



A XIX-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești”,
CLUJ NAPOCA, 2019

EFECTELE VENTILAȚIEI MECANICE LONGITUDINALE ASUPRA MIȘCĂRII FUMULUI DEGAJAT DE UN INCENDIU ÎNTR-UN TUNEL DE METROU

Alexandru-Florin CHIOJDOIU, Valeriu Nicolae PANAITESCU

EFFECTS OF LONGITUDINAL MECHANICAL VENTILATION ON THE FIRE SMOKE MOVEMENT IN A SUBWAY TUNNEL

The smoke and toxic gases released from a subway fire contain a number of harmful elements to the human body. Thus, long-term smoke exposure is the main cause of the large number of casualties in such an event. To protect the lives of people caught by a fire in the subway, it is necessary to use smoke evacuation systems. Thus, longitudinal mechanic ventilation systems can be used. During the use of these systems, the smoke movement inside the tunnel is characterized by phenomena such as backlayering, reverse flow or bifurcation flow.

Keywords: smoke movement, subway station, backlayering, reverse flow, bifurcation flow

Cuvinte cheie: mișcarea fumului, stație de metrou, intoarcerea stratului de fum, inversarea fluxului, fluxul de bifurcație

1. Introducere

Metroul este una din principalele rețele de transport urban datorită faptului că are o mare capacitate de transport, viteză și punctualitate. În ceea ce privește securitatea la incendiu rețeaua de

transport subteran prezintă câteva particularități. Astfel, tunelul este o construcție subterană lungă, îngustă, iar în cazul producerii unui incendiu, datorită nivelului scăzut de oxigen, cantități mari de fum și gaze toxice sunt degajate. Incendiile în tunel sunt cu atât mai periculoase cu cât călătorii trebuie să ajungă în stații trecând printr-un mediu inundat cu fum. Astfel, utilizarea sistemelor de evacuare a fumului reprezintă o prioritate.

2. Consecințele expunerii la fum a populației și importanța sistemelor de ventilație la metrou

Toxicitatea fumului degajat în urma incendiilor, cauzată de diversitatea materialelor combustibile utilizate, reprezintă principalul pericol pentru sănătatea oamenilor. Fumul poate cauza efecte nocive călătorilor în urma expunerii pentru o perioadă mai mare de timp, acestea putând însă apărea și instantaneu. Gravitatea consecințelor evenimentului, respectiv numărul victimelor, sunt dependente de mai mulți factori, cum ar fi: caracteristicile constructive ale stației de metrou și ale tunelului, compoziția chimică și puterea calorică a materialelor care ard, existența instalațiilor de stingere, detecția și semnalizarea incendiilor, rata de schimbare a aerului și direcția de ventilație, prezența echipelor de salvatori, concentrația și distribuția fumului, timpul expunerii la fum și gaze toxice, precum și sensibilitatea persoanelor la componentele chimice ale fumului.

Faptul că una dintre consecințele majore pe care fumul le poate avea asupra călătorilor și a echipelor de pompieri este pierderea vieții, a condus la numeroase cercetări în domeniul securității la incendiu. În vederea estimării expunerilor la fum potențial letale, există posibilitatea utilizării unor programe computerizate ce pot simula mișcarea oamenilor într-un spațiu incendiat [1].

Fumul și căldura degajate în urma incendiului pot crea dificultăți călătorilor în încercarea acestora de a se îndrepta spre căile de evacuare. Efectele pe care fumul le poate avea asupra călătorilor, ducând în scurt timp la decesul acestora, sunt: incapacitatea de a se autoevacua; viteza redusă de a se deplasa cauzată de iritații senzoriale ale ochilor sau plămânilor, arsuri, temperatura ridicată, lipsa de vizibilitate; alegerea unei căi de evacuare greșite cauzate de scăderea capacității mentale sau a vizibilității reduse. Astfel, fiecare element menționat poate limita abilitatea de evacuare, respectiv de supraviețuire.

În vederea asigurării protecției populației împotriva expunerii la fum și gaze toxice în cazul unui incendiu, pot fi folosite două tipuri de sisteme de control a fumului și anume, un sistem de introducere a aerului sub presiune (presiune pozitivă), respectiv un sistem mecanic de evacuare a aerului. Aceste sisteme prezintă o serie de avantaje și dezavantaje.

Astfel, sistemul de introducere a aerului sub presiune prezintă avantajul că este relativ simplu de instalat în stațiile de metrou existente, nu necesită un sistem de conducte, necesită cantități mai mici de aer decât sistemul de evacuare mecanic. Dezavantajele folosirii acestui sistem sunt reprezentate de faptul că nu evacuează fumul existent în interiorul tunelelor (suprafețe întinse ale tunelelor rămânând inundate cu fum), fumul poate ajunge în stația situată de cealaltă parte a tunelului, are loc un amestec între stratul de fum și aer.

Comparativ cu sistemul de introducere a aerului sub presiune, sistemul mecanic de evacuare a aerului prezintă avantajul că evacuează fumul din interiorul tunelelor, și astfel suprafețe mai mici sunt afectate de fum. Dezavantajele acestui sistem sunt date de faptul că sunt necesare cantități mari de aer, precum și existența unei rețele de conducte pentru transportul aerului.

3. Utilizarea sistemelor de ventilație mecanică longitudinală

Tunelurile de metrou sunt construcții de tip semi-închis, caracterizate prin faptul că sunt lungi și înguste, conexiunea dintre acestea și mediul exterior realizându-se prin intermediul stațiilor de metrou. Datorită acestui aspect, în situația izbucnirii unui incendiu în tunel, fumul și gazele toxice degajate vor fi greu de evacuat. Acestea se acumulează la nivelul superior. În urma incendiilor produse de-a lungul timpului la metrou, principala cauză a deceselor populației a constituit-o expunerea la fum. Astfel, pentru a se asigura controlul mișcării fumului, precum și pentru protejarea vieții oamenilor, este necesară utilizarea sistemului de ventilație mecanică în tunel.

În interiorul tunelurilor de metrou există trei tipuri de ventilație mecanică ce pot fi utilizate, ventilația mecanică longitudinală, transversală și semi-transversală. Comparativ cu sistemele de ventilație mecanică transversală și semi-transversală, avantajele utilizării sistemului de ventilație mecanică longitudinală sunt date de costurile mici, inițiale și ulterior pentru asigurarea mentenanței și nu necesită spații în plus pentru amplasarea conductelor.

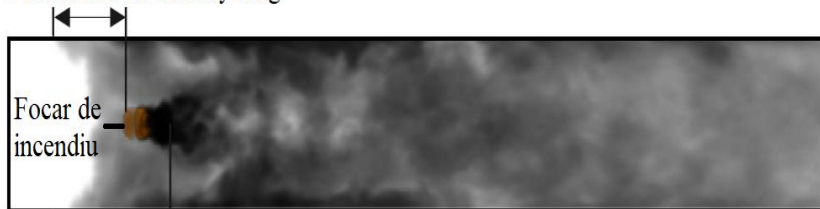
Atunci când se utilizează ventilația mecanică longitudinală pentru evacuarea fumului, există un interval în care trebuie să se încadreze valorile vitezei de circulație a aerului, rezultată din folosirea ventilatoarelor.



Fig. 1 Fenomenul backlayering

Astfel, dacă viteza de circulație a aerului este mai mică decât limita inferioară a intervalului, nu se poate împiedica ridicarea fumului în partea superioară a tunelului și formarea unui strat consistent, care începe să se deplaseze în sens opus sensului de evacuare a fumului, fenomen cunoscut sub numele de „backlayering”, redat în figura 1 [2].

Fenomenul de backlayering



Fenomenul de inversare a fluxului de curgere a fumului

Fig. 2 Mișcarea fumului în cazul ventilației mecanice longitudinale cu viteză mică de circulație a aerului

De asemenea, în plus față de fenomenul de backlayering, are loc și o inversare a fluxului de curgere a fumului, ambele fenomene fiind reprezentate în figura 2.

În schimb, dacă viteza de circulație a aerului este mai mare decât limita superioară a intervalului, ventilația mecanică longitudinală ar destabiliza stratificarea fumului. În plus, viteza prea mare de circulație a aerului ar crea serioase probleme călătorilor în încercarea acestora de a se îndrepta spre căile de evacuare. În acest sens au fost efectuate studii [3], rezultatele arătând faptul că, atunci când viteza de ventilație longitudinală crește până la o anumită valoare, câmpul de curgere a fumului se împarte în două fluxuri și se deplasează de-a lungul ambelor ziduri interioare laterale ale tunelului de metrou. Acest fenomen este cunoscut sub numele de fluxul de bifurcație și este redat în figura 3.

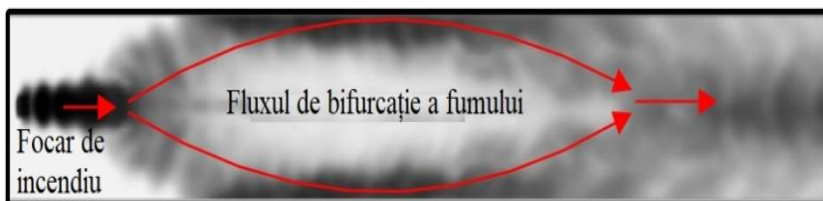


Fig. 3 Mișcarea fumului în cazul ventilației mecanice longitudinale cu viteză mare de circulație a aerului

Utilizarea ventilației longitudinale conduce la amestecul fumului degajat în urma incendiului cu aerul introdus, ceea ce produce distrugerea procesului de formare a stratului de fum. Astfel, fenomenul fluxului de bifurcație se produce de îndată ce fenomenul de inversare a fluxului de curgere a fumului dispare.

4. Concluzii

■ În cazul unui incendiu într-un tunel de metrou și pe fondul nivelului scăzut de oxigen, are loc o ardere incompletă cu degajări masive de fum și gaze toxice, acestea având o serie de componente letale organismului uman în cazul unei expuneri îndelungate. Pentru evacuarea în siguranță a călătorilor, este necesară folosirea unui sistem de ventilație eficient.

■ Utilizarea ventilației mecanice longitudinale, în cazul unui incendiu produs pe tunelul de metrou, conduce la apariția unor fenomene, în funcție de viteza de circulație a aerului.

■ Astfel, la o viteză prea mică de circulație a aerului, au loc deplasări ale stratului de fum în sens opus sensului de evacuare a acestuia (backlayering), precum și inversarea fluxului de circulație a fumului. Dacă viteza de circulație a aerului este prea mare, are loc fluxul de bifurcație, caracterizat prin împărțirea câmpului de curgere a fumului în două fluxuri și deplasarea acestora de-a lungul ambelor ziduri interioare laterale ale tunelului de metrou.

BIBLIOGRAFIE

[1] Gann, R.G., *Sublethal Effects of Fire Smoke*, Fire Technology, vol. 40, p. 95–99, 2004.

[2] Ingason, H., Kumm, M., Nilsson, D., Lönnemark, A., Claesson, A., Li, Y. Z., Fridolf, K., Åkerstedt, R., Nyman, H., Dittmer, T., Forsén, R., Janzon, B., Meyer, G., Bryntse, A., Carlberg, T., Newlove-Eriksson, L., Palm, A., *The Metro Project Final Report*, ISBN: 978-91-7485-090-1, Research Report 2012:8 Studies In Sustainable Technology, p.48-51,90, 2012.

[3] Zhong, W., Duanmu, W., Wang, T., Liang, T., *A Study of the Critical Velocity of Smoke Bifurcation Flow in Tunnel with Longitudinal Ventilation*, Fire Technology, vol.53, p.873–891, 2017.

Ing. Alexandru-Florin CHIOJDOIU
membru AGIR

Inspectoratul pentru Situații de Urgență “Dealul Spirii” București-Ilfov
e-mail: alex.floryn@yahoo.com

Prof. univ. emerit Dr.Ing. Valeriu Nicolae PANAITESCU
membru AGIR

Universitatea Politehnica Bucuresti
e-mail: valeriu.panaiteescu@yahoo.com