



A XII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2012

INSTALAȚIE EXPERIMENTALĂ PENTRU STUDIUL FORMĂRII STRATULUI DE FUM ȘI GAZE FIERBINȚI ÎNTR-UN SPAȚIU INCENDIAT ȘI A CURGERII ACESTORA PRIN GOLURILE DE VENTILARE

Oleg SUSAN, Daniel Stelian LAZĂR, Valeriu Nicolae PANAITESCU,
Anastasia SUSAN, Emese DEMETER

THE EXPERIMENTAL INSTALLATION FOR THE STUDY ON THE FORMATION OF HOT SMOKE AND GASES IN A BURNING ENCLOSURE AND ON THEIR FLOW THROUGH THE VENTILATION OPENINGS

This paper is an experimental proposal to view and analyze the movement of smoke and hot gases and the formation of the smoke layer in a burning enclosure, the latter depending on the degree of ventilation of the room, thermal loading of the furnace and the thermal inertia of the enclosure. Inside a sufficiently ventilated burning enclosure, two areas develop: the upper – containing smoke and hot gases - and the lower one, containing relatively fresh air. Experiments conducted in this research were primarily aimed at demonstrating the basic theory that the thickness of the above layers depends on the ventilation holes and the size of the firebox.

Cuvinte cheie: incendiu, fum, gaze fierbinți, strat de fum, ventilare
Keywords: fire, smoke, hot gases, smoke layer, ventilation

1. Introducere

La un incendiu obișnuit într-un spațiu închis cu deschideri de ventilare, fumul și gazele fierbinți provenite de la incendiu se poziționează în partea superioară a încăperii, rezultând astfel două

zone stratificate pe verticală: stratul superior cu fum și gaze fierbinți și stratul inferior, cu aer respirabil. Cele două straturi se află în același volum, prin urmare înălțimile lor sunt invers proporționale și depind de suprafața golurilor de ventilare, mărimea focarului și inerția termică a spațiului incendiat [1].

Cunoscându-se însă că arderea nu poate avea loc fără schimb de masă și aport de oxigen, rezultă că înălțimile celor două straturi depind de cantitatea de fum evacuat din volumul care găzduiește incendiul, respectiv de dimensiunea gurilor de ventilare [2]. Calculele de dimensionare a unui sistem de ventilare la incendiu au la bază principiile de conservare a energiei, conservarea masei și conservarea impulsului [3]. Astfel, pornind de la cunoașterea debitului masic al fumului și gazelor fierbinți ce curg prin deschideri, evaluat cu ajutorul unor relații empirice pe baza performanțelor termice ale incintei, se pot stabili suprafețele golurilor de ventilare cu scopul realizării unei înălțimi convenabile a stratului inferior de aer curat [4].

Partea practică a articolului conține datele unor experimente efectuate de autori, în urma cărora, funcție de suprafețele golurilor de ventilare adoptate pentru incinta experimentală, s-au obținut vizual și prin citire a temperaturilor și presiunilor, nivelul aproximativ la care se află, în diferite situații, planul de separare dintre cele două zone ale volumului incendiat: zona superioară cu fum și gaze fierbinți și zona inferioară cu aer respirabil.

2. Descrierea instalației experimentale

Instalația experimentală prezentată în figura 1, este compusă din următoarele elemente:

- cameră din rigips rezistent la foc cu dimensiunile 2,0 x 1,2 x 1,8 m, având goluri de ventilare decupate pe o latură și/sau în plafon, cu suprafețe variabile;
- sistem de citire a temperaturilor format din 5 termocupluri așezate pe înălțime în interiorul structurii de rigips. Termocuplurile sunt de tip k (Cromel-Alumel, fără teacă de protecție);
- micromanometru diferențial pentru măsurarea cu finețe a diferențelor de presiune;
- geam de sticlă (5 mm) poziționat pe un perete lateral;
- combustibil solid de dimensiuni variabile de formă paralelipipedică, așezat în centrul camerei de testare;
- aparat de înregistrare a măsurătorilor de temperatură și presiune;
- sistem de înregistrare și procesare a datelor.

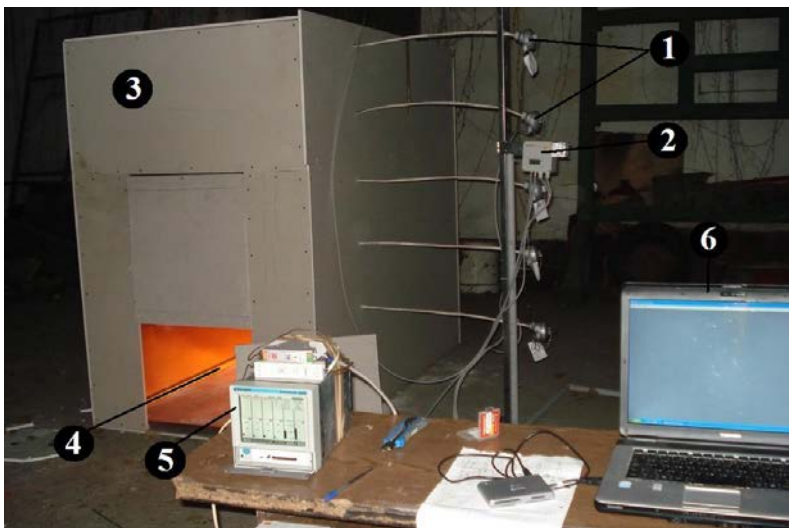


Fig. 1 Sistemul de măsurare și înregistrare a datelor

1 – termocupluri; 2 – aparat de măsurare a diferenței de presiune între două zone; 3 – camera experimentală; 4 – focarul în interiorul incintei; 5 – aparat de înregistrare a măsurătorilor; 6 – sistem de înregistrare și procesare a datelor

Combustibilul ales pentru majoritatea testelor a fost poliuretanul sau polistirenul în diverse cantități. Materialele alese pentru aceste experimente nu au fost întâmplătoare. Aceste au fost alese după proprietățile lor termice (pentru pereții, pardoseala și tavanul camerei) și de ardere (pentru combustibil) cunoscute, astfel încât să se obțină o ardere controlată doar a combustibilului și creșteri de temperatură sub 500 °C (caracteristică producerii fenomenului de flashover). S-a urmărit chiar, aplicând unele calculele preliminare și apoi prin experimentări cu cantități mici de combustibil, să nu se depășească temperaturi de 300 °C pentru a nu deteriora aparatele de măsură – termocuplurile din camera incendiată.

În cameră s-au montat cinci termocupluri pe înălțime la distanțe egale unul față de altul de 30 de cm și la 30 cm față de latura cu deschiderea laterală a încăperii, așa cum se vede în imaginea de mai jos (figura 4), primul fiind montat la 10 cm mai jos față de tavanul încăperii, iar ultimul – termocuplul 5 – fiind poziționat la 50 cm față de pardoseală. Diferența de presiune s-a înregistrat cu un aparat având capetele tuburilor flexibile montate sus lângă tavan și jos lângă pardoseală aproape de deschiderea laterală. Arderea combustibilului, formarea penei de fum și mișcarea gazelor fierbinți s-au putut vizualiza

printr-un geam din sticlă cu grosimea de 5 mm poziționat într-un perete lateral al camerei experimentale, precum și prin deschiderile aferente.

3. Rezultate experimentale

În cadrul cercetărilor pentru lucrarea de doctorat a autorului Susan Oleg au fost efectuate un număr de douăzeci de încercări folosind acest stand experimental, dintre care în cele ce urmează se vor detalia șase. Datele testelor 1, 2, 7, 8, 9 și 10 alese pentru această lucrare se pot urmări în tabelul 1 (Lista testelor reprezentative realizate cu instalația experimentală).

Tabelul 1

Nr. crt.	Nr. Test	Dimensiunea combustibilului (a x b x c) [cm]	Dimensiunea deschiderilor		Tipul combustibilului
			În plafon (Ac) [cm]	Ușă [cm] (H _o x W sau A _i)	
1	Test 1	70 x 30 x 15	45 x 40	60 x 50	Poliuretan
2	Test 2	55 x 28 x 17	20 x 30	30 x 50	-//-
3	Test 7	55 x 25 x 15	0	30 x 50	-//-
4	Test 8	65 x 35 x 14	0	65 x 60	-//-
5	Test 9	50 x 28 x 20	0	65 x 60	Polistiren
6	Test 10	40 x 30 x 25	45 x 40	50 x 60	-//-

Se observă în tabel că pentru fiecare test în parte, diferă dimensiunea și tipul combustibilului și dimensiunile deschiderilor de ventilare, acestea din urmă obținute prin obturarea spațiului ce se dorește a fi scăzut din deschiderea maximă, după cum se poate observa în poza de mai sus.

Practic, testele s-au desfășurat urmărindu-se pașii:

1. se alege dimensiunea combustibilului și a deschiderilor;
2. se aprinde combustibilul postat în centrul structurii, pe podea;
3. se înregistrează în timp valorile de temperatură și diferența de presiune;
4. se procesează datele pentru fiecare test în parte evaluându-se poziționarea planului dintre cele două straturi;
5. se analizează comparativ datele de la toate testările și se enunță concluziile.

Graficele obținute în urma testelor pot fi observate în figurile de la 2 la 7, aferente fiecare câte unui test. În figuri sunt prezentate câte două grafice: unul pentru valorile de temperatură înregistrate în timp iar celălalt pentru diferența de presiune.

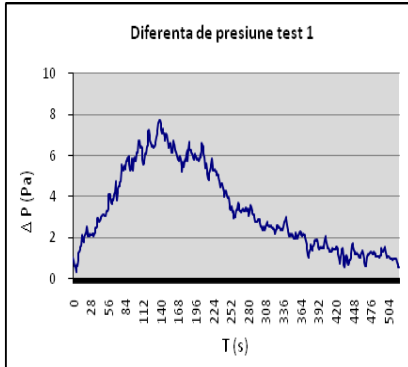
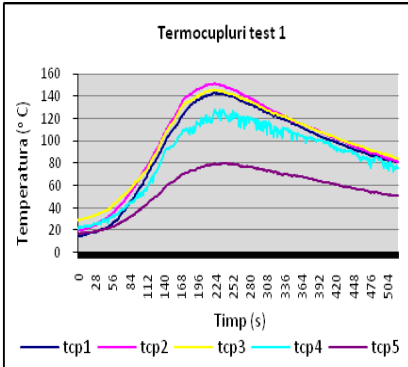


Fig. 2 Înregistrările grafice a termocuplurilor și diferenței de presiune din test 1

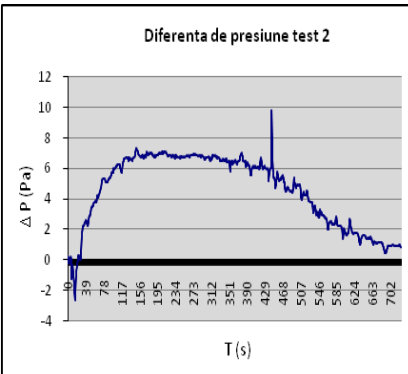
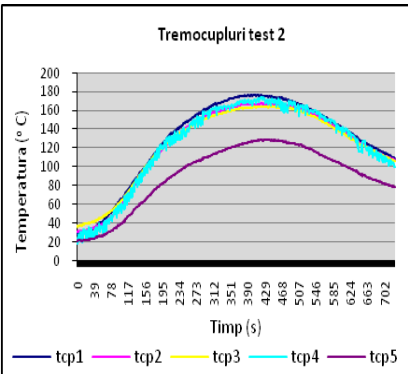


Fig. 3 Înregistrările grafice a termocuplurilor și diferenței de presiune din test 2

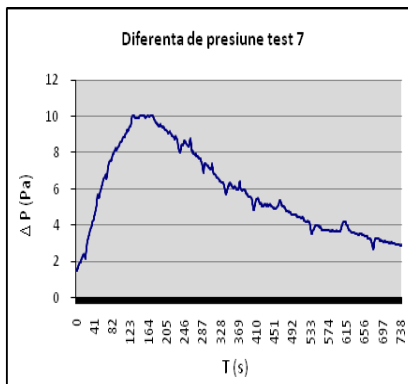
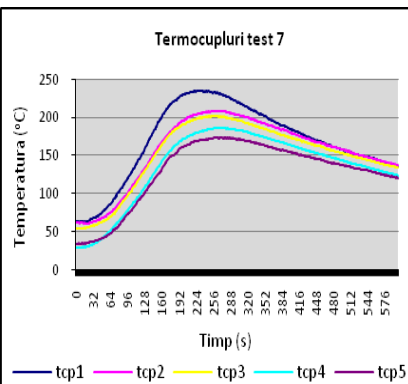


Fig. 4 Înregistrările grafice a termocuplurilor și diferenței de presiune din test 7

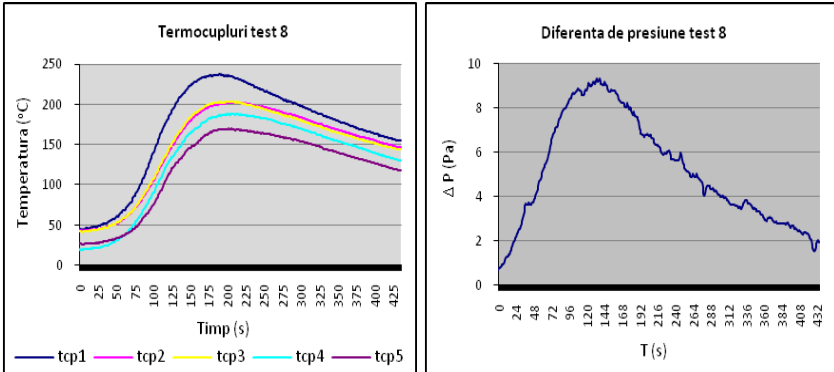


Fig. 5 Înregistrările grafice a termocuplurilor și diferenței de presiune din test 8

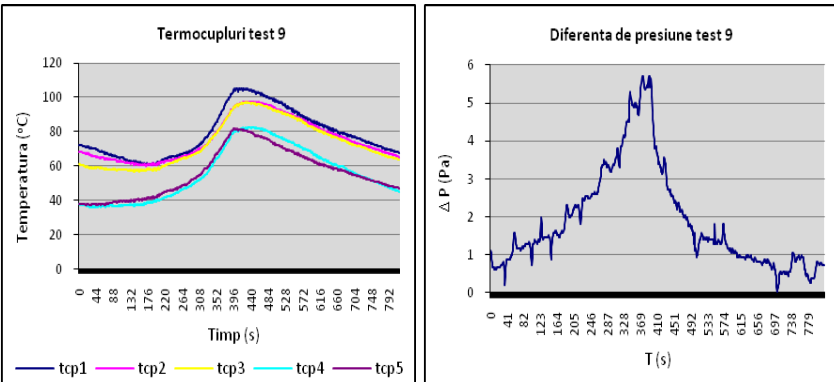


Fig. 6 Înregistrările grafice a termocuplurilor și diferenței de presiune din test 9

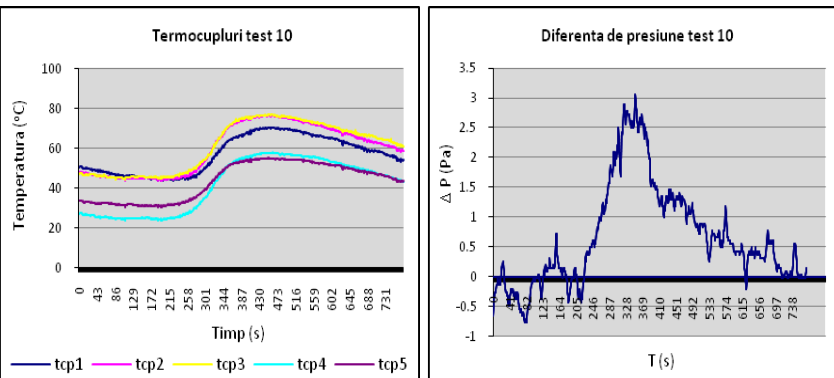


Fig. 7 Înregistrările grafice a termocuplurilor și diferența de presiune din test 10

4. Comentarii asupra rezultatelor

Analizând graficele rezultate pentru testele efectuate, s-au dedus următoarele concluzii relevante asupra modelului experimental:

- s-au observat diferențe mai mari de temperatură cu până la 40 °C la nivelul termocuplului 5 față de celelalte termocupluri pentru testele 1 și 2 (figurile 2 și 3), fiind cazul testelor în care maximele temperaturilor nu au depășit 180 °C. Aceasta se explică prin faptul că în acest tip de încăpere pentru un focar ce poate dezvolta un gradient moderat de temperatură (până la 200 °C pe înălțime după înregistrările termocuplurilor) și cu un grad corespunzător de ventilare avem poziționat stratul de fum (baza stratului de fum) mai sus de termocuplul cel mai de jos - termocuplul 5. Altfel spus, baza stratului de fum este poziționată între 50 și 80 cm de la pardoseala încăperii incendiate. Pentru testele 7 și 8 (figurile 4 și 5) valorile apropiate ale temperaturilor pentru toate cinci termocupluri se explică prin poziționarea acestora în stratul fierbinte de fum, rezultatele datorându-se unui grad mai scăzut de ventilare în raport cu temperatura (fluxul de căldură) degajată de focar. Această concluzie poate fi mai bine întărită urmărind rezultatele din testele 9 și 10 (figurile 6 și 7) pentru care, având un gradient de temperatură pe înălțime mai scăzut (până la 100 °C), chiar și pentru un grad de ventilare diferit în aceste două cazuri, avem poziționată baza stratului de fum între termocuplurile 4 și 3, adică la o înălțime între 80 și 110 cm;

- pentru creșterile de presiune din încăpere, mai exact diferențele de presiune înregistrate în experimente între partea superioară și partea inferioară a încăperii incendiate, s-a observat că acestea sunt dependente de fluxul de căldură degajată de focar (temperatura degajată de focar) și de suprafețele golurilor de ventilare. Pentru toate testele s-a urmărit ca focarul să dispună de suficient aer (oxigen) pentru ardere.

5. Concluzii

- Principala concluzie dedusă din aceste experimente este că înălțimea de poziționare a stratului de fum, precum și înălțimea planului neutru de presiune poate fi corelată cu gradul de ventilare, calculându-se raportul între suprafața de evacuare a fumului și gazelor fierbinți provenite din incendiu și suprafața de admisie a aerului proaspăt, dar numai după ce se cunoaște ce debit masic trebuie evacuat pentru a menține această înălțime, iar aici trebuie evaluată temperatura gazelor

din stratul de fum, și debitul masic de gaze din pana de fum ce intră în stratul de fum. Această înălțime de poziționare a stratului de fum este considerată înălțime de siguranță pentru persoanele aflate în spațiu incendiat și poate constitui un criteriu de proiectare pentru diverse spații în care sunt obligatorii aceste sisteme de ventilare și evacuare a fumului și gazelor fierbinți.

■ Prin evaluarea unui probabil incendiu, pentru care se cunosc parametrii combustibilului (cantitate de căldură eliberată, suprafață, perimetru sau diametru) și caracteristicile termice și geometrice ale spațiului, se poate calcula suprafața deschiderilor pentru evacuarea fumului din partea superioară a incintei în raport cu suprafața deschiderilor pentru aspirarea aerului proaspăt din partea inferioară a acestuia, necesare pentru evacuarea în siguranță a persoanelor sinistrate.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Susan, O., Țuleanu, C., Panaitescu, V., *The functional algorithm of ventilation systems for evacuating the smoke and hot gases out of a multistory building on fire*, University "Politehnica" of Bucharest, Scientific Bulletin, Series D, vol. 71, no. 4, pag. 173-182, 2009.
- [2] Susan, O., Țuleanu, C., Panaitescu, V., *Experimental research on the formation of hot smoke and gases in a burning enclosure and on their flow through the ventilation openings*, University "Politehnica" of Bucharest, Scientific Bulletin, Series D, vol. 73, iss. 3, pag. 227-238, 2011.
- [3] Karlsson, B., Quintiere, J.G., *Enclosure fire dynamics*, CRC Press LLC, Boca Raton, USA, ISBN 0-8493-1300-7, 2000.
- [4] Susan, O., *Contribuții privind evacuarea fumului din clădiri incendiate*, Universitatea Tehnică a Moldovei din Chișinău, Universitatea "Politehnica" din București, Teză de doctorat, 2010.

Dr. Ing. Oleg SUSAN

ofițer specialist în serviciul de prevenire a incendiilor, Inspectoratul pentru Situații de Urgență al județului Galați, membru AGIR, e-mail: susan_oleg@yahoo.com;

Ing. Daniel Stelian LAZĂR

ofițer specialist în serviciul de prevenire a incendiilor, Inspectoratul pentru Situații de Urgență al județului Mureș, membru AGIR, e-mail: lazardaniel07@yahoo.com;

Prof. Dr. Ing. Valeriu Nicolae PANAITESCU

Universitatea "Politehnica" din București, membru AGIR

e-mail: valeriu.panaitescu@yahoo.com;

masterand Anastasia SUSAN

Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați, e-mail: susan_anastasia@yahoo.com;

masterand Emese DEMETER

Universitatea "Petru Maior" Mureș, e-mail: demeteremese@yahoo.com.