = 0,04

- numărul de ani de exploatare pentru care se face calculul de optimizare; se consideră - prin apreciere şi de comun acord cu proprietarul - un sfert din durata de viață a clădirii:
  n = 0,25 x 80 = 20 ani.
- ca material termoizolant se utilizează plăci rigide din polistiren expandat cu o densitate de 15 kg/m^3 şi un preț de achiziție loco furnizor de 42 USD/m^3 (inclusiv TVA);
- conductivitatea termică de calcul a materialului termoizolant:

  - conform datelor prezentate de furnizor .... λ = 0,040 [W/(mK)];
  - conform Normativ C 107/0, pentru clasa P2
  (ρ =13...16 kg/m^3) …..... λ = 0,042 [W/(mK)]
  - conform Normativ C 107/3 - 1997 anexa A
  poz.72 (ρ = 20 kg/m^3) .....λ = 0,044 [W/(mK)]

Se adoptă conductivitatea termică de calcul: λ = 0,042 [W/(mK)];

- dimensiunile de calcul, în plan, ale terasei (între suprafețele interioare ale pereților exteriori de la ultimul nivel):

  B = 11,00 m
  L = 29,00 m
- coeficientul linear de transfer termic, caracteristic detaliului de pe contur, la atic, conform tabelului 2;
- ponderea zonelor neizolate termic din cadrul ariei totale a terasei: p = 0,01;
- rezistență termică specifică unidirecțională a zonelor neizolate termic, egală cu rezistența termică a tuturor straturilor cu excepția stratului termoizolant, la care se adaugă rezistențele termice superficiale:

- raportul între perimetrul P şi aria S a terasei:

  P = 2(B+L) = 80,00 m
  S = B.L = 319,00 m2

Pe baza datelor de mai sus, se determină:
1) Conductivitatea termică echivalentă de calcul
Se calculează rezistențele termice specifice corectate (R') pentru câteva valori ale grosimii materialului termoizolant (d). Se utilizează relația de mai jos, stabilită pe baza relațiilor (7) şi (10) din Normativul C 107/3 - 1997:

În care:

$\overline{R}$=0,45m^{2}K/W
€λ' = 0,042W/(mK)
Rezultă:

În care coeficientul linear de transfer termic ψ se determină pe baza unui calcul numeric automat al câmpului de temperaturi (conform Anexa J din C 107/3 - 1997)
Conductivitatea termică echivalentă se calculează cu relația (24):

În tabelul 2 se determină valorile λ_{echiv} pentru câteva valori "d":

d	R	ψ	R'		λ_{echiv}
m	[m^2K/W]	[W/(mK)]	[m^2K/W]	[m^2K/W]	[W/(mK)]
0.05	1.64	0.227	1.465	1.015	0.049
0.10	2.83	0.250	2.303	1.853	0.054
0.15	4.02	0.261	2.998	2.548	0.059
0.20	5.21	0.267	3.587	3.137	0.064
0.25	6.40	0.272	4.087	3.637	0.069

Se adoptă valoarea λ_{echiv} = 0,062 [W/(mK)] care corespunde unei rezistențe termice corectate R' = 32,35 [m^2K/W].

2) Coeficientul "i"

Conform relației (12):

$i = 1,2 (T_i - Te) s$

$i = 1,2 (20 + 21)0,076 = 3,74$ USD.K/W

3) Coeficientul "z":

Se utilizeaza relația (2) din cap.4:

Se utilizează relația (13):

4) Coeficientul "e"

Se calculează prețul mediu al energiei termice, aferent unei perioade de 20 ani, pe baza unui preț initial de 20 USD/Gcal în anul realizării investiției şi în condițiile unei rate reale anuale de creştere a prețului inițial de 4%:

e_o = 20 USD/Gcal
x = 0,04
n = 20 ani
Se aplică relația (14):

5) Prețul unitar "p"
Pretul de achiziție se multiplică cu următorii coeficienți:

- transport, cheltuieli generale, beneficiu ş.a. : 1,70;
- raportul dintre aria materialului termoizolant montat pe terasă şi aria de calcul termotehnic (fig.1.):

Costul manoperei directe, pentru montajul plăcilor termoizolante, precum şi costul materialului termoizolant dispus pe conturul terasei în grosimea betonului de pantă sunt constante, indiferent de grosimea stratului termoizolant şi nu influențează prețul "p".
Rezultă:
p=1,70x1,08x42,00=77,1 USD/m^3
6) Rezistență termică specifică corectată optimă "R'_{opt}"
Rezistență termică specifică cortectată optimă R'_{opt} se determină cu relația:

Grosimea corespunzătoare a stratului termoizolant se determină cu relația:

Rezistență termică unidirecțională (în câmp curent), este:

Coeficientul linear de transfer termic este:
ψ = 0,265 [W/(mK)] - prin interpolare în Tabelul 2
Rezistență termică corectată este:

Raportul între rezistența termică corectată şi rezistența termică unidirecțională (în câmp):

EXEMPLUL DE CALCUL NR.3

Determinarea rezistenței termice optime la un planşeu de terasă cu metoda grafică

Datele problemei sunt aceleaşi ca la exemplul de calcul nr.2.
Pe baza coeficienților determinați la exemplul de calcul nr.2 se scriu expresiile IC, II şi E din funcție de R':
$IC = p \cdot \lambda_{ech} \cdot R'$

Se consideră valorile:
p = 77,1 USD/m^3
λ_{ech} = 0,049 W(mK) - pentru R' = 1,46 [m^2K/W]

= 0,054 [W/(mK)] - pentru R' = 2,30 [m^2K/W]

= 0,05 9[W/(mK)] - pentru R' = 3,00 [m^2K/W]

= 0,064 [W/(mK)] - pentru R' = 3,59 [m^2K/W]

= 0,069 [W/(mK)] - pentru R' = 4,09 [m^2K/W]

i = 3,74 USD.K/W
n = 20 ani
z = 92,59 mii K/h/an
e = 0,027 USD/kWh
Pentru II şi E rezultă expresiile, care se reprezintă grafic în fig.2:

Pentru IC rezultă 5 perechi de puncte, care de asemenea generează o curbă, care se construieşte grafic în fig.2:
R' = 1,46 [m2K/W] IC = 5,52 USD/m^2
R' = 1,30 [m2K/W] IC = 9,57 USD/m^2
R' = 3,00 [m2K/W] IC = 13,65 USD/m^2
R' = 3,59 [m2K/W] IC = 17,71 USD/m^2
R' = 4,09 [m2K/W] IC = 21,76 USD/m^2
Se adună grafic valorile curbelor IC, II şi E, obținându-se curba C a costurilor totale pentru investiție + exploatare timp de 20 ani.
Din grafic se citeşte R'_{opt} = 3,35 [m^2K/W] şi zona cu rezistențe termice apropiate de rezistența termică optimă R' = 2,50 ... 3,60 [m^2K/W].

EXEMPLU DE CALCUL NR.4

Determinarea duratei de recuperare a investiției la un planşeu de pod

Se consideră o clădire de locuit existentă, prevazută cu pod neîncălzit şi acoperiş înclinat. Planşeul peste ultimul nivel este termoizolat cu un strat din plăci BCA - GN 35, λ = 0,24 [W/(mK)], protejat cu o şapă din mortar de ciment de 3 cm grosime (fig.3).
Şarpanta este din lemn, pe scaune, iar învelitoarea - din țigle ceramice; panta acoperişului este 57,5% (30^0).
Clădirea este amplasată la Cluj, în zona climatică III (Anexa D din Normativul C 107/3 - 1997).

Prin proiectul de modernizare termică a clădirii se prevede:
- montarea în pod, pe şapă existentă, a unui strat suplimentar de material termoizolant, din plăci rigide de polistiren expandat, cu o densitate de 15 kg/m^3 şi un preț de achiziție loco furnizor, de 42 USD/m^3 (inclusiv TVA); grosimea stratului termoizolant suplimentar este de 12 cm, egală cu înălțimea cosoroabei;
- izolarea suplimentară a pereților exteriori existenți - realizați din zidărie de cărămidă cu găuri verticale tip GVP de 37,5 cm grosime nominală - cu un strat termoizolant din polistiren expandat, de 12 cm grosime, amplasat pe suprafețele exterioare ale pereților;
- atât la pereții exteriori, cât şi la planşeul podului, stratul termoizolant este protejat cu un strat din mortar, de 3 cm grosime.
Se cere să se determine durata de recuperare a investiției aferente măsurilor de modernizare termică a planşeului care separă ultimul nivel, de podul neîncălzit.
Se consideră următoarele date de calcul:

1) Numărul de grade-zile de calcul

T_i = + 20^{0}C

θ_i = + 19,5^{0}C - prin ponderare, conform relației (4)

T_e = - 18^{0}C

θ_{eo} =+12^{0}C

D_{12} = 218 zile - conform Tabel 4.1., cap.4

= 3730 K/zile - conform Tabel 4.1., cap.4

= 3730 - (20.0 - 19,5) 218 = 3621K.zile

2) Coeficientul de corecție "C" şi coeficientul "z"

Clădirea este racordată la rețeaua de termoficare existentă, punctul termic fiind prevăzut cu reglaj manual, iar instalațiile interioare de încălzire nu sunt dotate cu dispozitive de reglare termostatată.
Rezultă:
C = 0,969 (conf.Fig.4.1. – cap.4 – curba 2b)

3) Prețul unitar al energiei termice

Se consideră prețul real, nesubvenționat de Stat, valabil în anul în care se execută lucrarile de modernizare, de 20 USD/Gcal şi o rată reală anuală de creştere (care ține seama şi de rata anuală de depreciere a monedei USD) de 4%.
Se calculează prețul mediu, aferent unei perioade de recuperare a investiției, de 10 ani:
e_o = 20 USD/Gcal
x = 0,04

4) Caracteristicile geometrice ale acoperişului

Dimensiunile planşeului peste ultimul nivel (măsurate între suprafețele interioare ale pereților exteriori):
B = 11,00 m
L = 30,00 m
Aria de calcul a planşeului:
S = B.L = 330 m^2
Perimetrul planşeului:
P = 2(B + L) = 82 m
Ponderea ariei fără strat termoizolant (S' = 2,0 m^2) din cadrul ariei totale a planşeului:

Aria acoperişului înclinat (α = 30^{0}C) măsurat între suprafețele exterioare ale pereților exteriori:

cosα = 30^o = 0,866

Înălțimea acoperişului înclinat
$tg\alpha = tg30^{o} = 0,577$
$h = 5,86 \times 0,577 = 3,38$ m
Volumul liber al podului neîncălzit
- existent

- modernizat

5) Rezistențele termice unidirecționale şi corectate
- Rezistențele termice undirecționale (fig.3.)

$\alpha_i = 8$ W/(m^{2}K)
$\alpha_e = 12$ W/(m^{2}K)
existent

modernizat

zone fara strat termoizolant

- Coeficienți liniari de transfer termic
Pe baza unui calcul automat al câmpului de temperaturi şi a detaliilor din figura 3, s-au determinat fluxurile termice pe o lățime B = 1,50 m şi pe lungimea de 1 m.
S-au considerat următoarele temperaturi de calcul:
$T_i = +20^0$C
$T_2 = -18^0$C
$T_u = -14^0$C (situația existentă)
$= -17^0$C (soluția modernizată)
S-a folosit relația de calcul:

Calculele se prezintă în Tabelul 3
Tabelul 3

Soluția	ϕ	$T_i - T_u$	R	B	ψ
	W/m	K	$[m^2K/W]$	m	[W/(mK)]
ezistentă	72.83	34	0.80	1.50	0.267
modernizată	18.76	37	3.69	1.50	0.100

- Rezistențe termice corectate
Se utilizeaza relația de calcul:

6) Temperaturile de calcul în pod
Se foloseşte relația (14) din Normativul C 107/3 - 1997:

Rezistența termică unidirecțională a acoperişului (învelitoare din țigle):

Rata schimburilor convenționale de aer se consideră pe baza valorilor din Tabelul IV din Normativul C 107/3 - 1997:
$n = 5,0\ h^{-1}$ în ipoteza unui acoperiş şi a unei învelitori cu etanşeitate redusă
Rezultă:

T_{u1}=-14,1°C

T_{u2}=-17,0°C

7) Factorii de corecție a temperaturilor exterioare

Se aplică relația de calcul:

Rezultă:

- situația existentă T_{u1}= - 14,1°C; τ_1 = 0,897
- situația modernizata T_{u2}= - 17°C; τ_2 = 0,974

8) Determinarea costului investiției

Se consideră costul stratului termoizolant şi al şapei de protecție din mortar, de 3 cm grosime.
Prețul de achiziție al polistirenului expandat (42 USD/m^3) se multiplică cu următorii coeficienți:
- transport, cheltuieli generale, beneficiu s.a. : 1,70;
- raportul dintre aria materialului termoizolant montat pe planşeu şi aria de calcul termotehnic (fig.3.)

Rezultă p = 1,70 x 1,09 x 42,00 = 77,8 USD/m^3

Costul reparațiilor care se vor executa la acoperiş, şarpantă şi învelitoare nu se introduc în calcul, deoarece aceste cheltuieli nu sunt direct legate de modernizarea termică.

Rezultă:
- polistiren expandat 0,18 x 77 ,8 14,00 USD/m^2
- pregatirea suprafetei la sapa existenta (curatire, reparatii locale) 0,40 USD/m^2
- strat de separatie tehnologica 0,40 USD/m^2
- sapa din mortar de ciment, nearmata 0,03 x 1,09 x 40,00 1,30 USD/m^2

Total = 16,10 USD/m^2

9) Determinarea duratei de recuperare a investiției

Se folosesc relațiile (25) şi (26):

în care:

z = 84,21
e = 0,0215 USD/kWh
R'_1 = 0,75 m^2K/W; R'_2 = 3,18 m^2K/W
τ_1 = 0,897; τ_2 = 0,974
I = 16,10 USD/m^2
Rezultă:

N = 10 ani

10) Costul mediu al unui kWh de energie termică economisit pe durata de viață a clădirii:

Se aplică relația de calcul (28):

în care:

N = durata de viață a clădirii, după modernizare

Considerând, pentru această clădire, o durată de viață totală de 60 ani şi având în vedere ca anul în care a fost edificată clădirea de locuit care se modernizează în anul 2001, este anul 1966, rezultă:

$\overline{N}$= 60-(2001-1966) = 25 ani

Prețul real, mediu, al unui kWh de energie termică pentru încălzire, aferent duratei de viață $\overline{N}$ = 25 ani, este conform Tabelului 4:
e = 0,0298 USD/kWh
Rezultă că se respectă condiția dată de relația (29) deoarece:
$\overline{e}$ << e
(0,0086 USD/kWh <<0,0298 USD/kWh)

EXEMPLUL DE CALCUL NR.5

Determinarea duratei de recuperare a investiției la tâmplăria exterioară

Se consideră o clădire de locuit individuală amplasată în centrul municipiului Braşov.
În cadrul acțiunii de modernizare termică, se intenționează să se îmbunătățească comportarea termo-energetică a tâmplăriei exterioare.
La cladirea existentă tâmplăria exterioară este dublă, din lemn, având rezistența termică specifică R_1 = 0,43 [m^2K/W].
Se analizează comparativ următoarele soluții şi variante:
var.I a - înlocuirea geamului simplu de 3 mm grosime existent la cerceveaua interioară, cu un geam termoizolant dublu, netratat, cu spațiul dintre foile de geam umplut cu aer, având dimensiunile 4+12+4 şi un coeficient de transfer termnic unidirecțional Ug = 2,9 W(m^2K)
R_2 = 0,56 [m^2K/W]
var.I b - idem "I a" dar cu o suprafață tratată (e-low)
e ≤ 0,10, cu U_g = 1,8 W(m^2K) R_2 = 0,66 [m^2K/W]
var.I c - idem "I a", dar cu spațiul dintre geamuri umplut
R_2 = 0,57 [m^2K/W]
cu un gaz inert - U_g = 2,7 W/(m^2K)
var I d - idem "I b", dar cu spațiul dintre geamuri umplut cu un gaz inert - U_g = 1,5 W/(m^2K) R2 = 0,70 [m^2K/W]
sol.II - adăugarea pe cerceveaua interioară a unei cercevele suplimentare din lemn prevăzută cu geam simplu de 3 mm grosime, amplasată la 25 mm de geamul existent R2 = 0,59 [m^2K/W]
În ambele soluții se prevăd garnituri de etanşare atât între cercevele şi toc, cât şi între cercevele.
Clădirea de locuit este o clădire individuală, cuplată, având următoarele caracteristici geometrice:
B = 11,00 m
L = 18,00 m
H = 2,7 m
V = 11,0 x 18,0 x 2,7 = 534,6 m3
Aria tâmplăriei exterioare este:
A_F = 23,3 m^2
Raportul dintre volumul interior, încălzit şi aria tâmplăriei exterioare:

Clădirea este amplasată în centrul oraşului, putând fi deci încadrată în clasa clădirilor "adăpostite"; prin prevederea garniturilor de etanşare la tâmplăria exterioară, clasa de permeabilitate a clădirii trece de la "ridicată" la "medie". Ca urmare, în conformitate cu Normativul C 107/1-1997 Anexa 1, numărul schimburilor de aer pe oră se consideră:
n_1 = 0,7 h^{-1} - la cladirea existentă
n_2 = 0,5 h^{-1} - la caldirea modernizată
Se foloseşte relația de calcul:

în care:

În calcul se neglijează aportul de căldură provenit din radiaşiile solare.
Se calculează valoarea coeficientului "z".
Se utilizează relațiile de calcul:

Se consideră $\theta_i = 19{,}0^0C$
Din tabelul 4.1. se extrag valorile:

= 4030 K.zile
D_{12} = 227 zile
Rezultă:

= 40340 - 227 = 3808 K.zile
Clădirea este racordată la rețeaua de termoficare, punctul termic fiind prevăzut cu reglaj manual.
Instalațiile interioare sunt dotate cu dispozitive de reglare termostatată.
Din fig.4.1. curba 1b, se află coeficientul de corecție: C = 0,901
Rezultă:

Se calculează valoarea coeficientului "e" pornind de la prețul unitar, nesubvenționat, de 20USD/Gcal în vigoare în anul executării lucrărilor de modernizare şi considerând o rată anuală de creştere a prețului căldurii de 4%.
În tabelul 4 se prezintă prețul mediu rezultat pe o perioadă de pâna la 35 ani.S-a utilizat relația de calcul:

Tabelul 4

N	**e**	**N**	**e**	**N**	**e**	**N**	**e**	**N**	**e**
ani	**USD/ kWh**	**ani**	**USD/ kWh**	**ani**	**USD/ kWh**	**ani**	**USD/ kWh**	**ani**	**USD/ kWh**
1	0.0179	**8**	0.0206	**15**	0.0239	**22**	0.0278	**29**	0.0327
2	0.0182	**9**	0.0210	**16**	0.0244	**23**	0.0285	**30**	0.0334
3	0.0186	**10**	0.0215	**17**	0.0249	**24**	0.0291	**31**	0.0342

4	0.0190	**11**	0.0219	**18**	0.0255	**25**	0.0298	**32**	0.0350
5	0.0194	**12**	0.0224	**19**	0.0260	**26**	0.0305	**33**	0.0358
6	0.0198	**13**	0.0229	**20**	0.0266	**27**	0.0312	**34**	0.0367
7	0.0202	**14**	0.0234	**21**	0.0272	**28**	0.0319	**35**	0.0376

Valoarea investiției se determină cu relația:
$I = 2(k + 0,7\ p + 7,0g)$ USD/m^2
în care:
k partea constantă a costului, specifică unei anume soluții şi care nu variază în funcție de felul geamului; în acest cost se include în principal transportul, lucrările de reparare şi modificare a tâmplăriei existente, montarea geamurilor şi a garniturilor de etanşare [USD/m^2];
p prețul unitar de procurare a geamurilor, loco furnizor, exlcusiv TVA [USD/m^2]
g prețul unitar de procurare a graniturilor de etanşare USD/m
2,0 = coeficientul de majorare procentuală a prețului unitar, care include cota TVA (19%) cheltuielile generale din devizul pe categorii de lucrări (40%), beneficiu (10%) şi cotele finale ale devizului pe obiect (9%).
0,7 = coeficient de reducere reprezentând raportul dintre aria geamului şi aria tâmplăriei exterioare din lemn
7,0 = lungimea garniturilor de etanşare (care se prevăd atât la cercevelele interioare, cât şi la cele exterioare), raportat la aria tâmplăriei [m/m^2]
Se consideră următoarele preturi:
k = 15,0 USD/m^2 - la sol.I

= 35,0 USD/m^2 - la sol.II

p = 17,0 USD/m^2 - la var.Ia

= 25,0 USD/m^2 - la var.Ib

= 22,0 USD/m^2 - la var.Ic

= 30,0 USD/m^2 - la var.Id

= 6,0 USD/m^2 - la sol.II

g = 0,8 USD/m - la sol.I şi II
Valorile de investitie rezultate sunt date în Tabelul 5.
Tabelul 5

Sol	**Varianta**				**R_2**	**I**	**e**	**Δ E**	**N**
					m^{2}K/W	USD/m^2	USD/kWh	USD/m^{2}an	ani
I	a	Geam	Aer	netratat	0.56	65.0	0.0242	4.19	15.5

	b	termopan		e-low	0.66	76.2	0.0244	4.76	16.0
	c		Gaz inert	netratat	0.57	72.0	0.0247	4.34	16.6
	d			e-low	0.70	83.2	0.0247	5.00	16.6
II	-	geam simplu			0.59	89.6	0.0260	4.69	19.1

În Tabelul 5 se dau de asemenea valorile "Δ E " determinate pe baza valorilor "e", care au fost preluate din Tabelul 4, în corespondență cu valorile N rezultate (prin încercări succesive).
Rezultă că, în toate variantele din soluția I, durata de recuperare a investiției este practic egală (N = 15,5..16,6 ani) şi mai redusă decât în cazul adoptării soluției II (N = 19,1 ani)
Ambele soluții se caracterizează însă printr-o durată de recuperare a investiției convenabilă şi chiar avantajoasă. Pe de altă parte, remarcăm faptul că această durată de recuperare extrem de mică, se datoreşte reducerii ratei schimburilor convenționale de aer, ca urmare a prevederii garniturilor de etanşare.
Se calculează în continuare costul unui kWh de energie termică economisită în durata de viață apreciată ca probabilă după modernizare (30 ani).

în care:
N = 30 ani
z = 82,24 mii Kh/an
Rezultă:

Rezultă următoarele costuri:
Soluția I var.a $\bar{e}$ = 0,0125 USD/kWh
var.b $\bar{e}$ = 0,0130 USD/kWh
var.c $\bar{e}$ = 0,0137 USD/kWh
var.d $\bar{e}$ = 0,0137 USD/kWh
Soluția II $\bar{e}$ = 0,0165 USD/kWh
În ambele soluții costurile unitare rezultate pentru 1 kWh de căldură economisită într-o perioadă de 30 ani sunt mult mai mici decât costul mediu preliminat pentru aceasta perioadă (e = 0,0334 USd/kWh - conform Tabel 4).
[top]