



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

DEPRESURIZAREA ATRIUMULUI ÎN CAZ DE INCENDIU

Oleg SUSAN, Constantin ȚULEANU,
Valeriu Nicolae PANAITESCU, Iolanda – Roxana BĂDULEȚ

DEPRESSURIZATION OF THE ATRIUM IN CASE OF FIRE

A greater architectural freedom becomes possible when the atrium façade should not be sealed, even if its upper part is filled with smoke if the atrium or the adjacent spaces have a fire. The methods described in this article refer to all categories of construction, in which the classical methods, mentioned in specialized legislation, cannot be applied.

Keywords: fire, smoke, atrium, depressurization, vent
Cuvinte cheie: incendiu, fum, atrium, depresurizare, ventilare

1. Probleme de proiectare

Dacă golurile de comunicare între atrium și spațiile adiacente nu au etanșări corespunzătoare, fumul din atrium se poate răspândi prin aceste deschideri către alte încăperi din clădire la multe niveluri, provocând o pierdere a vizibilității în aceste încăperi și putând afecta căile de evacuare nu numai din atrium dar și din toată clădirea. Exemple de astfel de proiecte cu fațade neetanșe se pot găsi la mall-uri, arcade, hoteluri cu balcoane decorative, arene sportive și săli de expoziții.

Atunci când stratul de fum din spațiul atriumului are o grosime foarte mică, aerul de sub acesta poate „sparge” stratul de fum, evacuându-se, în loc de fum, aer proaspăt [1, 2].

Pentru a evita admisia aerului care perturbă stratul de fum sau împinge în jos fumul din strat (efectul Venturi) [3], marginea superioară a deschiderii de admisie trebuie să fie la peste 1 m sub baza stratului de fum sau viteza de admisie a aerului sub strat să fie mai mică de 1 m/s.

De asemenea, instalațiile automate de stingere a incendiilor de tip sprinkler au o eficiență redusă dacă capetele sprinkler sunt amplasate la peste 15 m înălțime, sau eficacitatea detectoarelor montate pe tavanul atriumului devine nulă atunci când datorită radiațiilor solare se formează un strat de aer cald sub tavan.

Datorită acestor dificultăți se impune un studiu amănunțit referitor la managementul de control al fumului în atriumuri [4, 5].

2. Depresurizarea atriumului

2.1. Ventilare naturală

O cale pentru a împiedica propagarea fumului din atrium către alte spații adiacente este depresurizarea atriumului [1, 3].

În orice structură cu o cantitate de căldură prinsă în interior și cu deschideri de ventilare naturală la nivelurile superioare și inferioare, este creată o viteză de ventilare datorită efectului de coș. Pentru ca fumul și gazele de ardere ca produse ale unui incendiu să se deplaseze spre exterior prin deschiderea de la nivelul superior, presiunea internă la nivelul superior trebuie să fie mai mare decât presiunea externă.

În mod similar, pentru ca aerul să curgă spre interior la nivelul inferior, presiunea internă la nivelul inferior trebuie să fie mai mică decât cea din exterior. Poziție în structură unde presiunea din interior este egală cu cea din exterior este cunoscută ca plan neutru de presiune (PNP).

În clădirile cu ventilare naturală și ariile însumate ale deschiderilor de la nivelul inferior egale cu ariile însumate ale deschiderilor de la nivelul superior, PNP este situat la mijlocul clădirii (figura 1).

Dacă aria orificiului de la intrare a aerului este mai mică decât aria orificiului de evacuare, atunci PNP se deplasează în sus, iar o manevrare atentă a acestor deschideri poate ridica PNP la o înălțime sigură deasupra nivelurilor sensibile (figura 2).

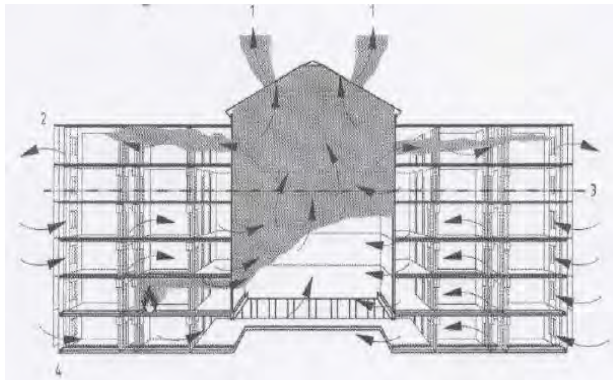


Fig. 1 Plan neutru de presiune – ventilare longitudinală. 1- deschidere de ventilare; 2 – scurgere; 3 – plan neutru de presiune; 4 – orificiu de admisie egal cu orificiu de evacuare

Presiunea în atrium, sub PNP, este mai mică decât presiunea ambiantă, astfel că orice curgere de aer este de la încăpere către atrium. În acest mod nivelurile de sub PNP sunt protejate de contaminare cu fum și gaze fierbinți.

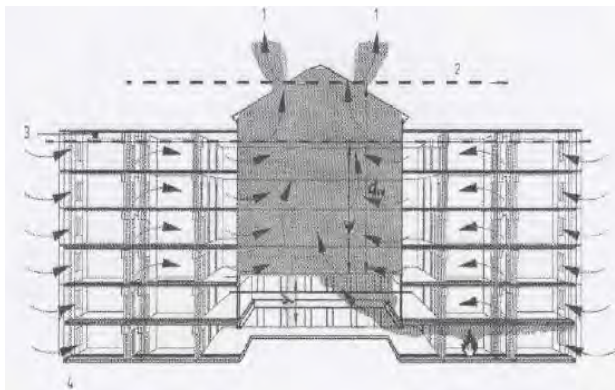


Fig. 2 Principiul sistemului de ventilare care protejează căile de evacuare (PNP deasupra celui mai de sus etaj). 1 – deschidere de ventilare; 2 – linia centrală a deschiderilor de ventilare (C_{vA_v}); 3 – plan neutru de presiune; 4 – admisia (C_iA_i).

PNP se întinde undeva în înălțimea stratului de fum în atrium depinzând de factori precum raportul ariilor de admisie și evacuare,

temperaturile gazelor, presiunile vântului etc. El nu reprezintă baza reală a stratului de fum, deși poate apărea această confuzie.

Ecuția - conform [3], care descrie dependența de mai sus, în absența efectelor vântului, este

$$\frac{(C_v \cdot A_{v\text{tot}})^2}{(C_i \cdot A_i)^2} = \frac{T_l}{T_{\text{amb}} \cdot \left[\frac{d_{lv}}{\Psi} - 1 \right]}, \quad (1)$$

unde: C_i și C_v sunt coeficienții de performanță pentru fiecare deschidere în cazul ventilării normale la admisia, respectiv evacuarea aerului din spațiul ventilat, iar raportul între coeficientul de performanță și aria liberă a deschiderilor ($C_i A_i$) și ($C_v A_{v\text{tot}}$) reprezintă aria liberă aerodinamică a deschiderii dominante de admisie a aerului de la nivelul inferior, respectiv aria liberă însumată a tuturor deschiderilor de evacuare a fumului de la nivelul superior din atrium, T_l și T_{amb} este temperatura medie absolută în stratul ascendent (stratul de fum), respectiv temperatura absolută a mediului ambiant din clădire [K], d_{lv} – grosimea stratului de fum ascendent sub deschiderea de evacuare a fumului [m] și Ψ – înălțimea de la baza stratului de fum ascendent la planul neutru de presiune din acel strat [m] (figura 2).

Ecuția (1) reprezintă condiția când atriumul are o cale dominantă de admisie a curgerii din exterior (de exemplu, uși de acces), dar căi de scurgere mai mici între atrium, restul clădirii și exterior.

Este dificil să se dea o simplă regulă generală pentru a identifica când o clădire poate fi privită ca având o singură cale de admisie dominantă.

Dacă PNP coboară sub nivelul dorit prin proiect, atunci unele din etajele mai înalte pot fi amenințate.

Aceasta se datorează mării suprafeței reale de admisie, atunci când se deschid și alte uși de acces în atrium decât cele prevăzute prin proiect, sau are loc spargerea sau deschiderea unor geamuri sub PNP. Un proiect eficient de depresurizare poate preveni infiltrarea fumului în spațiile adiacente mai înalte chiar și în aceste condiții.

Astfel este necesar să se evalueze toate căile potențiale de admisie a scurgerilor folosind ecuația (1).

Cu tehnica de mai sus este posibil ca atriumul să fie umplut în întregime cu fum, caz în care d_{iv} se apropie de înălțimea atriumului (H), adică $d_{iv} \leq H$. În proiectele în care se cere protecția căilor de evacuare, referințele tehnice [3] recomandă o înălțime minimă a stratului de aer fără fum pe aceste căi de minim 2 m.

Grosimea stratului de fum (d_{iv}) se poate deduce din diferența rezultată între înălțimea atriumului calculată de la baza până la nivelul deschiderilor de evacuare (H) și înălțimea stratului de aer fără fum minim asigurat la baza atriumului (Y); $d_{iv} = H - Y$, (figura 2).

2.2. Presiunea vântului

PNP este sensibil la presiunea vântului [2, 3]. Poziționarea deschiderilor de evacuare a fumului pe direcția de bătaie a vântului conduce PNP către o poziție inferioară, făcând posibil astfel contaminarea cu fum a etajelor superioare. Rezultă că procedura de depresurizare proiectată trebuie să ia în considerare și forța vântului.

Pentru a evalua eficiența funcționării sistemului de depresurizare este necesară cunoașterea coeficienților de presiune a vântului care acționează asupra clădirii.

Cu o deschidere dominantă, pentru a preveni pătrunderea penei de fum către etajele superioare expuse la vânt, la toate vitezele potențiale ale vântului, se aplică ecuația (2)

$$[(\Omega - 1) \cdot C_{pv} - \Omega \cdot C_{pl} + C_{pi}] \leq 0, \quad (2)$$

unde: C_{pv} , C_{pl} și C_{pi} sunt coeficienții de presiune a vântului aferent deschiderii de evacuare a fumului, aferent celui mai înalt etaj al clădirii expus la vânt și respectiv aferent deschiderii de admisie a aerului dominante la exteriorul acesteia, iar Ω funcție definită prin relația

$$\Omega = \frac{T_{amb}}{T_l} \cdot \left[\frac{C_v \cdot A_{vtot}}{C_i \cdot A_i} \right]^2 + 1. \quad (3)$$

Presupunând că valorile ecuației (2) sunt satisfăcute, un sistem de ventilare natural poate funcționa la toate vitezele vântului. Totuși, dacă este imposibil să se folosească un dispozitiv cu ventilare naturală pentru o anumită clădire, atunci se pot utiliza și ventilatoare mecanice.

2.3. Depresurizare mecanică

Cel mai eficient ventilator este acela a cărui evacuare nu este afectată de presiunile vântului. Totuși, cu un ventilator mecanic, viteza maximă a vântului este întotdeauna evaluată pentru scopurile proiectului. Debitul volumetric recomandat [3] poate fi calculat cu relația

$$V_l = \left[\frac{T_l \cdot C_i \cdot A_i}{T_{amb}} \right] \cdot \left[(C_{pi} - C_{pl}) \cdot v_{vânt}^2 + \frac{2 \cdot g \cdot \Theta_l \cdot \Psi}{T_l} \right]^{1/2}, \quad (4)$$

unde: V_l este capacitatea recomandată a ventilatorului [m^3/s], $V_{vânt}$ - viteza vântului proiectată [m^3/s], g - accelerația gravitațională [m/s^2], iar Θ_l - temperatura medie deasupra temperaturii ambiante a gazelor dintr-un strat de fum ascendent [$^{\circ}C$], adică $\Theta_l = T_l - T_{amb}$.

2.4. Calcule de proiectare pentru siguranță

Pentru a realiza un proiect corespunzător pentru un atrium cu fațade neetanșe și care să prezinte o eficiență crescută a sistemului de ventilare și evacuare a fumului și gazelor fierbinți în toate condițiile, în sarcina proiectantului revin următoarele etape de calcul, pornind de la situația cea mai defavorabilă, adică incendiu la parter:

1. Se evaluează mărimea unui posibil incendiu în fază staționară bazat pe dimensiunea fizică a materialelor combustibile izolate, sau prin cea mai mare dimensiune rezonabilă a unui probabil incendiu, care s-ar fi atins până când pompierii ar fi aplicat produsul de stingere. Este necesar să fie stabilit fluxul de degajare al căldurii de la combustibilul care arde (Q_f), dedus din produsul între fluxul de degajare a căldurii pe unitatea de suprafață (q_f) [kW/m^2] și suprafața mărimii fizice a incendiului evaluat (A_f) [m^2]. Fluxul de căldură prin convecție (Q) transportat de gazele de fum care intră în stratul de fum este considerat a fi de 0,8 din fluxul de degajare a căldurii ($q_f \cdot A_f$) identificată pentru incendiul teoretic.

2. Se calculează debitul masic (M_f) de gaze din fum [kg/s] care se ridică la înălțimea specificată deasupra incendiului cu relația

$$M_f = C_e P Y^{3/2}, \quad (5)$$

unde: C_e este coeficientul de antrenare egal cu 0,19 dedus experimental pentru etaje de atrium cu tavanul mult deasupra incendiului [$\text{kgm}^{5/2}\text{s}^{-1}$], iar P este perimetrul incendiului teoretic evaluat [m].

3. Se determină temperatura medie în stratul de fum deasupra celei ambiante (Θ_t) cu relația

$$\Theta_t = \frac{Q_f}{c \cdot M_f} \quad , \quad (6)$$

unde c reprezintă căldura specifică a aerului la presiune constantă [kJ/kgK].

Dacă temperatura rezultată este sub 20°C , atunci la valoarea minimă a lui Y mai trebuie adăugat $0,5$ m și refăcute calculele de mai sus.

4. Se stabilește înălțimea PNP (Ψ) așa cum s-a recomandat deasupra nivelurilor superioare sensibile și se determină valoarea ($C_v A_{v\text{tot}} / (C_i A_i)$) folosind ecuația 1, sau capacitatea ventilatorului (V_i) utilizând ecuațiile (4) cu (6) și se verifică funcționarea sistemului cu privire la efectele vântului.

3. Concluzii

■ Pe lângă satisfacerea nivelurilor de performanță agreate de autorități privind securitatea la incendiu [5], metodele prezentate în articol permit o evaluare corespunzătoare a timpilor recomandați pentru evacuare sau stingere și devin foarte utile pentru proiectanți în alegerea unor sisteme adecvate de protecție la foc (sprinklere, detectoare, bariere de fum), funcție de caracteristicile tehnice a acestora (temperatură sau mod de declanșare) și parametrii cheie rezultați din calcule.

BIBLIOGRAFIE

[1] * * * *NFPA 92B. Guide for smoke management systems in malls, atria and large areas*// Quincy MA, Edition 2000.

[2] Morgan, H.P. and all. *Design methodologies for smoke and heat exhaust ventilation*// BRE Report BR368, London: CRC, 1999.

[3] * * * EN 12101-5. *Smoke and heat control systems. Part 5: Guidelines on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat exhaust ventilation systems.*

[4] Susan, O., Popa, C., Panaitescu, V.N., Țuleanu, C., *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, ISSN 1454-2358, Series D, vol. 73, iss. 3, pp. 227- 238, 2011.

[5] Susan, O., *Contribuții privind evacuarea fumului din clădiri incendiate*, Teză de doctorat, Universitatea Politehnica din București, Universitatea Tehnică a Moldovei din Chișinău, București, decembrie 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

Conf. Dr. Ing. Constantin ȚULEANU

Șef Departament de Alimentări cu căldură, apă și gaze. Protecția mediului,
Facultatea de Urbanism și Arhitectură, Universitatea Tehnică a
Republicii Moldova din Chișinău,
e-mail: ctuleanu@mail.ru

Prof. emerit Dr. Ing. Valeriu Nicolae PANAITESCU

profesor la Departamentul de Hidraulică, Mașini Hidraulice și Ingineria Mediului,
Facultatea de Energetică Universitatea "Politehnica" din București,
membru AGIR,
e-mail: valeriu.panaitescu@yahoo.com

Iolanda - Roxana BĂDULEȚ

profesor matematică Liceul Tehnologic "Anghel Saligny", din Galați,
e-mail: badurox@yahoo.com