



A XVI-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2016

DEZVOLTAREA UNUI INCENDIU DE AUTOTURISM ÎN TUNEL

Ion ANGHEL, Manuel ȘERBAN, Octavian LALU, Silviu CODESCU

DEVELOPMENT OF A CAR FIRE ÎN A ROAD TUNNEL

The article presents the work of the authors concerning the burning test in a semi closed space involving stationary car model. One scenario considering a fire at one car caught in a road tunnel. Taking into consideration fully developed fire, the temperature evolution, the time for temperature increase and smoke spread and their meaning in case of a real event. The results give us an image about user chances of escape from an event like this, using both physical and numerical scalarization methods.

Keywords: road tunnel fire, car mode, smoke spread, scalarization

Cuvinte cheie: incendiu tunel rutier, model de mașină, răspândirea de fum, scalarizare

1. Introducere

Avansul tehnologic din ultima perioadă se regăsește în toate domeniile vieții cotidiene, la tot pasul. Scopul lui este să ușureze viața oamenilor prin furnizarea de soluții, idei și echipamente care să vină în întâmpinarea acestora.

Una din laturile tehnologice cu un puternic impact în viața de zi cu zi este cea a traficului rutier. Această parte componentă a activității umane, este puternic afectată de tendința în continuă creștere a numărului de autoturisme și de faptul că infrastructura rutieră, de cele mai multe ori, nu poate ține pasul permanent cu acest proces ascendent.

Una dintre soluțiile aflate în continuă dezvoltare este construirea și modernizarea tunelurilor rutiere, ce prezintă avantaje certe prin scurtarea distanțelor, traversând forme de relief greu accesibile și unind regiuni, cu eforturi financiare și constructive substanțial reduse.

Factorii anterior menționați au ca efect sporirea condițiilor de risc la care constructorii, dar mai ales utilizatorii sunt supuși în perioada tranzitării tunelurilor rutiere.

Statisticile au demonstrat că cel mai mare risc aferent tunelurilor rutiere este, de departe, cel de incendiu. Desigur, sunt prezente și alte riscuri, precum cel de inundații, infiltrații, înzăpezire, surpare și prăbușire.

Ținând cont însă de faptul că majoritatea tunelurilor existente nu au o istorie recentă, vechimea lor medie fiind de 20-30 de ani și de faptul ca acestea au fost construite pentru traficul estimat al acelor timpuri, creșterea riscului de incendiu într-un tunel rutier în condițiile traficului actual este iminentă.

2. Considerente experimentale și scalare

Este cunoscut faptul că majoritatea tunelurilor rutiere sunt tranzitate în scop turistic, facilitând accesul în zone de interes cu acces limitat, cum ar fi cele montane. Tocmai din acest considerent, majoritatea autovehiculelor ce traversează tunelurile rutiere sunt de tip turisme.

Din motive ce țin de infrastructură, costuri, legislație și de inconvenientul opririi temporare a traficului, se adoptă soluția reducerii fizice la scară a autovehiculelor, utilizându-se în acest sens machete la scara 1/10 a unor turisme. Acest articol își propune să studieze dinamica arderii machetelor reduse la scară, din plastic, prin testare la foc nestandardizată, urmărindu-se obținerea anumitor indicatori de comportament specifici la incendiu (distribuția temperaturilor și disiparea fumului).

Lucrarea de față se ocupă de evoluția propriu-zisă a incendiului în tunelurile rutiere și mai puțin de alte implicații ale evenimentelor negative ce pot avea loc, cum ar fi evacuarea persoanelor și intervenția pentru stingerea incendiului. Pentru determinarea parametrilor fizici rezultați în urma testării, s-a utilizat metoda de scalarizare Froude.

Tablelul 1 sistematizează o scurtă prezentare a corelațiilor de scalarizare - indicele "M" are semnificația de model, iar indicele "F" de "full scale" (la scară reală).

Tabelul 1

Parametru	Relație de scalarizare	Număr
Fluxul de căldură degajat (HRR) (kW)	$\frac{Q_F}{Q_M} = \left(\frac{L_F}{L_M} \right)^{5/2}$	(1)
Volumul (m ³ /s)	$\frac{V_F}{V_M} = \left(\frac{L_F}{L_M} \right)^{5/2}$	(2)
Viteza (m/s)	$\frac{V_F}{V_M} = \left(\frac{L_F}{L_M} \right)^{5/2}$	(3)
Timpul (s)	$\frac{t_F}{t_M} = \left(\frac{L_F}{L_M} \right)^{1/2}$	(4)
Energia (kJ)	$\frac{E_F}{E_M} = \left(\frac{L_F}{L_M} \right)^3$	(5)
Masa (kg)	$M_F = (L_F)^3$	(6)

În tabelul de mai sus, se regăesc principalele relații de scalarizare utilizate pentru parametrii de interes în efectuarea încercărilor la scară pentru diferite materiale [1].

3. Mediul de testare

Experimentul s-a desfășurat la URBAN INCERC S.A., mai precis în cadrul laboratorului de testări la foc. Pentru acest lucru, din considerente de spațiu și de păstrare a proporțiilor, s-a luat ca punct de reper tunelul Capra-Bâlea de pe Transfăgărășan, cel mai reprezentativ tunel al țării noastre, cu o lungime de 864 m, o lățime de 6 m și cu înălțimea de 4 m.

Prin urmare, s-a recurs la realizarea unei machete de tunel redusă la o scară aproximativă de 1/10, astfel încât aceasta măsoară 64 cm lățime și 56 cm înălțime, realizat din plăci de CaSi (silicat de calciu), rezistente la o temperatură constantă de 750 °C și la un vârf de temperatură de 1.000 °C.

Lungimea tunelului este de 7 m, însă utilitatea ei se referă la timpul de evacuare al utilizatorilor surprinși de un eventual incendiu,

aspect ce nu face obiectul articolului în cauză, acesta fiind luat în calcul în cadrul simulării computerizate.

Totodată, machetele auto au fost achiziționate respectând aceeași scară, ele măsurând 30 cm lungime, 15 cm înălțime respectiv 15 cm lățime. Machetele auto sunt alcătuite din material plastic.

4. Desfășurarea experimentului

Întrucât incendierea machetelor auto din plastic nu se poate realiza rapid de la sine, s-a utilizat combustibil lichid pentru a putea fi aprinse. Din acest considerent, machetele au fost așezate într-o tavă de metal, în care s-a turnat etanolul.

Experimentul s-a desfășurat în următoarele condiții:

- dimensiunile tăvii: 30 × 30 cm;
- cantitatea de etanol utilizată: 100 ml, pentru facilitarea aprinderii machetei;
- ventilarea: naturală;
- numărul de termocupluri funcționale: 8, dispuse pe întreaga lungime a machetei de tunel;
- s-a utilizat camera de termoviziune pe toată durata experimentului, pentru confirmarea permanentă a valorilor termice înregistrate de termocupluri.

În figurile 1 și 2 sunt reprezentate cadre din timpul testării, atât cu camera video uzuală cât și cu cea termică.



Fig. 1 Imagini de la testul cu macheta auto, în cadrul tubulaturii de tunel; se observă incendiul dezvoltat în întreaga masă a machetei auto din plastic și a etanolului



Fig. 2 În partea stângă, imagine surprinsă de camera foto din care reiese dezvoltarea incendiului și dispersia stratului de fum; în partea dreaptă același moment surprins de camera termică, de unde reiese nivelul de temperatură instantanee de 681 °C

În figura 3 este reprezentată evoluția temperaturilor înregistrate de termocuplurile dispuse de-a lungul machetei de tunel.

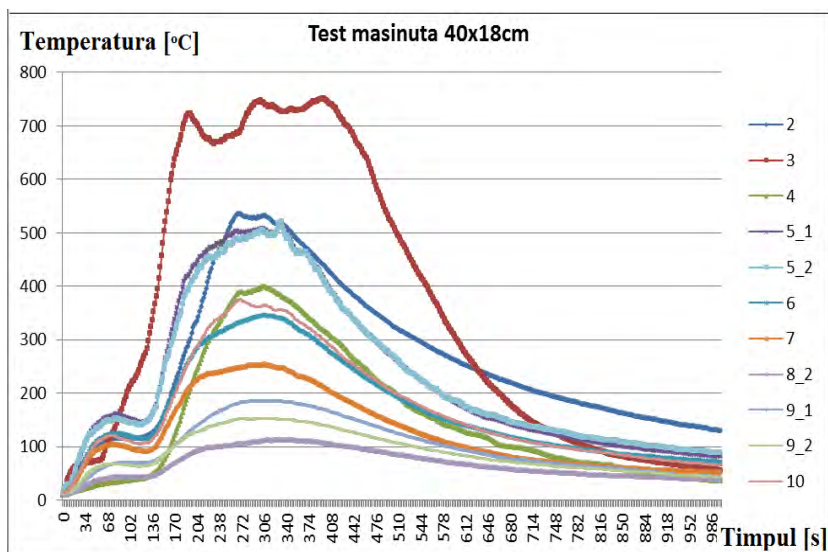


Fig. 3 Graficul cu temperaturile înregistrate în testul cu macheta auto la scara 1/10

5. Rezultate obținute

În urma testelor desfășurate cu macheta auto în cadrul experimentelor efectuate pe macheta de tunel rutier se pot concluziona următoarele:

- temperatura maximă atinsă în interiorul machetei de tunel este de $750\text{ }^{\circ}\text{C}$ la nivelul focarului, comparabilă cu cea atinsă în cadrul incendiilor și testelor la scară reală ale autoturismelor în tunelurile rutiere (figura 3);

- înălțimea flăcărilor se apropie la 10 cm de plafonul machetei de tunel (figurile 1 și 2);

- înălțimea stratului de fum coboară la aproape 18 cm față de plafonul tunelului, conform indicatorului trasat manual, ceea ce acoperă treimea superioară a plafonului machetei de tunel.

6. Concluzii

- Considerând situația actuală a traficului rutier și a infrastructurii menite să îl susțină, tunelurile rutiere reprezintă o parte semnificativă a acesteia. Prezentul articol și-a propus obținerea unor informații în situația incendiului accidental a unor autovehicule surprinse într-un tunel rutier.

- După cum reiese și din imagini, stratul de fum ocupă treimea superioară a machetei de tunel, ceea ce, considerând înălțimea la scară de 56 cm a machetei de tunel, reiese că, în cazul unui eveniment real fumul ar acoperi cel mult 1,5 m din înălțimea tunelului, restul de 2,5 m de la baza tunelului constituind un spațiu respirabil suficient supraviețuirii pe termen scurt, luând în calcul un nivel mediu de 1,6 m a căilor respiratorii umane.

- Conform relațiilor de scalarizare Froude, temperatura maximă de $750\text{ }^{\circ}\text{C}$ se menține și în cazul unui eveniment real.

- Timpul în care aceasta se atinge este de 450 secunde în cazul testării ce implică macheta auto din plastic, corespondentul acestuia în cazul unui eveniment real fiind de aproximativ 22,5 minute.

Considerând temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, ca nivel maxim al rezistenței umane pentru o perioadă foarte scurtă de timp (de ordinul

secundelor), aceasta se atinge în aproximativ 100 de secunde în cadrul testului, ceea ce corespunde unui interval de 5 minute la scară reală.

Practic, utilizatorii ar dispune de acest interval necesar autosalvării, care depinde de lungimea traseului de evacuare, de vizibilitate, de existența altor autovehicule și obstacole pe traseu, de condiția fizică etc. Din simulările ulterior realizate, reiese că acest interval de timp este unul suficient, practic utilizatorii putându-se autoevacua în absența altor obstacole.

■ Totodată, CaSi (silicatul de calciu) din care este alcătuită macheta s-a dovedit a rezista temperaturilor atinse în timpul testării, acesta fiind un material utilizat la confecționarea tubulaturilor de ventilație.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Codescu, S., *Studii și contribuții privind prevenirea și managementul situațiilor de urgență în tunelurile rutiere*, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași București, 2015, pag. 80-84.
- [2] Lalu, O., Brănișteanu, B., Codescu, S., Popescu, D., Panaitescu, V., Anghel, I., Popa, C., Enache, F., *Implementarea corectă a HRR de la incendii de autoturisme în vederea simulării computerizate*. Știință și Inginerie, An XV, vol. 28/2015, ISSN 2067-7138, Editura AGIR, București, 2015, pag. 201-208.
- [3] Carvel, R., Beard, A., *A new model to estimate size and spread for fires in tunnels with longitudinal ventilation*, Edinburg EH 14 14 AS, Scotland, pag. 69-77.
- [4] Carvel, R., Beard, A., *Fire size and fire spread in tunnels with Longitudinal Ventilation Systems*, Journal of Fire Sciences, Volume 23 (2005), pag. 485-518.
- [5] Chen, J., Lang, Y., *Influence of Ventilation Status on Combustion Characteristics of Coach Fire*, Procedia Engineering 52 (2013), Science Direct, Elsevier, pag. 42-47.
- [6] Li, Y., Lindstrom, J., *Model-scale metro for car fire tests*, Fire technology, SP Report 2011:22, ISBN 978-91-8662-65-7, pag. 80-115.
- [7] Linjie, L., Zao, G., Jie, J. Han, J. Sun, J., *Research on the phenomenon of plug-holing under mechanical smoke exhaust in tunnel fire*, Procedia Engineering 63 (2013), Science Direct, Elsevier, pag. 1112-1120.
- [8] Lonnemark, A., Haukur, I., *Recent Achievements Regarding Heat Release and Temperatures during Fires in Tunnels*, SP Swedish National Testing and Research Institute, Sweden, pag. 1-8.

[9] Anghel, I., Popa, C., *Analiză comparativă prin simulare computerizată a stingerii incendiilor la parcaje auto subterane protejate cu ceată de apă și sprinklere*, raport de cercetare, 2011, pag. 3-8.

Mr. Lect. univ. Dr. Ing. Ion ANGHEL
letor universitar, Facultatea de Pompieri a Academiei
de Poliție „Alexandru Ioan Cuza”
e-mail: ion_anghel2003@yahoo.com

Col. Conf. univ. Dr. Ing. Manuel ȘERBAN
conferențiar universitar, Facultatea de Pompieri a Academiei
de Poliție „Alexandru Ioan Cuza”
e-mail: manuel.serban@gmail.com

Ing. Octavian LALU
URBAN INCERC S.A., Laboratorul de Testări la Foc
e-mail: octavianlalu@gmail.com

Lt. Ing. Silviu CODESCU
Inspectoratul pentru Situații de Urgență al județului Giurgiu
e-mail: silviu_codescu@yahoo.com