

Studiul prevenirii și stingerii incendiilor prin cunoașterea caracteristicilor de declanșare, evoluție și funcționare a mijloacelor de stingere

Teză de doctorat – Rezumat

pentru obținerea titlului științific de doctor la

Universitatea Politehnică Timișoara

în domeniul de doctorat INGINERIE CIVILĂ ȘI INSTALAȚII

autor ing. **BRĂNIȘTEANU-ALBULESCU Bogdan-Grigore**

conducător științific Prof.univ.dr.ing. RETEZAN Ioan Adrian Nicolae

luna 10 anul 2018

Prezenta teză de doctorat propune abordarea metodelor ingineriei securității la incendiu în vederea proiectării unor construcții cu caracter unicat, dar și pentru eliminarea barierelor impuse în piața construcțiilor prin utilizarea normativelor și regulilor prescriptive. Astfel, sunt utilizate atât metode experimentale cu caracter de noutate în România, dar și elemente de calcul analitic și computerizat cu particularizare la problematica determinării timpului de răspuns al instalațiilor de stingere cu sprinklere.

Lucrarea de doctorat, este alcătuită din 115 pagini, fiind structurată pe 6 capitole și se bazează pe o bibliografie de 68 de titluri ce conțin date relevante pentru cercetările realizate în cuprinsul tezei.

În capitolul 1 sunt prezentate noțiuni ce țin de conceptul ingineriei securității la incendiu, precum și nivelurile minime de performanță ce trebuie stabile la utilizarea acestei metode.

În trecut majoritatea statelor membre ale Uniunii Europene utilizau metode de proiectare specifice domeniului securității la incendiu bazate pe cerințele legilor și normativelor prescriptive. În mod tradițional aceste norme au rezistat de-a lungul timpului, fie datorită modului facil de implementare, fie datorită lipsei specialiștilor în domeniu. Mai mult, cerințele prescriptive permit oferirea unor soluții rapide ce asigură în același timp un grad ridicat de control.

Prin natura lor normativele prescriptive reprezintă o barieră în dezvoltarea unor noi soluții de proiectare, dar și în utilizarea unor noi materiale sau tehnologii de construcție. De multe ori, acestea se dovedesc a fi prea rigide în procesul de proiectare deoarece nu sunt revizuite periodic pentru a cuprinde noile metodologii de calcul sau inovații în domeniul construcțiilor. Totodată, cerințele impuse pentru echiparea clădirilor cu instalații de protecție împotriva incendiilor este mult prea restrictivă, conducând la costuri suplimentare pe parcursul investițiilor.

O alternativă viabilă în rezolvarea problemelor generate de normativele prescriptive o reprezintă ingineria securității la incendiu care vine atât în sprijinul proiectanților prin oferirea unor soluții alternative de calcul, precum și pentru arhitecți și investitori în vederea folosirii unor noi materiale de construcție și clădiri de forme diferite.

Impulsionată de dezvoltarea socio-economică la nivel european din anii '80, ingineria securității la incendiu a crescut în popularitate și complexitate în ultimii ani, fiind recunoscută ca o metodă inovativă și economică pentru determinarea măsurilor de securitate la incendiu aferente construcțiilor. Limitările și gradul redus de flexibilitate al normelor prescriptive coroborate cu noile dimensiuni și tehnologii în construcții au determinat intensificarea activităților de cercetare în domeniul securității la incendiu. Prin dezvoltarea continuă a

ingineriei securității la incendiu se urmărește oferirea unor soluții pentru proiectele cu caracter unicat, precum și măsuri alternative de proiectare care să conducă la obținerea unui nivel ridicat al securității la incendiu pentru ocupanții clădirilor și societății, în general.

Prin urmare, metodele ingineriei securității la incendiu sunt destinate obținerii unei proiectări de înaltă calitate ce ar trebui să aducă un beneficiu societății prin realizarea unui echilibru între costurile de investiție și nivelul de securitate asigurat.

Capitolul 2 prezintă principalele tipuri de instalații de stingere tip sprinkler, precum și principiile de funcționare ale acestora.

Sistemele automate de stingere de tip sprinkler sunt recunoscute ca fiind una din cele mai eficiente instalații de protecție împotriva incendiilor. Acestea contribuie simultan la detectarea incendiului, transmiterea alarmei și limitarea propagării flăcărilor, asigurând astfel evacuarea utilizatorilor, protecția proprietății, precum și siguranța echipelor de intervenție.

Sprinklerele sunt dispozitive automate ce conțin un element termosensibil care declanșează la o temperatură prestabilită constând în refularea unei cantități de apă sub forma unui con de diferite dimensiuni asupra ariei protejate. Alimentarea cu apă a acestor capete sprinkler se realizează printr-un sistem de conducte amplasate la partea superioară a clădirii. Montarea capetelor sprinkler se realizează la intervale calculate, de-a lungul conductelor de alimentare, astfel încât să nu existe suprafețe la nivelul pardoselii care să nu fie protejate de cantitățile de apă refulate.

Majoritatea sistemelor de stingere cu sprinklere sunt proiectate în așa fel încât fiecare sprinkler să acționeze la temperaturile generate în timpul unui incendiu și să distribuie cantitățile de apă necesare asupra focarului de incendiu (asigurând intensitățile de stingere necesare).

Totodată, prezentul capitol cuprinde elemente ce influențează deteminarea timpului de răspuns al sprinklerelor, precum și metodele analitice de calcul în vederea obținerii acestui parametru. Parametri ca indicele timpului de răspuns (RTI), constanta de timp și coeficientul de transfer termic prin conducție sunt caracteristici ce trebuie luate în calcul la proiectarea instalațiilor de stingere cu sprinklere.

Capitolul 3 sintetizează informații cu privire la programele de simulare utilizate la proiectarea privind ingineria securității la incendiu. Rezolvarea problemelor de turbulență prezente pe timpul incendiilor sau pregătirea documentației privind prezentarea rezultatelor unei simulări sunt cuprinse în prezentul capitol.

Cu toate că în ultima perioadă s-a realizat un progres important în ceea ce privește cercetarea în domeniul securității la incendiu, ecuațiile ce stau la baza acestor programe prezintă anumite limitări pe care utilizatorii trebuie să le înțeleagă. Indiferent de nivelul de dificultate al problemei rezolvate, precum și gradul de fidelitate al interfaței de simulare, utilizatorul trebuie să fie întotdeauna familiarizat cu noțiunile caracteristice de dinamica incendiilor specifice proceselor de ardere și să cunoască posibilele surse de erori ce pot apărea pe parcursul unei simulări. În momentul de față există o multitudine de astfel de programe care pot fi accesate contra cost, altele prezintă variante cu acces limitat sau să poată fi accesat în mod liber, așa cum este cazul celui mai popular program din această categorie (Fire Dynamics Simulator).

În funcție de complexitatea modelelor ce necesită a fi simulate, de complexitatea ecuațiilor și de tipul programului de simulare, capacitatea de procesare a computerelor este mai mult sau mai puțin solicitată. Pornind de la simulări de ordinul secundelor și sfârșind cu cele ce durează zile sau săptămâni, este important ca aceste programe să fie utilizate într-un mod cât mai corect, iar utilizatorul să înțeleagă pe deplin modelele de bază ale acestor mijloace de proiectare. În egală măsură este necesar ca la utilizarea lor să fie cunoscut în mod temeinic acuratețea și validitatea rezultatelor obținute.

În general, aceste modele sunt utilizate pe scară largă la proiectarea sistemelor de

evacuare a fumului și gazelor fierbinți, la studii pentru evaluarea timpilor de activarea a detectoarelor de incendiu și a sprinklerelor și la investigarea cauzelor de incendii. Utilizarea avansată implică probleme legate de piroliză, propagarea flăcărilor, dezvoltarea incendiilor și stingerea cu apă prin utilizarea instalațiilor de tip sprinkler. În acest sens, Emanuele Gissi sublinia în una din lucrările sale următorul aspect: “La momentul de față utilizatorii ar trebui să evite folosirea programelor de simulare pentru probleme avansate, deoarece acestea sunt supuse unui proces intens de cercetare care încă nu este finalizat”, afirmație valabilă și astăzi.

Cele mai utilizate astfel de programe pot fi împărțite în două categorii, în funcție de principiile de funcționare. În prima categorie sunt incluse așa-numitele modele cu două zone, care prezintă cele mai multe simplificări și ipoteze incluse în ecuațiile matematice, iar cea de-a doua categorie mult mai complexă din punct de vedere funcțional, este cea a modelelor de simulare privind dinamica fluidelor (CFD) care ajută la simularea unor probleme complexe de incendiu. Acestea din urmă solicită computere cu capacitate de procesare ridicată, iar timpul necesar pentru realizarea simulărilor este proporțional cu gradul de complexitate al problemei rezolvate și capacitatea propriilor calculatoare.

Cu toate că programele de simulare a incendiilor cu două zone sunt mult mai simple din punct de vedere al utilizării lor, cele de simulare privind dinamica fluidelor au cunoscut un progres rapid, iar aceasta a dus la utilizarea lor pe scară largă. Dat fiind că modelele de tip CFD au la bază ecuații mult mai complexe, oferă soluții apropiate de modelul real, fiind mult mai exacte decât programele ce au la bază modele cu două zone.

Capitolul 4 conține date experimentale pentru determinarea timpului de răspuns al sprinklerelor, rezultate în urma testelor efectuate în camera standard ISO.

Acest capitol prezintă metodologia de calcul specifică ingineriei securității la incendiu pentru determinarea timpului de activare a instalațiilor de stingere cu sprinklere. Pentru aceasta au fost utilizate programe de simulare privind dinamica fluidelor și calcule matematice rezultate în urma unor încercări experimentale, iar la validarea lor s-au realizat încercări experimentale cu focare de incendiu având aceleași caracteristici, amplasate în poziții diferite în interiorul camerei standard ISO.

Pe lângă evidențierea metodelor de calcul disponibile în domeniul securității la incendiu, s-a evidențiat faptul că poziția focarului în încăpere prezintă un rol deosebit de important în determinarea timpului de activare al instalațiilor de stingere. Similar instalațiilor de stingere, dispozitivele de activarea ale instalațiilor de detectare, activare și alarmare în caz de incendiu au la bază aceleași principii de activare, iar prin similitudine rezultatele obținute în urma acestei teze pot fi aplicate cu succes în cazul ambelor sisteme.

Prin plasarea tăvii cu heptan în mijlocul compartimentului de incendiu au fost obținute valori medii ale ratei de căldură degajate de aproximativ 6 kW atât prin metoda consumului de oxigen, dar și prin pierderea de masă. Aceste valori prezintă diferențe de maximum 12 % comparativ cu metodele analitice, ceea ce întărește ideea că focarele alcătuite din lichide combustibile asigură un grad înalt de acuratețe în cercetarea incendiilor. Este de evidențiat faptul că metodele analitice prezentate în literatura de specialitate au anumite limitări în ceea ce privește determinarea cu exactitate a ratei de căldură degajată prin faptul că acestea au fost realizate în urma unor serii de încercări experimentale realizate în aer liber. Prin plasarea unui focar de incendiu într-o încăpere apar anumite aspecte specifice fenomenului de ardere generate de formarea stratului de fum și, în același timp, de materialele din alcătuirea pereților ce pot contribui la intensificarea pierderii de masă și implicit la creșterea ratei de căldură degajată. Valorile maxime ale ratei de căldură degajate sunt obținute pentru focarele amplasate în colțul încăperilor deoarece flăcările generate în timpul incendiului sunt mărginite de pereții compartimentului care împiedică intrarea aerului exterior pe toate laturile rezultând în efectul de împingere a substanțelor volatile generate de către focar și arderea lor către partea superioară a spațiului. De asemenea, efectul de răcire al aerului exterior asupra

flăcărilor este evidențiat în centrul, dar și lângă peretele încăperii unde sunt înregistrate valori mai mici ale temperaturilor, iar rata de căldură degajată este cu două, respectiv trei ordine de mărime mai scăzută.

Este evident din rezultatele obținute că timpul de activare este strâns legat de poziția focarului de incendiu și implicit de rata de căldură degajată. Deși rata de căldură degajată este un parametru esențial în dezvoltarea unui incendiu, la determinarea timpului de activare este necesar a se avea în vedere și distanța orizontală de la centrul focarului până la locul de amplasare al sprinklerelor.

Metodele analitice de calcul pentru timpul de răspuns oferă rezultate valide doar pentru focarul montat în centrul încăperii, întrucât toate ecuațiile matematice au fost descoperite în urma unor teste la scară naturală unde dimensiunile spațiului au fost suficient de mari încât fumul degajat de incendiu să nu formeze un strat la partea superioară. Cu toate că în majoritatea situațiilor sprinklerele sunt montate la înălțimi apreciabile deasupra focarului de incendiu, iar modul de transfer al căldurii către elementul termosensibil se realizează implicit prin convecție, sunt cazuri în care, în faza de creștere a procesului de ardere, radiația reprezintă principalul mod de transfer al căldurii. De aceea, este util ca la aplicarea metodelor ingineriei de calcul specifice securității la incendiu să se realizeze o evaluare clară a tuturor scenariilor de incendiu existente prin identificarea modalităților de propagare și transfer a căldurii.

Cu toate că poziția focarului în colțul, respectiv lângă peretele încăperii influențează în mod evident rata căldurii degajate și timpul de răspuns al dispozitivelor de detectare ale diverselor sisteme de protecție împotriva incendiilor, este imperios necesar a se avea în vedere distanța orizontală de la locul incendiului până la poziția de amplasare a capetelor sprinkler.

De asemenea, trebuie ținut cont de faptul că efectul de creștere al ratei de căldură degajată în apropierea pereților spațiilor analizate se obțin doar în situația în care flăcările generate de incendiu sunt în contact direct cu suprafața acestora.

Programele de simulare disponibile pot oferi o alternativă viabilă pentru metodele analitice prin prisma faptului că generează rezultate apropiate încercărilor experimentale pentru toate cele trei cazuri analizate, însă folosirea acestora este necesar a se realiza cu responsabilitate privind limitările și erorile introduse. Este deosebit de important ca la raportarea rezultatelor obținute în urma simulărilor computerizate să se întocmească un raport detaliat cu privire la potențialele erori generate, precum și implicațiile acestora asupra întregului proces de proiectare.

Capitolul 5 al tezei prezintă date privind determinarea experimentală a timpului de activare al sprinklerelor în interiorul tunelurilor rutiere.

Astfel, se constată diferențe ale timpilor de activare în funcție de caracteristicile materialului combustibil. La valori egale ale ratei de căldură degajată diferențele sunt generate de puterea calorică specifică materialului, precum și de eficiența procesului de combustie.

De asemenea, se constată o creștere proporțională a timpului de activare al sprinklerelor cu mărirea distanței orizontale dintre focarul de incendiu și locul de amplasare al elementului termosensibil.

La depășirea vitezei de 6 m/s a aerului introdus de către ventilator, temperaturile la partea superioară a machetei sunt răcite suficient încât să împiedice activarea sistemelor de stingere cu sprinklere. Dacă vitezele aerului nu depășesc 3 m/s timpul de activare este întârziat datorită efectului de răcire al stratului superior și al încetinirii transferului termic către elementul de declanșare al sprinklerului. Dacă prin strategia de proiectare se stabilește pornirea ventilatoarelor de evacuare a fumului și gazelor fierbinți după activarea primului cap sprinkler, este necesar ca la stabilirea vitezei de introducere a aerului să nu fie afectată activarea celorlalte sprinklere.

Aportul de oxigen generat odată cu introducerea aerului produce incensificarea

procesului de ardere prin accelerarea procentului de pierdere de masă. Flăcările sunt înclinate în direcția de mișcare a aerului mărind astfel probabilitatea de propagare a incendiului către materialele combustibile învecinate. La incendierea mai multor autoturisme aflate în interiorul unui tunel este foarte dificil să se execute operațiunile de salvare și stingere de către echipajele specializate ale pompierilor. În cazul unui astfel de scenariu sunt eliberate cantități însemnate de fum, iar temperaturile pot ajunge la valori cu mult peste 1000⁰ C, condiții ce pot pune în pericol viața utilizatorilor și a pompierilor deopotrivă.

Prin urmare, la proiectarea instalațiilor de stingere cu sprinklere este necesar a se alege cu atenție temperatura de activare a sprinklerului în funcție de mediul în care este montat, dar și indicele timpului de activare RTI specific elementului termosensibil. De asemenea, se impune o analiză riguroasă a tuturor scenariilor și a eventualelor materiale combustibile ce pot fi implicate într-un incendiu.

Rezultatele experimentale la scară redusă oferă informații similare încercărilor la scară reală în ceea ce privește temperaturile eliberate și timpul de activare al sprinklerelor.

Dat fiind faptul că pe timpul incendiilor produse în interiorul tunelurilor sunt implicate diverse materiale combustibile aflate în configurații diferite, este greu de anticipat timpul de activare al sprinklerelor. Cu toate acestea, încercările la scară redusă oferă date importante cu privire la principalele elemente ce influențează acest parametru și contribuie activ la îmbunătățirea procesului de proiectare și al activităților de cercetare din domeniu.

Capitolul 6 concluzionează demersul științific întreprins prin cercetările realizate de-a lungul programului doctoral, prezentând în mod obiectiv concluziile și contribuțiile aduse de către autor. De asemenea, sunt prezentate în mod general direcțiile viitoare de cercetare.

Bibliografie

1. <https://www.bca.gov.sg/PerformanceBased/others/ProfTeh.pdf>;
2. Hadjisophocleous, G., V., Benichou, N., Development of performance-based codes, performance criteria and fire safety engineering methods, International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes, vol. 2, no. 4, 2000;
3. ISO/TR 13387-1:1999 Fire Safety engineering – Part 1: Application of fire performance concepts to design objectives;
4. Weigard, J., Jiang, J., Performance-based design for structure in fire – modelling and validation project, NIST, 2013;
5. Frank, K., Spearpoint, M.J., Fleischmann, C.M., and Wade C.A. (2012) – Modelling the activation of multiple sprinklers with a risk-informed design tool. Hong Kong: 9th International Conference on Performance-based codes and fire safety design;
6. Heskestad, G., The sprinkler response time index (RTI), Technical Conference on Residential Sprinkler Systems, Factory Mutual Research, 1981;
7. http://www.archerenterprises.com.au/news/archer_dominates_global_product_accreditation_market;
8. Hollman, J. P., Heat Transfer, McGraw-Hill, New York, 1976;
9. Pepi, J. S., Design characteristics of quick response sprinklers, Grinnell Fire Protection Company, Rhode Island, 1986;
10. Heskestad, G., Bill, R. G., Conduction heat loss effects on thermal response of automatic sprinklers, Factory Mutual Research Corporation, 1987;
11. Yao, C., Development of large-drop sprinklers, FMRC Technical report no. 22476, Factory Mutual Research Corporation, 1976;
12. Alpert, R. L., Calculation of response time of ceiling mounted fire detectors, Fire Tech, 1972;
13. Evans, D., Stroup, D., Methods to calculate the response time of heat and smoke detectors installed below large unobstructed ceilings, NBSIR 85-3167, U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, 1985;
14. Heskestad, G., Delichatsios, M. A., Environments of fire detectors – Phase I: Effect of fire size, ceiling height and material, National Technical Information Service, 1977;
15. NFPA 72:2016 – National Fire Alarm and Signaling Code, 2016 Edition;
16. Schifiliti, R., Use of fire plume theory in the design and analysis of fire detector and sprinkler response, Worcester Polytechnic Institute, 1986;

17. Motevalli, V., Riccini, C., Characterization of the confined ceiling jet in the presence of an upper layer in transient and steady-state conditions, NIST-GCR-92-613, 1992.
18. Gissi, E., An introduction to fire simulation with FDS and Smokeview, www.emanuelegissi.eu (2009);