PRELEGEREA 3 ISIC
CONTROLUL PRODUSELOR PENTRU CONSTRUCŢII CU ROL ÎN SECURITATEA LA INCENDIU

3.1 Performanţa de securitate la incendiu în construcţii

3.1.1 Analiza de performanţă

Performanţa sistemelor tehnice

Analiza de performanţă a unui sistem tehnic stabileşte *calitatea* sau *performanţa* acestuia.

Performanţa sistemului tehnic este răspunsul complex al acestuia, analizabil după *criteriile de performanţă* specifice scopului pentru care el a fost proiectat.

Nivelul de performanţă al sistemului tehnic indică măsura în care sistemul atinge obiectivele pentru care a fost proiectat, corespunzător fiecărui criteriu de performanţă specific şi *în condiţiile de referinţă precizate*, permiţând încadrarea sistemului tehnic într-o *clasă de performanţă*.

De asemenea, performanţa sistemului tehnic este dată, pe de o parte, de *performanţa componentelor* sale (componente considerate independente) şi, pe de altă parte, de *performanţa ansamblului* (componentele considerate în interacţiune).

Performanţa construcţiei

Performanţa construcţiei este dată de realizarea şi menţinerea nivelurilor de performanţă pe întreaga durată de existenţă a acesteia, pentru fiecare dintre *cerinţele esenţiale* (care pot fi tratate ca şi criterii de performanţă), stipulate, pentru România, în legea 10/1995 actualizată, privind calitatea în construcţii:

a) rezistenţă mecanică şi stabilitate;
b) securitate la incendiu;
c) igienă, sănătate şi mediu înconjurător;
d) siguranţă şi accesibilitate în exploatare;
e) protecţie împotriva zgomotului;
f) economie de energie şi izolare termică;
g) utilizare sustenabilă a resurselor naturale.

Performanţa construcţiei poate fi tratată şi pentru fiecare cerinţă esenţială în parte; astfel, se defineşte *performanţa de securitate la incendiu a construcţiei*, analizabilă după:

- *performanţa produselor pentru construcţii cu rol în securitatea la incendiu*;
- *performanţa întregului ansamblu construit*.

Performanţa produselor pentru construcţii cu rol în securitatea la incendiu poate fi analizată pentru *categorii de performanţă*. Pentru fiecare categorie de performanţă şi grup de produse pentru construcţii cu rol în securitatea la incendiu se definesc *clasele de performanţă*, încadrarea într-o clasă făcându-se după nivelul de performanţă, măsurat prin încercări la foc standardizate, pentru fiecare criteriu de performanţă specificat.

3.1.2 Scenarii de referinţă

Pentru evaluarea performanţei la foc a *materialelor* şi/sau *elementelor de construcţii* sau, după noile norme europene, a *produselor pentru construcţii cu rol în securitatea la incendiu, condiţiile de referinţă* sau, după noile norme europene, *scenariul de referinţă* este definit de o curbă temperatură-timp ce descrie evoluţia temperaturii gazelor la suprafaţa produsului şi care este reprezentarea grafică a diferitelor niveluri ale acţiunii termice; curba este un *model de incendiu*, numit şi *model convenţional* dat de *curbe temperatură-timp nominale* precum:

- curba temperatură-timp ISO 834;
- curba incendiului exterior;
- curba armonizată a hidrocarburilor;
- curba incendiului mocnit etc..

Curba temperatură-timp ISO 834, relaţia 3.1 şi figura 3.1: modelul acţiunii termice care corespunde incendiului ajuns până în faza de incendiu generalizat (post-flashover),

$$T = 345 \times \log_{10}(8t + 1) + 20 \qquad (3.1)$$

unde: *T* este temperatura gazelor, în ^0C;

t - durata expunerii termice, în *min*.

Curba incendiului exterior, relaţia 3.2 şi figura 3.1: modelul acţiunii termice în cazul unui incendiu ieşind prin fereastră, dezvoltat liber şi care afectează faţa exterioară a peretelui unei construcţii,

$$T = 660 \times (1 - 0{,}687^{-0{,}32t} - 0{,}313^{-3{,}8t}) + 20 \qquad (3.2)$$

unde: *T* este temperatura gazelor, în ^0C;

t - durata expunerii termice, în *min*.

C*urba armonizată a hidrocarburilor*, relaţia 3.3 şi figura 3.1: modelul acţiunii termice în cazul unui incendiu mai sever (cu o viteză mai mare de creştere a temperaturii decât cea dată de curba standardizată ISO 834),

$$T = 1080 \times (1 - 0{,}325^{-0{,}167t} - 0{,}675^{-2{,}5t}) + 20 \qquad (3.3)$$

unde: *T* este temperatura gazelor, în ^0C;

t - durata expunerii termice, în *min*.

Curba incendiului mocnit, relaţia 3.4: modelul acţiunii termice care corespunde incendiului ajuns până în faza de incendiu dezvoltat (pre-flashover):

$$\begin{aligned} T &= 154 \times t^{0{,}25} + 20, \text{ pentru } 0 < t \leq 21 \\ T &= 660 \times (1 - 0{,}687^{-0.32t} - 0{,}313^{-3.8t}) + 20, \text{ pentru } t > 21 \end{aligned} \qquad (3.4)$$

unde: *T* este temperatura gazelor, în ^0C;

t - durata expunerii termice, în *min*.

Incendiul semi-natural: modelul acţiunii termice corespunzător contactului direct cu flacăra, cu transferul căldurii prin convecţie; corespunde expunerii în încercarea SBI (cu un singur obiect arzând) şi se utilizează în cazul sistemelor uşoare pentru plafoane suspendate, cu o inerţie termică mică.

Nivelul constant al temperaturii: modelul acţiunii termice (utilizat suplimentar) în cazul unor elemente de construcţii, la evaluarea:

- nivelului etanşeităţii la fum al uşilor, 200^0C;
- performanţei la incendiu a planşeelor supraîncălzite, 500^0C;

- rezistenţei la funingine a coşurilor pentru fum, 1000^0C.

Scenarii de incendiu extreme. În cazul unor obiective speciale (tuneluri pentru trafic, centrale nucleare etc.), specificaţiile tehnice pot impune scenarii de incendiu extreme şi modelul convenţional al acţiunii termice să fie dat de curbe nominale caracteristice acestor situaţii.

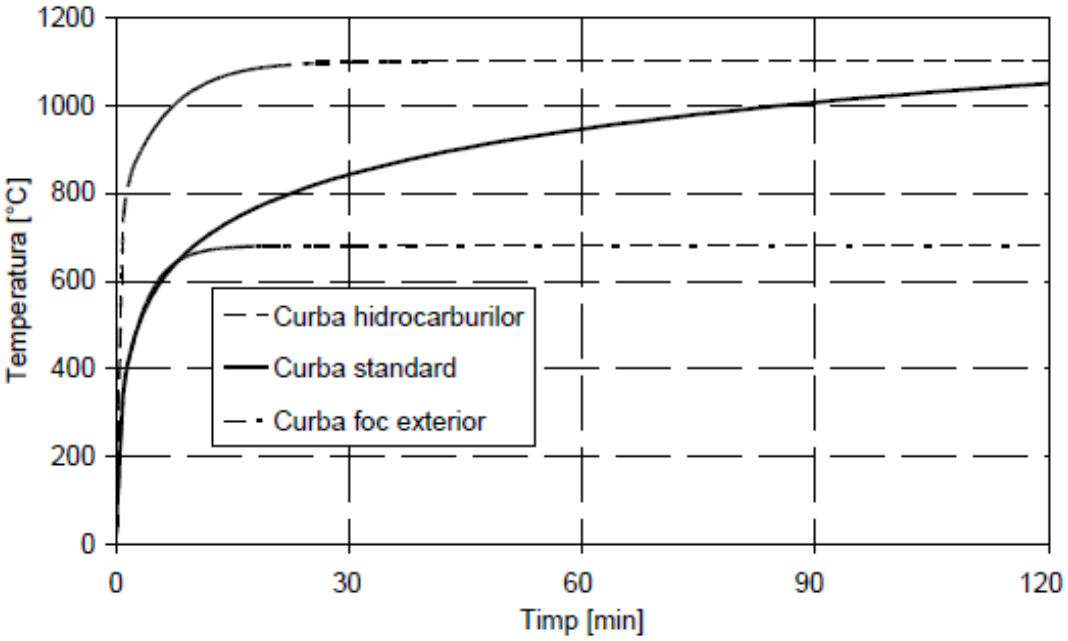


Figura 3.1 Modele de incendiu convenţionale

3.2 Clasificarea românească (tradiţională) a materialelor şi elementelor de construcţii cu rol în securitatea la incendiu

3.2.1 Combustibilitatea materialelor şi elementelor de construcţii

Generalităţi

Comportarea la foc, în România, *P 118-99*, se putea defini ca totalitatea schimbărilor fizice şi chimice intervenite atunci când un material, produs sau ansamblu este supus acţiunilor unui incendiu standard

Clasele de combustibilitate pentru materialele şi elementele de construcţii

Combustibilitatea materialelor şi/sau elementelor de construcţii se putea defini, *P 118-99*, ca şi capacitatea acestora de a se aprinde şi arde în continuare, contribuind la creşterea cantităţii de căldură dezvoltată de incendiu; această capacitate se stabilea pe baza unor încercări experimentale standardizate şi asigura încadrarea într-o *clasă de combustibilitate* (definită ca şi caracteristica unui material sau element de construcţii, exprimată prin nivelul parametrilor specifici determinaţi în urma unor încercări la foc standardizate).

În diferite ţări au fost (posibil că mai sunt încă) diferite metode pentru încercările la foc standardizate privind combustibilitatea materialelor sau elementelor de construcţii cu rol în securitatea la incendiu şi, corespunzător, clasificări şi încadrări diferite ale acestor produse; astfel, puteau fi identificate diferenţe până şi la nivelul modului de notare a claselor de combustibilitate: M0÷M4 (Franţa), A1, A2, B1÷B3 (Germania), 0÷4 (Anglia); încadrarea materialelor sau elementelor de construcţii cu rol în securitatea la incendiu într-o clasă de combustibilitate putea diferi de la o ţară la alta, atât sub aspectul formei, cât şi al conţinutului; ca

urmare, libera circulaţie şi evaluarea unitară a performanţelor la foc a produselor pentru construcţii cu rol în securitatea la incendiu putea fi afectată.

Din punctul de vedere al combustibilităţii, în România, materialele şi elementele de construcţii (STAS 11357) puteau fi:

- *incombustibile,* încadrabile, tradiţional în România, în *clasa de combustibilitate C0* (cele care sub acţiunea focului sau a temperaturilor înalte nu se aprind, nu ard mocnit şi nu se carbonizează);

- *combustibile*, încadrabile, tradiţional în România, în una din *clasele de combustibilitate C1÷C4* (cele care, sub acţiunea focului sau temperaturilor înalte, se aprind, ard mocnit sau se carbonizează).

În România (tradiţional), materialele şi elementele combustibile de construcţii cu rol în securitatea la incendiu se încadrau, după *capacitatea de inflamare a lor* (a uşurinţei de aprindere şi a contribuţiei la dezvoltarea incendiului), în una din *clasele de combustibilitate*:

- *C1, practic neinflamabile*;
- *C2, dificil inflamabile*;
- *C3, mediu inflamabile*;
- *C4, uşor inflamabile.*

Clasificarea (având caracter empiric) se baza pe metode aplicate unei epruvete prelevate din produsul respectiv şi indiferent de posibila utilizare finală.

Materialele şi elementele combustibile de construcţii din clasele *C1* şi *C2* constituiau (tradiţional) grupa materialelor denumite *greu combustibile*, caracterizate prin aceea că arderea, mocnirea sau carbonizarea are loc numai în cazul existenţei unei surse exterioare cu foc sau temperatură mare, încetând după îndepărtarea acesteia.

Elementele de construcţii se considerau incombustibile sau combustibile după caracteristicile materialelor implicate, dar şi după modul inserării lor în structura elementului.

În România (tradiţional), pentru materialele şi elementele combustibile de construcţii cu rol în securitatea la incendiu se utilizau şi *clase de combustibilitate echivalente* (SR CEI 364-3+A1), astfel:

- *CA1* pentru *C0*;
- *CA2a* pentru *C1*;
- *CA2b* pentru *C2*;
- *CA2c* pentru *C3*;
- *CA2d* pentru *C4*.

Clasele de combustibilitate pentru lichidele combustibile

Lichidele combustibile, după temperatura de inflamabilitate a vaporilor, se încadrează în una din *clasele de combustibilitate*, P 118-99:

- *LI,* pentru lichide cu temperatura de inflamabilitate mai mică sau egală cu 28^0C;
- *LII,* pentru lichide cu temperatura de inflamabilitate cuprinsă între 28^0C şi 55^0C;
- *LIII,* pentru lichide cu temperatura de inflamabilitate cuprinsă între 55^0C şi 100^0C;
- *LIV,* pentru lichide cu temperatura de inflamabilitate mai mare de 100^0C.

Clasele de periculozitate pentru materialele şi substanţele depozitate

Materialele şi substanţele depozitate se încadrează în una din *clasele de periculozitate,* P 118-99:

- *P1, fără periculozitate*:

  - materiale incombustibile care nu pot da naştere la reacţii periculoase, fără ambalaje (în vrac) sau în ambalaje incombustibile; exemple: minereuri, produse şi piese metalice (inerte), ciment, nisip, beton, materiale de construcţii refractare, azbest, legume,

fructe, carne, conserve în cutii metalice sau borcane, lichide incombustibile (inerte) îmbuteliate etc.;

- *P2, cu periculozitate redusă* (*A÷C*):

- *A*, materiale din clasa *P1* în ambalaje cu combustibilitate redusă; exemple: minereuri şi alte materiale inerte în saci sau butoaie combustibile, piese metalice în folii sau prelate greu combustibile, piese metalice, elemente din beton, azbociment pe palete din lemn, lichide incombustibile sau conserve în ambalaje incombustibile în navete sau lădiţe combustibile ori pe palete din lemn etc.;

- *B*, materiale care se aprind greu, cu o viteză redusă de ardere şi care nu au o putere calorifică mare; exemple: aparate electrice, obiecte executate din bachelită şi răşini fenolice, melamină, piei brute, baloturi de lână (spălată şi uscată), zahăr brut şi cereale în vrac sau în saci, produse de panificaţie, tutun în butoaie;

- *C*, lichide incombustibile inerte, în ambalaje combustibile; exemple: lapte, apă minerală în butelii din plastic, cutii din carton etc.;

- *P3, cu periculozitate medie* (*A÷C*):

- *A*, materiale din clasele *P1* şi *P2* ambalate în cutii din carton;

- *B*, materiale cu combustibilitate medie (care se încadrează în clasele *P4* şi *P5*) şi cu putere calorifică de cel mult 27,3 J/kg, în orice fel de ambalaje, cu excepţia celor din materiale plastice spongioase; exemple: mobilă (fără garnituri din burete din cauciuc sau plastic) şi obiecte masive din lemn, butoaie din lemn goale (fără reziduuri periculoase), bambus, produse din ebonită, fibre animale (lână, mătase naturală, păr etc.) şi fibre artificiale cu combustibilitate redusă (poliamidice, poliesterice, poliacrilice şi polivinilice), ţesături şi confecţii executate din asemenea fibre, fibre vegetale toarse gros, saltele şi perne (fără burete din cauciuc sau materiale plastice), articole din piele, cărţi, papetărie, negru de fum (ambalat în saci sau granulat), amidon, făină din cereale, zahăr cristalizat, paste făinoase şi alte articole de băcănie (ambalate în pungi), tutun, ceai, legume uscate, grăsimi etc.;

- *C*, lichide combustibile cu temperatura de inflamabilitate mai mare de 100^0C, în ambalaje incombustibile care pot fi introduse în cutii din carton; exemple: vopsele pe bază de ulei în cutii, borcane, butoaie şi similare; produse farmaceutice combustibile în cutii, bidoane, sticle, damigene etc., lubrifianţi şi glicoli în butoaie sau bidoane, uleiuri vegetale în butoaie sau sticle etc.;

- *P4, cu periculozitate mare* (*A÷F*):

- *A*, materiale şi produse din *clasele P1÷P3,* în ambalaje din materiale plastice spongioase;

- *B*, materiale combustibile cu viteză mare de ardere sau cu o putere calorifică mai mare de 23,7 J/kg, indiferent de forma de ambalare; exemple: lemn în formă de tocătură şi talaş, fibre vegetale (in, cânepă, bumbac), fibre artificiale cu o putere calorifică mai mare de 27,3 J/kg, confecţii executate din asemenea fibre, saltele sau plăpumi cu umpluturi din burete, cauciuc sau materiale plastice spongioase, fibre textile, vată, paie, zegras, împletituri din nuiele; celuloză; carton; hârtie, cauciuc brut sau prelucrat; materiale plastice sau obiecte confecţionate din acestea (altfel decât sub formă de fibre) care nu sunt menţionate în *clasa P3*;

- *C*, materiale şi produse incombustibile care pot suferi deteriorări importante în urma acţiunii temperaturilor înalte, a apei sau gazelor corosive, indiferent de natura ambalajelor; exemple: aparatură electrică şi electronică având relee şi contacte sensibile necapsulate, tuburi electronice, utilaje şi aparate de înaltă precizie, bijuterii, medicamente şi produse cosmetice etc.;

- *D*, materiale şi produse care, sub efectul temperaturii, degajă cantităţi importante de gaze corosive, indiferent de natura ambalajelor; exemple: policlorură de vinil, teflon şi răşini epoxidice, acid clorhidric, clorură de var etc.;

- *E*, lichide combustibile din *clasa P3* în ambalaje combustibile; exemple: lichide ambalate în butoaie din carton, bidoane sau canistre din materiale plastice;

- *F*, lichide inflamabile cu temperaturi de inflamabilitate cuprinse între 50^0C şi 100^0C, în ambalaje incombustibile ce pot fi introduse în cutii din carton; exemple: carburanţi Diesel, motorină, păcură, smoală, uleiuri pentru acţionări hidraulice şi de ungere, uleiuri minerale, cerneală tipografică etc.;

- *P5, cu periculozitate deosebit de mare* (*A÷H*):

- *A*, materiale instabile care se pot descompune exploziv la temperatura normală, materiale care pot exploda sub efectul încălzirii, frecării, lovirii sau şocurilor de detonaţie, obiecte pirotehnice indiferent de modul de ambalare; exemple: acid acrilic, acid cianhidric nestabilizat, acid percloric anhidru, apă oxigenată concentrată, clorat de amoniu, hidrazină anhidră, acetilenă, acetiluri (de argint, cupru etc.), anhidră cromică, azotat de amoniu sau potasiu, bioxid de clor, hidroxilamină, nitroetan, nitroceluloză uscată, peroxizi (de acetil, benzoil, zinc), chibrituri cu fosfor alb, muniţie explozivă sau incendiară, explozivi, corpuri pentru artificii, rachete etc.;

- *B*, materiale care, la contactul cu alte materiale, pot da naştere la reacţii explozive sau se pot aprinde indiferent de modul de ambalare; exemple: acetonă, acid acetic, acid fluorhidric anhidru, amoniac, etilendiamină, peroxizi de potasiu sau sodiu etc.;

- *C*, materiale susceptibile să se autoaprindă, indiferent de modul de ambalare; exemple: carton asfaltat în roluri, cărbune bituminos, deşeuri din cauciuc sau lână, făină din lucernă şi/sau din peşte, fosfor alb, îngrăşăminte organice umede, mangal, seminţe de in etc.;

- *D*, substanţe oxidante capabile să iniţieze aprinderea materialelor combustibile la contactul cu acestea, indiferent de modul de ambalare; exemple: acid azotic, clorhidric, sulfuric, brom, clor, erbicide, iod, salpetru (azotat de potasiu) etc.;

- *E*, materiale care, sub efectul căldurii, degajă cantităţi mari de gaze combustibile sau toxice, indiferent de modul de ambalare; exemple: acrilonitril, alcaloizi, amine, acetonă, anilină, cloroform, clorură de metil, esteri, iod, iodaţi, piridină, tetrabrommetan, acetat de plumb, butadienă, fosfor, sulfat de metil etc.;

- *F*, materiale care, în contact cu apa, se aprind şi degajă temperaturi capabile să aprindă materialele combustibile din imediata vecinătate sau degajă gaze combustibile, indiferent de modul de ambalare; exemple: amidă alcalină, amestecuri aluminotronice, bariu, calciu, carbură de calciu (carbid), hidroxid de calciu (var nestins), hidrură de aluminiu, calciu etc.; magneziu metalic sau aliaje cu conţinut mai mare de 30% (masa de magneziu), potasiu metalic, sodiu metalic, plutoniu, titan, uraniu, zinc pulverulent;

- *G*, recipiente cu gaze comprimate, indiferent de modul de ambalare; exemple: recipiente fixe sau transportabile cu gaze sub presiune, recipiente de tip *Spray* etc.;

- *H*, substanţe sau materiale solide care au o putere calorifică mai mare de 33,6 MJ/kg sau sunt caracterizate de o ardere deosebit de intensă; exemple: lichide combustibile cu temperatura de inflamabilitate mai mică de 55^0C, gaze combustibile indiferent de modul de ambalare, celuloid şi obiecte din celuloid, peliculă pe bază de nitroceluloză, peroxilină, bicromat de sodiu, cloraţi (de calciu, potasiu, bariu etc.), permanganat de sodiu, calciu sau zinc, peroxizi de potasiu, sodiu, plumb, petrol lampant, benzină, sulfură de carbon, toluen, ţiţei, acetonă, gazolină, alcool etilic etc.; propan, butan, propilenă, hidrogen, butadienă, gaz de furnal, metan etc..

3.2.2 Rezistenţa la foc a elementelor de construcţii

Generalităţi

Rezistenţa la foc a elementelor de construcţii, în România, *P 118-99*, se putea defini ca şi aptitudinea acestora de a-şi păstra, într-un timp determinat, *capacitatea portantă, izolarea termică* şi *etanşeitatea*, stabilite prin încercări standardizate.

Rezistenţa la foc a elementelor de construcţii, pentru fiecare criteriu de performanţă (*capacitate portantă, izolare termică, etanşeitate la foc*), se cuantifica în *ore şi minute*:

- *rezistenţa la foc după criteriul capacităţii portante*, fiind durata de la începutul încercării până la momentul în care elementul capătă deformări maxime admise, se prăbuşeşte sau, în cazul elementelor metalice, se atinge temperatura critică (specificată în prescripţiile tehnice sau în tema experimentului), nemaiputând îndeplini rolul destinat în cadrul construcţiei;
- *rezistenţa la foc după criteriul izolării termice*, fiind durata până la care se atinge una din următoarele situaţii limită:
  - temperatura medie a feţei neexpuse depăşeşte temperatura iniţială cu peste 140^0C;
  - temperatura maximă atinsă în oricare dintre punctele feţei neexpuse depăşeşte cu peste 180^0C temperatura iniţială sau, indiferent de mărimea temperaturii iniţiale, temperatura maximă ajunge la 220^0C;
- *rezistenţa la foc după criteriul etanşeităţii*, fiind durata până la care în elementul încercat se formează fisuri, crăpături sau deschideri prin care trec flăcările sau gazele fierbinţi ce aprind vata din bumbac sau până la care apar flăcări susţinute pe partea neexpusă minimum 10 s.

Condiţiile de referinţă în cazul determinării rezistenţei la foc în cuptorul pentru încercări sunt realizate de menţinerea unui program termic care se desfăşoară după *curba temperatură-timp ISO 834*, relaţia 3.1.

Metoda pentru determinarea rezistenţei la foc (STAS 7771 -1/1981 şi -2/1982) constă, în principiu, în determinarea timpului (numit *limita de rezistenţă la foc, LRF*), în care elementul de construcţii expus acţiunii focului, după un program termic standardizat (vezi condiţiile de referinţă), îndeplinea unul sau mai multe din criteriile specificate; acestea nu se raportau la valori standardizate.

Clasele de rezistenţă la foc pentru elementele de construcţii

Clasele de rezistenţă la foc pentru elementele de construcţii sunt expresia nivelului acoperitor al rezistenţei la foc a produsului pentru un grup al criteriilor de performanţă şi pot fi:

- clasele pentru încadrarea elementelor de construcţii a căror limită a rezistenţei la foc se determină după toate trei criteriile, luându-se în considerare, acoperitor, valoarea cea mai mică, notate cu *REI-ore şi minute* (*rezistent la foc*);
- clasele pentru încadrarea elementelor de construcţii a căror limită a rezistenţei la foc se determină după criteriul capacităţii portante, notate cu *R-ore şi minute* (*rezistent la foc*);
- clasele pentru încadrarea elementelor de construcţii a căror limită a rezistenţei la foc se determină după criteriul etanşeităţii, notate cu *E-ore şi minute* (*etanş la foc*).

Liste cu elemente de construcţii care au fost încercate la foc (şi pentru care au fost stabilite limite de rezistenţă la foc) au fost puse la dispoziţie de INCERC Bucureşti; exemple sunt prezentate în tabelele 3.1a÷3.1c.

Tabelul 3.1a Limita de rezistenţă la foc pentru pereţi din cărămidă plină

Grosime nominală (cm)	*LRF (h şi min.)*	
	Netencuit	*Tencuit*
6,3	1 h 30'	2 h 40'
11,5	2 h 40'	4 h
24,0	7 h	7 h

Tabelul 3.1b Limita de rezistenţă la foc pentru pereţi din cărămidă cu goluri verticale

Grosime nominală (cm)	*LRF (h şi min.)*	
	Netencuit	*Tencuit*
8,8	2 h 30'	4 h
11,5	3 h 30'	5 h
14,0	4 h 30'	6 h
24,0	7 h	7 h
29,0	7 h	7 h

Tabelul 3.1c Limita de rezistenţă la foc pentru pereţi din B.C.A.

Grosime (cm)	*LRF (h şi min.)*
6,0	1 h
7,5	1 h 45'
10,0	2 h 45'
12,0	4 h
15,0	7 h
20,0	7 h
24,0	7 h

3.3 Clasificarea europeană a produselor pentru construcţii cu rol în securitatea la incendiu

Genealităţi

Reglementarea europeană referitoare la produsele pentru construcţii (*DPC*), stabileşte reguli cu valabilitate generală pe teritoriul Pieţei interne a Comunităţii Europene privind libera circulaţie a produselor pentru construcţii: *cerinţele esenţiale*, *specificaţiile tehnice de referinţă*, *sistemele pentru evaluarea conformităţii*, *organizarea instituţională necesară*. Hotărârea Guvernului României nr. 622/2004 privind stabilirea condiţiilor pentru introducerea pe piaţă a produselor pentru construcţii preia prevederile DPC.

Modalităţi pentru aplicarea DPC au fost ulterior stabilite prin decizii ale Comisiei Europene. Directiva Consiliului European şi deciziile Comisiei Europene fac parte din categoria actelor comunitare a căror transpunere în legislaţia naţională a Statelor Membre şi a ţărilor candidate (din perspectiva integrării) este obligatorie; unele din decizii se referă la sistemul euroclaselor privind cerinţa de securitate la incendiu şi condiţiile clasificării produselor pentru construcţii din punctul de vedere al acestei cerinţe, putând enumera:

- Decizia Comisiei nr. 00/147/CE, 2000, referitoare la clasificarea privin performanţa de reacţie la foc a produselor pentru construcţii;
- Decizia Comisiei nr. 00/367/CE, 2000, referitoare la clasificarea privind performanţa de rezistenţă la foc a produselor pentru construcţii;

- Decizia Comisiei nr. 00/553/CE, 2000, referitoare la clasificarea privind performanţa la foc din exterior a învelitorilor pentru acoperiş etc..

Cerinţele esenţiale sunt explicitate în Documentele Interpretative (*DI*).

În aceste documente este abordată şi noua concepţie europeană privind testarea şi clasificarea produselor pentru construcţii aflate în situaţia de incendiu; astfel, DI 2 la DPC indică, drept măsuri principale aplicate în Statele Membre, pentru respectarea cerinţei securitatea la incendiu:

- *limitarea iniţierii şi propagării focului şi fumului în camera focarului prin limitarea contribuţiei la foc a produselor pentru construcţii* şi
- *asigurarea stabilităţii la foc a construcţiei pentru un timp (normat).*

Aceste două aspecte implică analiza produselor pentru construcţii cu rol în securitatea la incendiu din punctul de vedere al:

- performanţei de reacţie la foc;
- performanţei de rezistenţă la foc.

Procedurile de încercare a produselor pentru construcţii cu rol în securitatea la incendiu (standardizate) demarează cu *precizarea scenariilor de referinţă* şi *a condiţiilor de utilizare finală* pentru produsul analizat, continuă cu *stabilirea nivelului de performanţă pentru fiecare criteriu de performanţă* (prin încercări la foc standardizate) şi se finalizează cu *încadrarea în clasa* sau *clasele de performanţă* pentru produsul respectiv.

3.3.1 Performanţa de reacţie la foc a produselor pentru construcţii

Generalităţi

Contribuţia la foc (concept nou propus de Comunitatea Europeană în vederea caracterizării produselor pentru construcţii cu rol în securitatea la incendiu) vine să lărgească conţinutul conceptului *comportarea la foc,* prin adăugarea fluxului de căldură degajat, a fumului şi gazelor de ardere emise, a radiaţiei de căldură, a propagării flăcării etc..

Scenariile de referinţă reproduc situaţii ale unor incendii reale (elaborate pe baza cercetărilor în domeniul termodinamicii incendiului). Acestea caracterizează situaţia riscului la incendiu utilizată pentru o metodă a încercării sau un sistem al clasificării dat.

Condiţiile utilizării finale sunt, în mod convenţional, date de ansamblul condiţiilor specifice în care produsul urmează a fi încorporat într-o construcţie; astfel, termenul se referă la o utilizare concretă a unui produs, în legătură cu toate aspectele care influenţează contribuţia la foc a lui în diferite situaţii de incendiului (cantitatea, orientarea, metoda punerii în operă a produsului, poziţia acestuia în raport cu alte produse adiacente etc.).

Nivelul de performanţă la foc al unui produs pentru construcţii este măsura în care, în condiţiile unui anumit scenariu de referinţă, acel produs pentru construcţii satisface unele criterii de performanţă privind securitatea la incendiu (impuse prin specificaţii tehnice).

Clasa de performanţă la foc a produsului este expresia cantitativă formulată în termenii performanţei pentru contribuţia la foc a produsului, în condiţiile utilizării finale, şi este consecinţa existenţei nivelurilor diferite privind performanţa produselor.

Raportul de clasificare trebuie să detalieze fundamentarea şi rezultatele procedurii clasificării, având conţinutul şi formatul din standardele specifice. El este întocmit de un organism recunoscut/desemnat/notificat sau de producător, cu responsabilitate pentru efectuarea încercărilor, potrivit sistemului atestării conformităţii şi aplicabil produsului respectiv (SR EN 13501/1). Datele fundamentării şi domeniul aplicării unei clasificări acordate trebuie să fie înscrise în informaţiile *marcajului CE* (succint şi complet).

Performanţa de reacţie la foc a unui produs pentru construcţii vizează iniţierea şi propagarea incendiului în camera focarului şi reducerea contribuţiei produselor pentru construcţii la dezvoltarea incendiului.

Clasificarea privind performanţa de reacţie la foc apreciează contribuţia produsului la alimentarea unui foc la care este expus, în condiţii specificate.

Clasele de reacţie la foc privind produsele pentru construcţii

Scenariile de referinţă reproduc situaţia unui incendiu iniţiat într-o cameră, care se poate dezvolta şi, eventual, poate atinge flashover-ul; astfel, se pot simula următoarele situații:

- pentru iniţierea incendiului, prin aprinderea unui produs pe o suprafaţă limitată, cu o flacără mică;
- pentru dezvoltarea incendiului ce poate atinge flashover-ul, prin aprinderea unui singur produs în colţul camerei, generând flux de căldură pe suprafeţele adiacente (metoda SBI);
- pentru generalizarea incendiului, prin contribuţia la incendiu a tuturor produselor combustibile.

Metodele de încercare, stabilite ca standarde de referinţă aplicabile suprafeţei produselor şi acoperirii pardoselilor, sunt cele cu privire la:

- incombustibilitate: SR EN ISO 1182;
- determinarea puterii calorifice superioare: SR EN ISO 1716;
- un singur produs arzând-SBI: SR EN ISO 13823, figura 3.2a;
- aprinzibilitate în contactul direct cu flacăra mică: SR EN ISO 11925-2, figura 3.2b;
- reacţia la foc în prezenţa sursei de căldură radiantă: SR EN ISO 9239-1, figura 3.2c.

a.

(*MPA Otto-Graff-Institute fire department test laboratory*)

b. **c.**

(*www.sandwichbau.com*)

Figura 3.2 Instalaţii de testare a reacţiei la foc a produselor pentru construcţii

Criteriile privind performanţa de reacţie la foc sunt:
- creşterea temperaturii (ΔT);
- pierderea de masă (Δm);
- durata persistenţei flăcării (T_f);
- puterea calorifică superioară (*PCS*);
- viteza de dezvoltare a incendiului (*FIGRA*);
- cantitatea totală de căldură degajată (THR_{600s});
- propagarea laterală a flăcării (*LFS*);
- viteza emisiei de fum (*SMOGRA*);
- cantitatea totală de fum emis (TSP_{600s});
- propagarea flăcării (F_S).

Niveluri diferite ale performanţei privind reacţia la foc a produselor permit încadrarea acestora în clase de performanţă privind reacţia la foc.

Clasele privind performanţa de reacţie la foc, pe grupe de produse, sunt prezentate în continuare (EN 13501).

Produse pentru construcţii (cu excepţia pardoselilor):
- principale:

A1, produse care nu contribuie la foc în nici o fază a incendiului, care satisfac automat toate cerinţele celorlalte clase (nu are loc flashover), cu eliberare nesemnificativă a fumului şi fără producerea picăturilor sau particulelor arzânde;

A2, produse care, în cazul unui incendiu în faza dezvoltată, nu contribuie semnificativ la sarcina termică şi dezvoltarea acestuia (nu are loc flashover), cu eliberarea fumului şi producerea picăturilor sau particulelor arzânde;

B, condiţii mai severe decât la clasa *C* (nu are loc flashover), cu eliberarea fumului şi producerea picăturilor sau particulelor arzânde;

C, produse care, la acţiunea unui singur produs arzând, prezintă o propagare limitată a flăcării lateral (are loc flashover în mai puţin de 20 minute la HRR=700kW), cu eliberarea fumului şi producerea picăturilor sau particulelor arzânde;

D, produse capabile să reziste o perioadă lungă la acţiunea unei flăcări mici şi să suporte acţiunea termică a unui singur produs arzând, cu o degajare limitată de căldură (are loc flashover în mai puţin de 5 minute la HRR=900kW), cu eliberarea fumului şi producerea picăturilor sau particulelor arzânde;

E, produse capabile să reziste pentru scurt timp la acţiunea unei flăcări mici fără propagarea semnificativă a flăcării (are loc flashover în mai puţin de 2 minute la HRR=900kW), cu eliberarea semnificativă a fumului şi producerea picăturilor sau particulelor arzânde;

F, produse pentru care nu se determină performanţe şi care nu pot fi clasificate *A1, A2, B, C, D, E*;
- suplimentare (cazul produselor încadrabile în clasele A2, B, C, D):

s1, emisie mică de fum;
s2, emisie limitată de fum;
s3, nu se cer limitări pentru emisia de fum;
d1, nu se cer limitări pentru producerea de picături/particule arzânde;
d2, picături/particule care nu persistă peste o durată dată;
d3, nu sunt picături/particule arzânde.

Produse pentru pardoseli:
- principale:

$A1_{FL}$, $A2_{FL}$, B_{FL}, C_{FL}, D_{FL}, E_{FL}, F_{FL};
- suplimentare (cazul produselor încadrabile $A2_{FL}$, B_{FL}, C_{FL}, D_{FL}):

s1, emisie mică de fum;
s2, emisie limitată de fum.

Produse termoizolante pentru tubulatură liniară:
- principale:
$A1_L$, $A2_L$, B_L, C_L, D_L, E_L, F_L.

Echivalenţa claselor de combustibilitate şi de reacţie la foc privind produsele pentru construcţii cu rol în securitatea la incendiu

Pentru a soluţiona diferendele cu privire la utilizarea claselor de combustibilitate (tradiţionale în România) şi a claselor de reacţiei la foc (impuse prin aderarea la Comunitatea Eropeană) s-a emis un act normativ ce completează actul normativ 1822/394/2004 și care stipulează:

- clasele de combustibilitate definite în *Normativul de siguranţă la foc a construcţiilor P118-99*, se înlocuiesc cu clasele de reacţie la foc, după modul utilizării finale a produsului pentru construcţii;
- clasele de combustibilitate prevăzute în alte reglementări specifice au caracter informativ şi se înlocuiesc, obligatoriu, cu clasele de reacţie la foc, cum se prezintă în tabelul 3.2.

3.3.2 Performanţa de rezistenţă la foc a unor produse pentru construcţii

Performanţa de rezistenţă la foc a unui produs pentru construcţii (SR EN 13501/2) vizează aptitudinea acestuia de a-şi păstra, un timp determinat, *stabilitatea la foc/capacitatea portantă* şi/sau *izolarea termică* şi/sau *etanşeitatea la foc* şi, eventual, *orice altă funcţie impusă* specificată la o încercare la foc standardizată.

Clasificarea privind performanţa de rezistenţă la foc apreciază menţinerea stabilităţii elementelor portante ale unei construcţii, precum şi a altor funcţii în situaţia de incendiu, o durată determinată.

Clasele de rezistenţă la foc privind produsele pentru construcţii

Scenariile de referinţă reproduc situaţiile unor incendii reale, definite prin curbe temperatură-timp, precum:
- curba temperatură-timp ISO 834;
- curba incendiului mocnit;
- nivelul constant al temperaturii.

Metodele de încercare, stabilite ca standarde de referinţă, au la bază determinarea timpului în care produsul pentru construcţii expus acţiunii focului, după un program termic standardizat, îndeplineşte unul sau mai multe din criteriile de performanţă specificate şi sunt (parte dintre ele):
- încercarea de rezistenţă la foc: SR EN ISO 1363/1/2/3;
- încercarea de rezistenţă la foc a elementelor de construcţii neportante: SR EN ISO 1364/1/2;
- încercarea de rezistenţă la foc a elementelor de construcţii portante: SR EN ISO 1365/1/2/3/4;
- încercarea de rezistenţă la foc pentru instalaţii tehnice: SR EN ISO 1366/1/2/5;
- încercarea de rezistenţă la foc pentru uşi şi sisteme pentru închidere: SR EN ISO 1634/1/3;
- metode pentru determinarea contribuţiei la rezistenţa elementelor structurale la foc: SR EN ISO 13381/4/5/6/7.

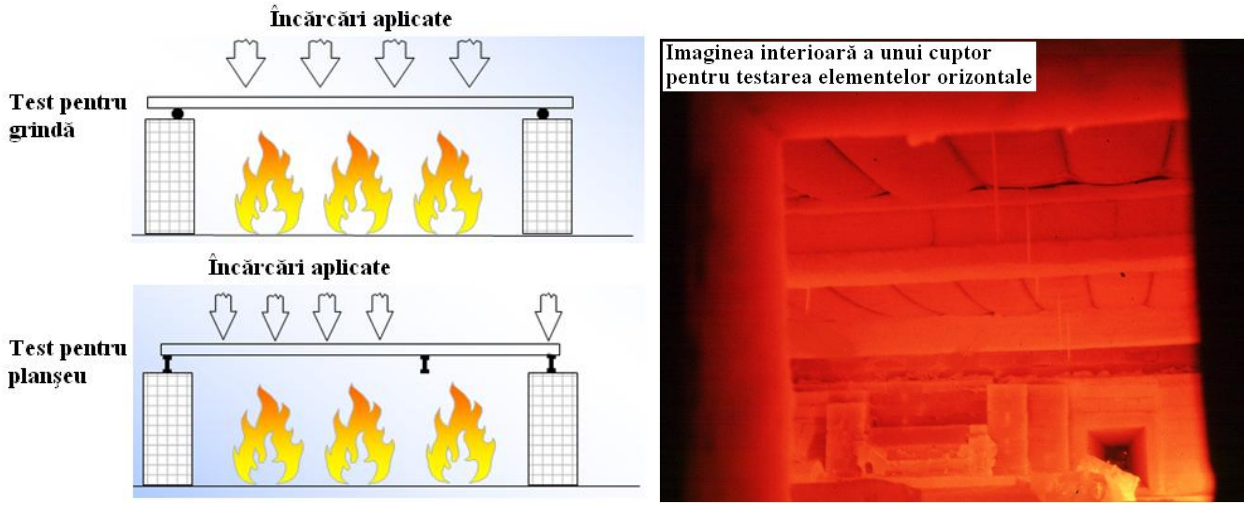
Criteriile privind performanţa de rezistenţa la foc (SR EN 13501/2 şi SR EN ISO 13943) sunt:

Tabelul 3.2 Echivalenţa claselor de combustibilitate şi de performanţă privind reacţia la foc

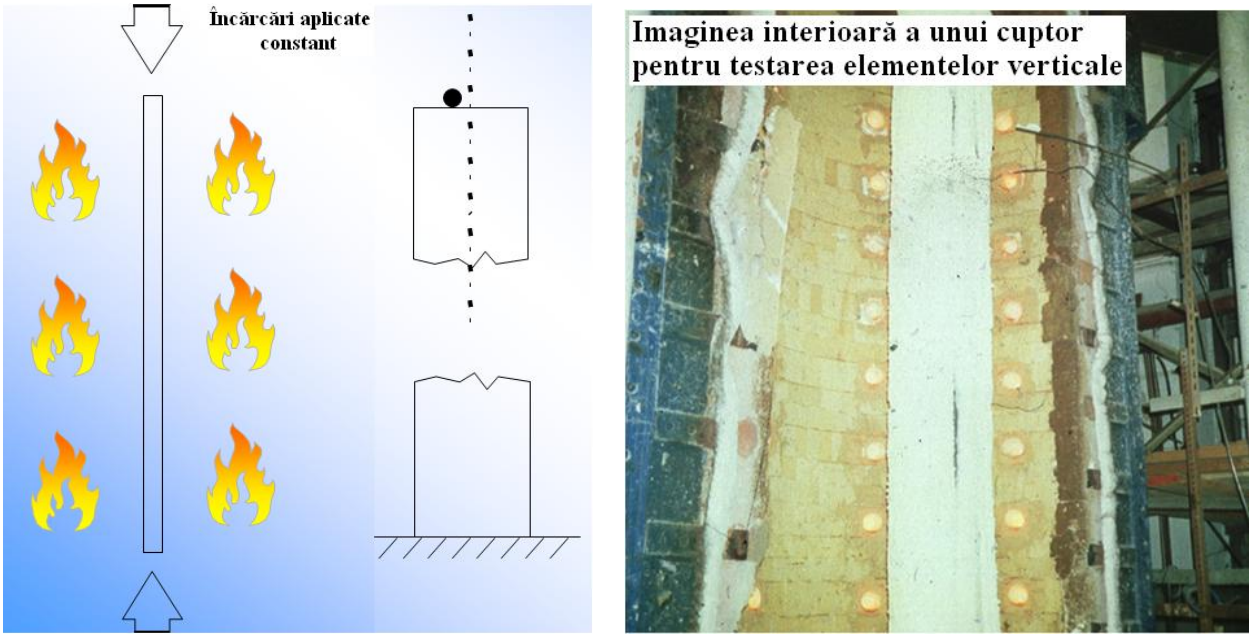
Clasa combustibilităţii	*Clasa performanţei reacţiei la foc*	
C0 (CA1)	A1	-
	A2	S1, d0
C1 (CA2a)	A2	S1, d1
		S2, d0
		S2, d1
		S3, d0
		S3, d1
	B	S1, d0
		S1, d1
		S2, d0
		S2, d1
		S3, d0
		S3, d1
C2 (CA2b)	C	S1, d0
		S1, d1
		S2, d0
		S2, d1
		S3, d0
		S3, d1
C3 (CA2c)	D	S1, d0
		S1, d1
		S2, d0
		S2, d1
		S3, d0
		S3, d1
C4 (CA2d)	A2	S1, d2
		S2, d2
		S3, d2
	B	S1, d2
		S2, d2
		S3, d2
	C	S1, d2
		S2, d2
		S3, d2
	D	S1, d2
		S2, d2
		S3, d2
	E	d2
	F	-

- principale:
    - capacitatea portantă la foc (*R*), figura 3.3a,b;
    - izolarea termică la foc (*I*);
    - etanşeitatea la foc (*E*), figura 3.4;
    - radiaţia termică (*W*), opţional;
- complementare:
    - acţiunea mecanică (*M*);
    - închiderea automată (*C*);
    - etanşeitatea la fum (*S*);

- continuitatea în alimentarea cu curent electric şi/sau transmisia semnalului pe durata incendiului (*P* sau *PH*);
- rezistenţa la arderea funinginii (*G*);
- capacitatea de protecţie la foc a acoperirilor (*K*);
- durata stabilităţii la temperatură constantă (*D*);
- durata stabilităţii la curba standard temperatură-timp (*DH*);
- funcţionalitatea ventilatoarelor electrice pentru fum şi gaze fierbinţi (*F*);
- funcţionalitatea mijloacelor de evacuare naturală a fumului şi gazelor fierbinţi (*B*).



a. elemente structurale orizontale (grinzi, planşee)



b. elemente structurale verticale (stâlpi)

Figura 3.3b Testarea rezistenţei la foc a elementelor structurale
(*după Fire resistance and fire testing, Sheffield University, 2002*)

Niveluri diferite ale performanţei de rezistenţă la foc a produselor permit încadrarea acestora în clasele de performanţă privind rezistenţa la foc.

Clasele privind performanţa de rezistenţă la foc a produselor pentru construcţii (şi forma *raportului de clasificare* sunt detaliate în SR EN 13501/2) sunt expresia nivelului acoperitor al performanţei de rezistenţă la foc a produsului referitor la un grup al criterilor de performanţă.

Clasele sunt exprimate prin simbolurile care indică criteriile avute în vedere (litere), timpul asigurării performanţei (numere) şi criteriile complementare avute în vedere (litere).

Performanţa este dată de durata pentru care este îndeplinit criteriul respectiv, exprimată în *minute*, încadrabilă în următoarele module standardizate: 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 360; rezultatele încercărilor se rotunjesc la valoarea inferioară cea mai apropiată inclusă în modulele standardizate.

Figura 3.4 Testarea etanşeităţii la foc a elementelor de construcţii (*www.egolf.org.uk/,2013*)

Clasele privind performanţa de rezistenţă la foc pot fi:

- în cazul elementelor portante:
  - *REI-ttt*, cu îndeplinirea simultană a criteriilor capacităţii portante, etanşeităţii şi izolării termice la foc;
  - *RE-ttt*, cu îndeplinirea simultană a criteriilor capacităţii portante şi etanşeităţii la foc;
  - *R-ttt*, cu îndeplinirea criteriului capacităţii portante la foc;
- în cazul elementelor neportante:
  - *EI-ttt*, cu îndeplinirea simultană a criteriilor etanşeităţii şi izolării termice la foc;
  - *E-ttt*, cu îndeplinirea criteriului etanşeităţii la foc.

Clasificările se aplică produselor pentru construcţii, fiecare având standarde de metodă pentru încercarea de rezistenţă la foc, specifice, grupabile în:

- elemente portante fără rol în separarea la incendiu: pereţi, planşee, acoperişuri, grinzi, stâlpi, balcoane, scări, pasarele;
- elemente portante cu rol de separare la incendiu, cu sau fără vitraje, accesorii, furnituri: pereţi, planşee, plafoane;
- produse şi sisteme utilizate la protejarea elementelor portante sau a unor părţi ale construcţiei: plafoane fără rezistenţă la foc proprie, acoperiri, tencuieli pentru protecţie, ecrane;
- elemente neportante, cu sau fără vitraje, accesorii, furnituri: pereţi despărţitori, plafoane rezistente la foc, faţade, pereţi cortină, pereţi exteriori, pardoseli supraînălţate, elemente pentru etanşarea trecerilor şi rosturilor, uşi rezistente la foc, uşi antifum, obloane, protecţii pentru goluri de trecere a benzilor rulante şi a sistemelor pentru transport pe şină, a conductelor şi canalelor tehnice, a etanşărilor liniare, a etanşărilor pentru străpungeri, a coşurilor;
- acoperiri cu rol în protecţia la foc (la pereţi şi plafoane);
- uşi la ascensoare;
- sisteme de controlul al fumului şi căldurii etc..

3.3.3 Performanţa la foc exterior a acoperişurilor şi învelitorilor de acoperiş

Generalităţi

Performanţa la foc a acoperişurilo şi învelitorilor de acoperiş vizează limitarea extinderii incendiilor la vecinătăţi prin acoperişuri/învelitori de acoperiş.

Clasificarea performanţei la foc exterior a acoperişurilor sau învelitorilor de acoperiş apreciază comportarea unui acoperiş sau a unei învelitori de acoperiş pentru situaţia în care, în condiţiile utilizării finale, este expus(ă) la un incendiu din afara construcţiei.

Clasele privind performanţa la foc exterior a acoperişurilor sau învelitorilor de acoperişuri

Scenariile de referinţă reproduc situaţiile unor incendii reale la nivelul acoperişurilor sau învelitorilor de acoperiş; astfel, au în vedere că *incendiile la acoperiş* diferă fundamental comparativ cu incendiile din interior, prin sursele de iniţiere, modul de dezvoltare şi de propagare etc..

Iniţierea incendiului se poate face de la interior sau exterior.

Iniţierea din interior are loc în cazul propagării la acoperiş a incendiilor de la etajele superioare sau poduri, propagarea având loc în toate direcţiile, cu o mare rapiditate din cauza materialelor combustibile şi a unor factori favorizanţi precum: existenţa curenţilor ascendenţi de aer (cazul luminatoarelor), acumularea gazelor arse fierbinţi sub plafon (care conţin încă produse combustibile), absenţa unor ecrane rezistente la foc etc.; de regulă, se degajă fum, gaze toxice şi căldură în cantităţi mari, fumul inundând rapid etajele superioare, casa scării etc..

În propagarea incendiului prin acoperiş, în lungul coamei şi cornişei acestuia intervin doi factori esenţiali:

- combustibilitatea învelişului exterior;
- existenţa vântului (care activează arderea, exceptând cazul când vântul este violent).

În cazul acoperişurilor cu învelitori combustibile, incendiul cuprinde cu rapiditate întreaga suprafaţă a acestora. În momentul ieşirii flăcărilor la suprafaţa acoperişului are loc o dezvoltare bruscă a arderii, cauzată de afluxul de aer proaspăt în cantitate mare care întreţine şi intensifică arderea, manifestând-se cu violenţă (flăcări înalte, fum intens).

Curenţii de aer formaţi ridică la înălţime bucăţi aprinse din material sau scântei care sunt transportate la distanţe mari de gazele calde sau de vânt, putând iniţia noi incendii (ca rezultat al apariţei unor surse externe pentru iniţierea incendiilor).

Radiaţia flăcărilor care ies prin acoperiş facilitează aprinderea acoperişurilor încă intacte din vecinătăţi, apoi accelerează propagarea flăcării.

Când hidroizolaţia arde, incendiul se propagă în timp scurt pe întreaga suprafaţă a acoperişului, ulterior pătrunde în masa combustibilă şi distruge elementele portante, creând posibilitatea prăbuşirii lor. Picăturile topiturii pot genera noi focare de incendiu, prin căderea pe materialele combustibile.

Curenţii de convecţie ce se deplasează de la clădirea incendiată spre clădirile vecine favorizează propagarea incendiului şi furnizează un aport termic suplimentar din care rezultă o scădere a timpului de expunere necesar pentru inflamarea interioarelor încăperilor sau învelitorilor combustibile.

Propagarea scânteilor şi materialelor aprinse furnizează un aport termic suplimentar unor materiale inflamabile aduse deja la o temperatură apropiată de cea de autoaprindere şi poate iniţia noi focare. Distanţa la care incendiul poate fi transmis, prin diverse corpuri aprinse, variază funcţie de direcţia vântului şi natura acoperişurilor.

Scenariile de referinţă ţin cont de specificitatea incendiului în cazul acoperişurilor şi învelitorilor de acoperiş ceea ce a impus selectarea a trei situaţii caracteristice pentru incendiu:

- iniţierea incendiului de la corpuri arzânde;

- iniţierea incendiului de la corpuri arzânde şi vânt;
- iniţierea incendiului de la corpuri arzânde, vânt şi căldură radiantă.

Metoda de încercare, stabilită ca standard de referinţă, este:
- încercarea de rezistenţă la foc: SR EN ISO 1187.

Criteriile privind performanţa la foc exterior a acoperişurilor pot fi grupate corespunzător metodelor standardizate ale încercării:

Metoda 1 (*B*): evaluează performanţa acoperişului afectat de corpuri arzânde (se aplică unui acoperiş construit):
- propagarea ascendentă a focului la interior şi exterior;
- propagarea descendentă a focului la exterior şi interior;
- propagarea laterală a focului la exterior şi interior;
- lungimea maximă arsă la interior şi exterior:
- apariţia fragmentelor sau picăturilor arzânde:
    - de la faţa expusă;
    - penetrând acoperişul;
- penetrarea acoperişului:
    - completă şi izolată;
    - sumând toate străpungerile complete.

Metoda 2 (*BW*): evaluează performanţa acoperişului (nedenivelat) afectat de corpuri arzânde în condiţiile de vânt (se aplică unei învelitori de acoperiş cu suport):
-după lungimea termodegradabilă a învelitorii de acoperiş şi substrat:
    - considerând valoarea medie pentru viteza vântului 2 m/s;
    - considerând valoarea medie pentru viteza vântului 4 m/s;
    - considerând valoarea maximă pentru ambele viteze ale vântului.

Metoda 3 (*BWR*): evaluează performanţa acoperişului (nedenivelat) afectat de corpuri arzânde în condiţii de vânt şi căldură radiantă suplimentară, metoda având două variante (se aplică unui acoperiş construit), determinându-se:
- timpul de propagare a focului în exterior (T_E);
- timpul de penetrare a focului (T_P).

Clasele privind performanţa la foc exterior a acoperişurilor pot fi grupate corespunzător metodelor standardizate de încercare (SR EN 13501-5/2006):

Metoda 1: B_{ROOF} (*B*), F_{ROOF} (*B*);
Metoda 2: B_{ROOF} (*BW*), F_{ROOF} (*BW*);
Metoda 3.1: B_{ROOF} (*BWR*), C_{ROOF} (*BWR*), D_{ROOF} (*BWR*), F_{ROOF} (*BWR*);
Metoda 3.2: B_{ROOF} (*BWR*), C_{ROOF} (*BWR*), D_{ROOF} (*BWR*), E_{ROOF} (*BWR*), F_{ROOF} (*BWR*).

3.3.4 Performanţa la foc a sistemelor pentru controlul fumului

Generalităţi

Concepţia europeană privind securitatea la incendiu se referă şi la diferitele tipuri de instalaţii (utilitare şi care asigură protecţia activă la incendiu).

Abordarea performanţei instalaţiilor cu rol în securitatea la incendiu dintr-o construcţie se face după rolul lor funcţional în cadrul clădirii, în situaţia de incendiu (instalaţii electrice, de încălzire, de gaze, cabluri electrice etc.) şi vizează:

- *contribuţia la propagarea incendiului* şi, în acest caz, interesează *performanţa de reacţie la foc*;
- *durata pentru care pot să asigure funcţia la care au fost proiectate şi executate* şi, în acest caz, interesează *performanţa de rezistenţă la foc*.

Nu au fost, încă, elaborate decizii ale Comisiei Europene privind instalaţiile, din cauza efortului mare necesar pentru realizarea unui consens: diversitatea mare a tipurilor de instalaţii,

numărul mare de producători, complexitatea mare a abordărilor fenomenologice pentru stabilirea criteriilor şi parametrilor adecvaţi clasificărilor, progresul tehnic permanent etc.; cu toate acestea, standardele europene prevăd un sistem de clasificare privind rezistenţa la foc a unor instalaţii precum *sistemele de controlul al fumului* (conducte de controlul al fumului, clapete de fum, bariere de fum, ventilatoare mecanice pentru evacuarea fumului şi căldurii, inclusiv conectorii, mijloace pentru evacuarea naturală a fumului şi căldurii).

Clasele privind performanţa la foc a sistemele de controlul al fumului

Scenariile de referinţă reproduc situaţiile unor incendii reale specifice sistemelor de controlul al fumului, şi pot fi date de:

- curba standardizată temperatură-timp (incendiu post-flashover);
- curba incendiului mocnit;
- nivelul constant al temperaturii.

Metodele de încercare, stabilite ca standarde de referinţă, sunt următoarele:

- încercarea de rezistenţă la foc: SR EN ISO 1363/1/2/3;
- încercarea de rezistenţă la foc pentru instalaţii: SR EN ISO 1366/1/2.

Criteriile privind performanţa la foc a componentelor sistemelor de controlul al fumului sunt prezentate în continuare:

- etanşeitatea la foc (*E*);
- izolarea termică (*I*);
- etanşeitatea la fum (*S*);
- durata stabilităţii la temperatură constantă (*D*);
- durata stabilităţii la curba temperatură-timp (*DH*);
- funcţionalitatea ventilatoarelor electrice de fum şi căldură (*F*);
- funcţionalitatea mijloacelor de evacuare naturală a fumului şi căldurii (*B*).

Clasele privind performanţa la foc a componentelor sistemelor de control al fumului (SR EN 13501-4-2007) sunt aplicabile:

- conductelor sistemelor de control al fumului monocompartimentat: E_{300}, E_{600};
- conductelor sistemelor de control al fumului multicompartimentat: EI(30, 60, etc.);
- clapetelor de fum rezistente la foc monocompartiment: E_{600}, $E_{600}S$;
- clapetelor de fum rezistente la foc multicompartiment: E, EI;
- barierelor de fum: D_{600}, DH;
- ventilatoarelor mecanice de evacuare a fumului şi căldurii: F_{200} 120, F_{300} 60, F_{400} 90, F_{600} 60, F_{842} 30;
- mijloacelor de evacuare naturală a fumului şi căldurii: B_{300} 30, B_{600} 30.

3.4 Materiale de construcţii aflate în situaţia de incendiu

Generalităţi

Sunt cunoscute influenţele şi consecinţele distructive pe care le are incendiul asupra construcţiilor şi echipamentelor. Oricare ar fi materialele din care sunt executate, în situaţia de incendiu, ele sunt solicitate suplimentar, comparativ cu situaţia normală de exploatare, şi aceste solicitări sunt avute în vedere la verificarea elementelor de construcţii. Aproape toate construcţiile, prin materialele din care sunt executate, sunt afectate, mai mult sau mai putin, de incendiu.

Experienţa demonstrează că elementele de construcţii îşi pierd capacitatea portantă din cauza temperaturilor ridicate ce se produc pe perioada desfăşurării incendiului (distrugeri locale, modificări ale parametrilor termo-mecanici, transformări structurale etc.).

Un efect negativ asupra materialelor şi elementelor de construcţii îl are şi folosirea neraţională a apei la stingerea incendiilor care poate conduce, în final, şi la prăbuşirea lor (prin scăderea capacităţii portante, mai ales în condiţiile (unde este cazul) existenţei procesului fizico-chimic de deshidratare-rehidratare, şi prin încărcarea suplimentară.

În timpul stingerii incendiilor nu este recomandabil să se stropească cu apă, pentru a fi răcite, elementele de construcţii realizate cu materiale anorganice (piatra, betonul), pentru că la suprafaţa acestora are loc o variţie bruscă a temperaturii care conduce la apariţia fisurilor şi, ulterior, la desprinderea straturilor superficiale (în grosime de 3÷4 cm şi mai mult). Acesta poate fi şi cazul planşeelor din beton armat care, în unele situaţii, pot prezenta fisuri pe toată grosimea lor.

Din acest motiv, la stingerea unui incendiu, răcirea elementelor de construcţii trebuie să se facă uniform şi treptat; spre exemplu, la început, când elementul structural este încălzit la temperatura provocată de incendiu, răcirea se va face încet cu spumă sau apă în cantităţi mici şi, ulterior, după reducerea temperaturii la 350÷500^{0}C, se poate utiliza apa pentru răcire în cantităţi mari, sub formă de jet, ploaie sau pulverizată.

Un efect suplimentar al utilizării neraţionale a apei poate fi cel al supraîncărcării unor elemente structurale din construcţie cu aceasta, cum ar fi planşeele aflate într-o configuraţie care să reţină apa în cantităţi mari (fără posibilitatea de scurgere a acesteia).

3.4.1 Zidăria şi materialele constituente

Zidăria cu blocuri din piatră. Piatra naturală, material tradiţional de construcţii (poate cel mai vechi, din perspectiva primelor adăposturi umane, peşterile), alături de cea artificială (calcarul, betonul, azbestul, materialele ceramice etc.), sunt considerate incombustibile, deşi s-ar părea că nu sunt influenţate de variaţia temperaturii când aceasta are valori mari, în cazul incendiilor, la nivelul materialului au loc diverse procese care duc la scăderea rezistenţei şi la degradare. Astfel, dacă după acţiunea temperaturilor ridicate se secţionează un stâlp din piatră, se poate constata că partea cea mai caldă este spre exteriorul acestuia pe o adâncime de ordinul centimetrilor (stratul superficial), temperatura scăzând mult cu adâncimea (măsurată spre interiorul stâlpului). Efectul este dilatarea părţii încălzite în raport cu miezul, mai rece, care se opune; rezultatul este apariţia forfecării la limita interioară a stratului superficial şi desprinderea acestuia de pe elementul de construcţii; acest fapt depinde esenţial de caracteristicile materialului constitutiv al elementului, spre exemplu, viteza de desprindere a stratului superficial este cu atât mai mare cu cât rezistenţele mecanice ale materialului sunt mai scăzute (comportare defavorabilă în situaţia de incendiu).

Zidăria cu blocuri din ceramică. Acest proces apare şi în cazul blocurilor ceramice (cărămizilor), dar temperatura la care apare procesul de desprinder a stratului superficial este mult mai mare (materialul constitutiv este argila vitrifiată). Datorită procesului tehnologic prin care se obţine, cărămida obişnuită din argilă, supusă la temperaturi de până la 700÷900^{0}C pe o singură faţă, se comportă bine în condiţiile de incendiu (degradarea acesteia se produce în jurul temperaturii de 1000^{0}C).

Elementele ceramice din argila arsă, destinate realizării zidăriilor, se încadrează în euroclasa de reacţie la foc *A1* şi sunt practic incombustibile. S-a constatat că pereţii având 38 cm din cărămidă pot rezista la foc aproximativ 180 de minute şi cei având 30 cm grosime fac faţă cu succes focului 120 de minute. Aşadar, rezistenţa mecanică, capacitatea portantă, etanşeitatea şi izolarea termică a elementelor de construcţii sunt asigurate în cazul expunerii la incendiu, iar elementele ceramice, datorită componentelor naturale, nu emană gaze nocive sau fum.

Zidăria cu blocuri din BCA. Blocurile din BCA (beton celular autoclavizat) sunt realizate din materii prime naturale, pur minerale, şi se încadrează în clasa de reacţiei la foc *A1*. Aceasta înseamnă că materialul este incombustibil şi neinflamabil, constituind o barieră împotriva extinderii focului. Există blocuri pentru zidărie a căror rezistenţă la foc ajunge la 120 minute

pentru pereţi având 15 cm grosime. În consecinţă, nu apar fisuri în material, rosturile şi îmbinările rămân intacte, iar dilatarea blocurilor este minimă. Pe lângă faptul că sunt materiale ecologice, blocurile pentru zidărie, având calitate superioară, nu emană fum şi nu produc gaze nocive în timpul arderii.

3.4.2 Betonul

Betonul, piatră artificială (combinaţie din ciment, agregat şi apă) care ocupă un loc aparte în ponderea materialelor de construcţii, în condiţii de incendiu se degradează prin exfoliere şi despicare, precum şi prin reducerea semnificativă a rezistenţei materialului datorită temperaturii excesive. Prin exfolierea betonului cauzată de foc (la temperaturi de $400 \div 500^0$C), armătura poate să fie descoperită şi, din cauza supraîncălzirii, va pierde din rezistenţă şi elasticitate. Despicarea poate să apară când vaporii din interiorul betonului (datoraţi umidităţii) îşi măresc volumul, producându-se, mai întâi, fisurarea şi, ulterior, dislocarea unor bucăţi din material. De asemenea, despicarea poate să apară, din cauza dilatării termice, la o suprafaţă exterioară a unui element comprimat (cazul stâlpilor, pereţilor structurali sau elementelor structurale precomprimate).

Efectul temperaturii ridicate asupra rezistenţei betonului este mic şi neglijabil sub 250^0C, dar peste 300^0C se pot pune în evidenţă pierderi apreciabile de rezistenţă. Betonul supraîncălzit, în cazul unui incendiu, suferă o pierdere privind rezistenţa la compresiune, care continuă să scadă şi în cursul răcirii. Dacă temperatura nu depăşeşte 300^0C, în mare măsură rezistenţa se restabileşte. Betonul încălzit la sub 500^0C se rehidratează în timpul răcirii şi, treptat, redobândeşte cea mai mare parte din rezistenţa iniţială (aproximativ 90%); în cazul temperaturii de scurtă durată, va avea loc o revenire lentă la rezistenţa iniţială.

Altfel spus, sub acţiunea temperaturilor ridicate, betonul îşi păstrează rezistenţa mecanică până la aproximativ 600^0C; peste 800^0C, betonul pierde $70 \div 80\%$ din rezistenţa mecanică iniţială.

Umiditatea betonului este cel mai important factor care influenţează comportarea la temperaturi ridicate. Astfel, pierderea rezistenţei la temperatură ridicată este mai mare la betonul umed (saturat cu apă) decât la betonul uscat.

Betoanele mai slabe suferă o pierdere a rezistenţei mai mică faţă de betoanele mai rezistente; 400^0C constituie o limită superioară pentru betoane, deoarece betonul supraîncălzit pe o durată semnificativă se va deteriora în timpul răcirii în aer liber care urmează.

Cu creşterea temperaturii, betonul îşi schimbă şi culoarea; astfel, la aproximativ 300^0C devine roz, la $500 \div 600^0$C devine gri (şi friabil), iar la 1200^0C devine galben (cu suprafaţă fisurată, adică sinterizează).

Armăturile (din oţel) din betonul precomprimat vor pierde aproximativ 20% din rezistenţă la 300^0C şi nu revin la rezistenţa iniţială în timpul răcirii.

Sub acţiunea focului, partea expusă a elementului se dilată mai mult decât partea opusă a acestuia, conducând la o curbare a elementului. Rezistenţa la întindere a betonului şi a armăturii situată pe partea secţiunii expusă la foc scade cu creşterea temperaturii; când rezistenţa oţelului, sub efectul temperaturii ridicate, scade până la valoarea efortului/solicitării din armătură (rezultat al încărcărilor), se produce cedarea din încovoiere.

3.4.3 Oţelul

Construcţiile din metal, în situaţia de incendiu, se încălzesc foarte repede, ajungând până la temperaturi critice. Studiul proprietăţilor mecanice ale oţelurilor (şi în general, ale metalelor cum este şi aluminiul) constituie o problemă importantă atât din punctul de vedere al comportării lor în situaţia de incendiu cât şi din cel al utilizării la instalaţiile care funcţionează la temperaturi ridicate. Spre exemplu, în cazul oţelurilor obişnuite, utilizate la construcţii, rezistenţa mecanică creşte cu temperatura până la aproximativ 250^0C, după care, dacă aceasta creşte în continuare se

reduce (la 500^0C cu 50% şi la 600^0C cu 70÷80%); în consecinţă, oţelul neprotejat poate fi utilizat în condiţii sigure (fără pierderi semnificative privind modulul de elesticitate şi rezistenţa materialului) până la aproximativ 400^0C, la temperaturi ajungând la aproximativ 600^0C devenind inutilizabil din cauza deformaţiilor mari, chiar şi sub greutatea proprie.

Rezistenţele mecanice ale oţelului sunt diminuate de creşterea temperaturii şi datorită transformărilor de la nivelul reţelei cristaline: la aproximativ 700^0C, oţelul cu conţinut redus în elementele alierii trece din ferită (cu sistemul cristalinizării cubic centrat) în austenită (cu sistemul cristalinizării cubic cu feţe centrate) şi la aproximativ 1500^0C oţelul nu este decât o soluţie lichidă de carbon în fier (tabelul 3.3).

Transformările structurale atrag modificări ale proprietăţilor mecanice. Astfel, creşterea temperaturii are ca efect reducerea rezistenţei la forfecare (care antrenează o majorare a alungirii şi stricţiunii la rupere), precum şi reducerea rezistenţei la întindere şi a limitei de elasticitate (concomitent).

Temperatura critică (numită şi *temperatura de cedare*) corespunde momentului în care capacitatea portantă a elementului structural metalic (la această temperatură) devine egală cu efortul/solicitarea (rezultat al încărcărilor) de la nivelul acestuia. Temperatura critică la elementele de construcţii metalice este, tradiţional, aproximativ 550^0C, dar poate atinge şi valori mai mari, 700÷800^0C, funcţie de modul de rezemare şi încărcare a elementului structural (stâlp, grindă panşeu etc.).

Tabelul 3.3 Temperatura de topire a unor metale şi aliaje (*S. Calotă şi colectivul, 2009*)

Nr crt.	*Metalul*	*Temperatură topire (^{0}C)*	*Nr crt.*	*Metalul*	*Temperatură topire (^{0}C)*
1	*staniu (cositor)*	232	*7*	*bronz*	1000
2	*plumb*	327	*8*	*aur*	1064
3	*zinc*	419	*9*	*cupru*	1083
4	*aluminiu*	659	*10*	*fontă*	1200÷1350
5	*alamă*	900	*11*	*nichel*	1462
6	*argint*	961	*12*	*fier*	1530

3.4.4 Lemnul

Lemnul este unul din cele mai vechi şi mai utilizate materiale din lume, cu multe avantaje ca material de construcţii. Lemnul este un material natural (combinaţie de polimeri naturali cu greutate moleculară mare: 25% semiceluloză, 50% celuloză şi 25% lignină), neomogen şi anizotrop, curat, uşor de folosit, rezistent şi cu o greutate specifică relativ mică. Majoritatea esenţelor de lemn sunt practice la operaţii de îmbinat (prin cuie, adezivi sau alte tipuri de conectori), la vopsire sau tratare, fiind dintotdeauna unul dintre materialele principale de construcţii.

Comparativ cu metalul, lemnul se comportă mai bine în timpul unui incendiu. Când este expus la foc, un element structural din lemn îşi păstrează capacitatea portantă un timp mai îndelungat decât un element similar din metalul. Un element din metal neprotejat îşi pierde repede capacitatea şi cedează în urma încărcărilor, în timp ce lemnul îşi pierde capacitatea portantă treptat, odată cu micşorarea secţiunii ca urmare a carbonizării.

Proprietăţile lemnului (mai ales cele termice) sunt influenţate de temperatură, densitate (300÷800 kg/m^3), conţinutul de umiditate (fiind un material higroscopic), orientarea fibrelor şi compoziţia chimică.

La aproximativ 110^0C are loc deshidratarea, care influenţează viteza de carbonizare (lemnul ud şi dens conduce la reducerea vitezei de carbonizare, aproximativ 2,5 cm/oră, iar cel uscat la mărirea vitezei de carbonizare, dublând-o) şi începe degajarea substanţelor volatile; către

150^0C, lemnul capătă o culoare gălbuie şi degajarea volatilelor se intensifică, pentru ca apoi, până la aproximativ 210^0C, să devină maroniu.

La aproximativ 200^0C, lemnul începe să se termodegradeze, generând substanţe volatile inflamabile (constituenţii lemnului generează volatile după cum urmează: la $200 \div 260^0$C semiceluloza, la $240 \div 350^0$C celuloza şi la $280 \div 500^0$C lignina) care se aprind în aer.

La peste 300^0C, structura fizică este afectată mai întâi la suprafaţă, unde apar fisuri în cărbune, perpendicular pe fibră, favorizând degajarea volatilelor şi, apoi, lărgirea acestora; la aproximativ 350^0C, lemnul este transformat în cărbune, cu o densitate aproximativ uniformă.

La $400 \div 450^0$C, parte din lemn se transformă în cărbune, proporţia fiind $15 \div 20\%$ (majoritatea provenind din conţinutul ligninei).

Lemnul, în situaţia de incendiu, nu se va aprinde până la temperatura de 250^0C. Odată aprins, de obicei se carbonizează la exterior cu 0,64 mm/minut viteză medie, şi asta în cazul unui incendiu sever. Cărbunele rezultat reuşeşte să izoleze în continuare elementul structural din lemn, făcând să crească limita de expunere.

În cazul elementelor din lemn lamelar, după 30 de minute de foc doar 19 mm din secţiune este carbonizată, lăsând cea mai mare parte din secţiune intactă.

În U.S.A., elementele din lemn lamelar sunt larg acceptate ca una dintre cele mai eficiente şi puţin costisitoare căi pentru îndeplinirea criteriilor de rezistenţă la foc, normate prin codurile de practică.

3.4.5 Sticla utilizată la ferestre

Mărimea incendiilor este limitată şi de cantitatea de oxigen disponibil. În majoritatea cazurilor, cantitatea de oxigen dintr-o cameră vine, în mare măsură, prin uşile şi ferestrele deschise sau neetanşe şi, într-o mică măsură prin sistemul de ventilare (golurile construcţiei).

Într-un incendiu se întâmplă ca ferestrele închise anterior să fisureze şi să crape. Evoluţia incendiului poate fi influenţată de spargerea ferestrelor; astfel, devine de interes dacă şi când sticla se va sparge, în special la ferestrele tip termopan.

Există cel puţin două situaţii tipice de expunere la căldură a sticlei implicate în incendii:

- fereastră expusă la încălzire pe o singură faţă, caz în care temperatura locală a gazelor şi cea radiantă sunt destul de apropiate, spargerea geamurilor prin şoc termic având loc la o diferenţă de temperatură de aproximativ 70^0C între faţa caldă şi cea rece;
- fereastră expusă unui incendiu din exterior, caz în care diferenţa la expunere între partea de sus şi partea de jos a ferestrei poate fi relativ mică; încălzirea este, de obicei, datorată radiaţiei (temperatura locală a gazelor poate fi apropiată de cea a mediului înconjurător, din moment ce fereastra nu este spălată de flăcări în mod direct şi există un flux convectiv care răceşte în lungul ferestrei).

La aproximativ 700^0C, sticla prezintă uşoare deformări, la aproximativ 800^0C deformările se amplifică şi marginile vii se rotunjesc, pentru ca apoi, la aproximativ 850^0C, să apară primele semne ale topirii sticlei, aceasta topindu-se efectiv la aproximativ 900^0C, când se formează topituri ce se solidifică în timp.

S-a identificat faptul că marginea protejată a sticlei joacă rolul predominant în controlul fisurării (Keski-Rahkonen).

Rezistenţa la foc a unei ferestre este influenţată, în principal, de comportamentul geamurilor la temperaturi ridicate. Rezistenţa la foc a unei ferestre cu cadru din PVC este, în general, mai mare decât cea a ferestrelor cu cadre din lemn. Materialele din PVC au proprietăţi bune la foc şi ramele din PVC ale ferestrelor oferă o performanţă satisfăcătoare la incendii, în comparaţie cu alte materiale.

Există o teorie pentru estimarea apariţiei primei fisurări la geamuri, dar nu este relevant pentru ventilaţia incendiului, fiind foarte dificil să se prevadă când se va sparge sticla, într-o situaţie de incendiu real. Există factori, cum ar fi dimensiunile ferestrei, tipul cadrului, grosimea

sticlei, defectele sticlei şi gradientul vertical de temperatură, care au un efect considerabil asupra momentului în care se va sparge sticla.

Geamurile fumurii sau cele cu panouri pentru insecte cresc cu aproximativ 21% fluxul de căldură necesar fisurării. Aceste informaţii pot fi utile în estimarea riscului de aprindere în interiorul unei clădiri de la radiaţiile exterioare.

Ferestrele duble sau triple rezistă mult mai mult într-un incendiu fără a se sparge. Astfel, la o fereastră dublă, radiaţiile transmise primului ochi de sticlă sunt transmise numai în regiunile spectrale unde cel de-al doilea ochi de sticlă nu le absoarbe. Consecinţa este că cel de-al doilea ochi de sticlă nu este încălzit ca primul ochi de sticlă care este în continuare supus încălzirii. Acest aspect conduce la faptul că cel de-al doilea geam niciodată nu se va sparge într-un incendiu de scurtă durată. Rezultate experimentale confirmă acest raţionament: au fost expuse două tipuri de ferestre duble într-o cameră incendiată (cu geam din sticlă având 6 mm grosime), temperatura în cameră ajungând la aproximativ 750^0C, şi nici un geam nu s-a spart (Shields, Silcock şi Hassani).

În general, cercetările studiază geamurile cu grosimi având 6 mm, demonstrând că se pot sparge după 7 minute, prin expunere la căldură radiantă cu un flux de 23 kW/m^2 (aproximativ 770^0C). Geamuri cu sticlă foarte groasă se folosesc în multe clădiri comerciale.

Există felurite ochiuri din sticlă rezistente la foc. Cele tradiţionale sunt cele armate cu sârmă. În prezent, multe ochiuri din sticlă rezistentă la foc nu sunt cu fir din sârmă, acestea fiind, de obicei, structuri multistrat care includ straturi polimerice intermediare.

Ferestrele din material plastic (policarbonat) sunt, deseori, utilizate la vehicule pentru transport şi la clădirile şcolilor.

Spargerea geamurilor este influenţată şi de materialul cadrului ferestrei; astfel s-a constatat (Mowrer) că, la ferestrele cu cadru din policlorură de vinil, rama are tendinţa să cedeze înainte de a se sparge sticla. Cedările cadrelor din policlorură de vinil au fost observate când fluxurile de căldură au crescut de la 8 kW/m^2 la 16 kW/m^2. De asemenea, s-a constatat că sticla înrămată în cadre din aluminiu prezentă o fisurare mult mai târzie decât geamurile tradiţionale cu cadru din lemn (McArthur).

Bibliografie

1. C. Zamfir, Şt. Vintilă, S. Calotă, I. Voiculescu, Securitatea la incendiu în reglementările europene şi româneşti, Editura FAST-PRINT, Bucureşti, 2004.
2. Elena Axinte, Elemente compuse oţel-beton (suport de curs), Iaşi, 2010.
3. F. Viţelaru, Contribuţii privind evacuarea fumului şi persoanelor din clădiri etajate pentru birouri (teză de doctorat), Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" din Iaşi, 2011.
4. S. Calotă, G. Temian, V. Ştiru, G. Duduc, I. P. Golgojan, Manualul pompierului, Editura Imprimeriei de Vest, Oradea, 2009.
5. V. Moisuc, Comportarea la foc a principalelor elemente de construcţii (lucrare master), Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" din Iaşi, 2011.
6. C. Mircea, Ana Cosma, Institutul Naţional de Cercetare-Dezvoltare în Construcţii şi Economia Construcţiilor, Bucureşti-Filiala Cluj-Napoca, Durabilitatea elementelor şi structurilor de beton precomprimat, 2005 (www.incerc-cluj.ro).
7. T. Pamfil, I. Popescu, V. Neagoe, Şt. Ciucă, Manualul pompierilor, Redacţia publicaţiilor pentru construcţii, 1972.
8. ***, Hotărârea Guvernului nr. 622/2004 privind stabilirea condiţiilor de introducere pe piaţă a produselor pentru construcţii, Bucureşti, 2004.
9. ***, Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcţii (actualizată), Bucureşti, 1995.
10. ***, Normativ de Siguranţă la foc a construcţiilor, indicativ P 118-99, ediţia II-a, I.P.C.T. SA, Bucureşti, 1999.

11. ***, Ordinul nr. 1822/394 din 7.10.2004 pentru aprobarea Regulamentului privind clasificarea şi încadrarea produselor pentru construcţii pe baza performanţelor de comportare la foc (actualizat), Bucureşti, 2004.