

VYUŽITIE METÓDY ZMENŠOVANIA PRE POTREBY POŽIARNEJ BEZPEČNOSTI STAVIEB

Lubica Vráblová¹, Jana Müllerová²

ABSTRAKT

Príspevok pojednáva o metóde zmenšovania požiarneho priestoru. Popisujeme kompletne π - skupiny nutné pre zmenšovanie hraníc priestoru, pričom hlavná stratégia spočíva v zachovaní najdôležitejších faktorov zapojených do požiaru v rámci priestoru. Rozoberáme zachovanie kondukcie, konvekcie ako aj radiácie v rámci modelu priestoru ohľadom na prototyp objektu.

Kľúčové slová:

Modelovanie požiaru, zmenšovanie požiarneho priestoru

ABSTRACT

The paper discusses about scale modeling of compartment fire. We describe a complete π -groups necessary for scaling of compartment boundaries, the main strategy consists in keeping the most important factors involved in the fire within the model compartment fire. We discuss the the conservation of conduction, convection and radiation within the model compartment fire respect to prototype object.

Key words:

Fire modeling, scale modeling of compartment fire

¹ Ing. Lubica Vráblová, Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta špeciálneho inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva, Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, 513 6754, Lubica.Vrablova@fsi.uniza.sk

² doc. Ing. Jana, Müllerová, Phd, Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta špeciálneho inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva, Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, 513 6799, Jana.Mullerova@fsi.uniza.sk

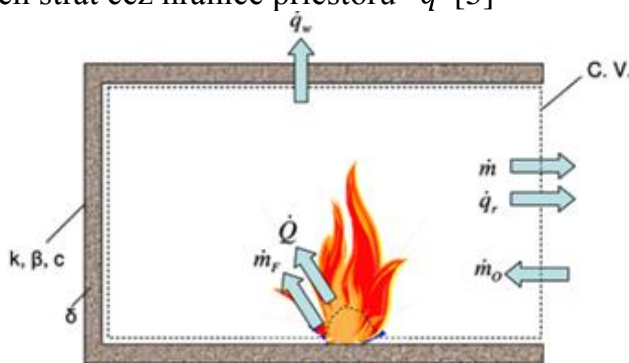
1 ZMENŠOVANIE PRIESTORU

Existuje celý rad techník využívaných pre škálovanie. Ide napríklad o modelovanie tlaku, Froude alebo analógové modelovanie. V príspevku rozoberám techniku škálovania, ktorú predstavil Quintiere. Popisuje kompletne π skupiny nutné pre škálovanie priestoru požiaru [1,2]. Kľúčovou myšlienkou použitia mierky modelov od prototypu je zachovanie dôležitých faktorov a zároveň tých, ktoré sú zanedbateľné pri bežných podmienkach.

V rámci procesu zmenšovania priestoru musia byť zachované dôležité faktory ako zachovanie času, zachovanie energetickej rovnice, zachovanie zmenšovania hraníc priestoru a zachovanie tepelných strát cez hranice priestoru.

1.1 ENERGETICKÁ ROVNICA

Požiar v uzatvorenom priestore je znázornený na nasledujúcom modeli, ktorý zobrazuje oheň v rámci priestoru s vetracím otvorom. Teplota horúceho plynu v priestore je závislá na rozdiely medzi rýchlosťou generovaného tepla z ohňa Q a rýchlosťou tepelných strát cez hranice priestoru q [5]



Obrázok 1 Model požiarneho úseku

Tento vzťah je vyjadrený z rovnice zachovania energie, prostredníctvom ktorej je možné získať dve bezrozmerné skupiny (π podmienky) [5]

$$\pi_{gen} = \frac{Q}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \bar{g} s^2} \quad (1)$$

$$\pi_{los} = \frac{q}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \bar{g} s^2} \quad (2)$$

Vzhľadom na to, že gravitačné zrýchlenie nie je možné zmeniť v rámci zmenšovania $g \sim s^0$, rýchlosť generovaného tepla a miery teplotných strát sú odstupňované podľa [5]

$$Q \sim s^{5/2} \quad (3)$$

$$q \sim s^{5/2} \quad (4)$$

1.2 ZMENŠOVANIE HRANÍC PRIESTORU

Miera tepelných strát q je určená podľa okrajových podmienok požiaru priestoru. Vzťahy zmenšovania miery tepelných strát $q \sim s^{5/2}$ je základom pre stanovenie návrhových parametrov hraníc skúšobného priestoru. Tepelné straty cez hranice priestoru sa skladajú z tepelných strát cez otvor žiarením q_v a stratami cez steny priestoru q_w [5]

$$q = q_v + q_w \quad (5)$$

Tepelné straty cez otvor žiarením, ako je znázornené na obrázku 1, sú vyjadrené ako kombinácia žiarenia z dymovej vrstvy a priestorov stien [5]

$$q_v = A_{vent} \sigma_g \varepsilon_g T^4 - T_\infty^4 + 1 - \varepsilon_g T_w^4 - T_\infty^4 \quad (6)$$

kde A_{vent} je plocha otvoru, ε_g je emisivita plynu, σ_g je Stefan – Boltzmannova konštanta, T_w je teplota stien priestorov.

Emisivita dymovej vrstvy môže byť vyjadrená ako $\varepsilon_g \sim 1 - e^{-\kappa s}$, kde κ je koeficient plynovej absorpcie. Substitúciou týchto dvoch vzťahov dostávame

$$q_v \sim A_{vent} T^4 - T_\infty^4 + e^{-\kappa s} T_w^4 - T_\infty^4 \quad (7)$$

Ak je zmenšená rýchlosť tepelnej straty cez okno $q_v \sim s^{5/2}$ obe plochy otvoru a koeficient absorpcie plynu musia byť zmenšené. Avšak, rovnaké palivo (drevené balíky) použité v zmenšovanom modeli, je ťažké zmenšiť A_{vent} a κ , aby bolo zachované $q_v \sim s^{5/2}$ [5].

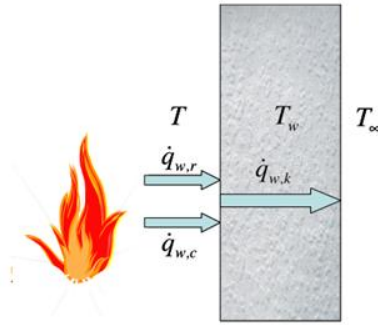
Model priestoru, ktorý budeme využívať vo výskume je izba s dvoma malými otvormi. Z toho dôvodu, tepelné straty prostredníctvom otvoru žiarením sú považované za malé v porovnaní so stratou tepla cez steny priestoru. Hlavná stratégia v rámci nášho zmenšovania je zachovať najdôležitejšie faktory zapojené do požiaru v rámci priestoru. Tepelné straty otvormi radiáciou nie sú zachované. V prípade, ak by išlo o horenie v otvorenom priestranstve alebo v priestore s veľkým otvorom, je potrebné získať pravidlá mierky pre odvetrávanie a A_{vent} a κ [4, 5].

1.2 TEPELNÉ STRATY CEZ STENY PRIESTORU

Tepelné straty cez steny priestorov môžeme opísať obrázkom 2. Teplo sa prenáša na exponovaný povrch stien, a to prostredníctvom radiácie a konvekcie. Tepelná strata ja následne prenášaná cez steny a strácaná v okolitom prostredí [5]

$$q_w = q_{w,k} = q_{w,r} + q_{w,c} \quad (8)$$

kde $q_{w,k}$ sú tepelné straty cez steny kondukciou, $q_{w,r}$ radiáciou a $q_{w,c}$ konvekciou.



Obrázok 2 Tepelné straty cez steny

Celkové tepelné straty cez hranice priestorov je spojenie tepelných strát cez otvor a tepelných strát cez steny. Ako už bolo uvedené, tepelné straty cez otvor uvažujeme za malé v porovnaní s tepelnými stratami cez steny, keďže ide o priestor s malými otvormi. Pravidla mierky [4,5]

$$q \approx q_w = q_{w,k} = q_{w,r} + q_{w,c} \Rightarrow q_w \sim q_{w,k} \sim q_{w,r} + q_{w,c} \sim s^{5/2} \quad (9)$$

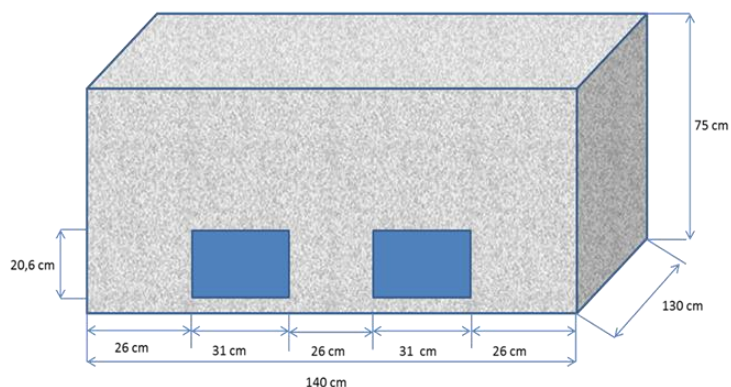
Odkiaľ po rozobratí každého vzťahu získavame štyri nekonečné skupiny pre určenie hraníc zmenšeného priestoru požiarneho úseku $\pi_{w,k}, \pi_{w,c}, \pi_{w,r}$ a $\pi_{w,\delta}$. Quintiere z nasledujúcich skrátených faktov uvádza stratégiu čiastkového zmenšovania

Tabuľka 1 Bezrozmerné skupiny a pravidlá pre zmenšovanie hraníc priestoru [4,5]

II - skupina	Dimenzionálna skupina	Pravidlo zmenšenia	Aplikácia
π_Q	$\frac{Q_{fire}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} g^{1/2} l^{5/2}}$	$Q \sim s^{5/2}$	Rýchlosť uvoľňovania tepla
$\pi_{w,k}$	$\frac{k_w \rho_w c_w^{1/2} s^2 T_{\infty}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \bar{g} s^{5/2}}$	$k_w \rho_w c_w \sim s^{3/2}$	Zmena materiálu steny
$\pi_{w,c}$	$\frac{h_c s^2 T_{\infty}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \bar{g} s^{5/2}}$	$h_c \sim s^{1/2}$	Zmena prietoku plynu
$\pi_{w,r}$	$\frac{s^2 \sigma_g \varepsilon_g T_{\infty}^4}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \bar{g} s^{5/2}}$	$\varepsilon_g \sim s^{1/2}$ alebo $T_{\infty} \sim s^{1/6}$	Zmena paliva alebo okolitá teplota
$\pi_{w,\delta}$	$\frac{\delta_w}{\frac{k_w}{\rho_w c_w} s^{1/2}}$	$\delta_w \sim \frac{k_w}{\rho_w c_w}^{1/2} s^{1/4}$	Nastavte hrúbky stien

1.3 APLIKÁCIA METÓDY ZMENŠOVANIA

Správnosť aplikovania metódy zmenšovania bola vykonaná na objekte (prototypu) z výskumného programu *Šírení požáru vne úseku* riešeného Výskumným ústavom pozemných stavieb Praha z roku 1981 [3], ktorý bol zmenšený parametrom zmenšenia $s = \frac{1}{4}$.



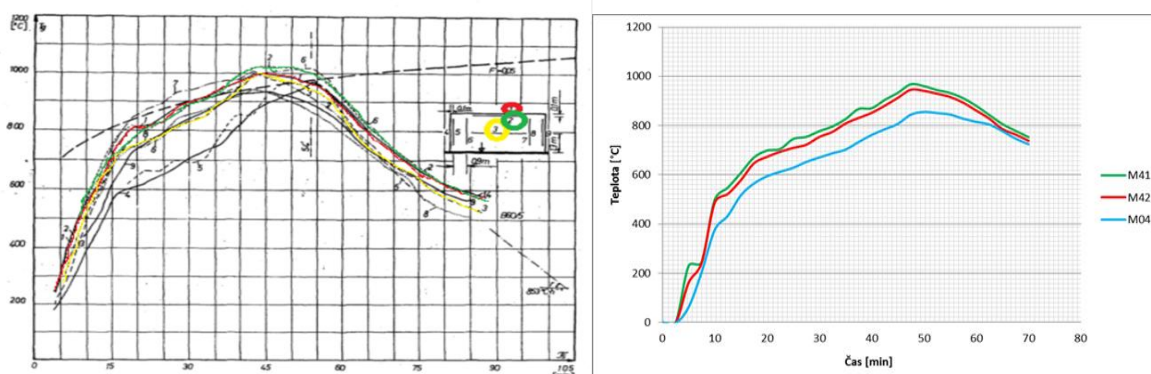
Obrázok 3 Zmenšený model priestoru

Materiál najviac zodpovedajúci tehlovým stenám, z ktorých bol vytvorený prototyp, na základe vzťahov zmeňovania na $\frac{1}{4}$ predstavuje vrstvená minerálna vata 5 cm a sadrokartón 1,25 cm hrúbkou. Železný rám bol postavený ako podpora vonkajšej hranice. Rám bol zváraný z jednotlivých kusov 0,3 cm silný a 3 cm široký. Do rámu bol vsadený sadrokartón 1,25 cm hrubý a za pomoci lepidla na zatepl'ovacie systémy zalepená minerálna vata – 5 cm hrubá.

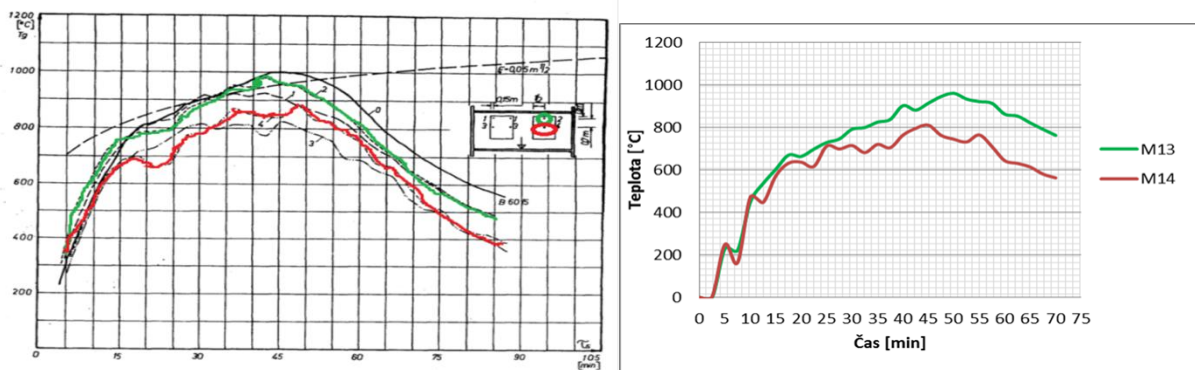


Obrázok 4 Požiarne skúšky

Porovnanie výsledkov vstupného testu s $\frac{1}{4}$ modelu



Obrázok 5 Porovnanie teplôt vybraných termočlánkov v rámci priestoru



Obrázok 6 Porovnanie teplôt vybraných termočlánkov v rámci okenných otvorov

Simulovanie požiaru v zmenšenej mierke budovy má využitie v mnohých smeroch. Ide napr. o možnosť navrhovania protipožiarnej vnútornej úpravy materiálov, určenie koncentrácie toxických plynov a dymu a pod. Výsledky požiarnych skúšok by boli tiež prospešné pre navrhovanie ochranných odevov, definovanie časových obmedzení, v ktorých sa ohrození obyvatelia môžu bezpečne zachrániť ako aj pri vykonávaní hodnotenia rizík z hľadiska protipožiarnej bezpečnosti stavieb.

2 ZÁVER

Flashover je rozhodujúci jav v rámci rozvíjajúceho sa požiaru v uzatvorenom priestore. Vykonávanie plnohodnotných skúšok je ideálny prístup na experimentálne modelovanie požiaru v uzatvorenom priestore avšak sú veľmi časovo náročné a nákladné. Z toho dôvodu, je vhodné využívať simulátor uzatvoreného priestoru zostrojeného v zmenšenej mierke. Avšak samotné predpovedanie správania sa požiaru v uzatvorenom priestore je možné len vtedy, keď sú rôzne veľkosti modelov vzájomne prepojené platnými zákonmi podobnosti, z ktorých časť je rozoberaná v príspevku.

LITERATÚRA

- [1] PERRICONE, J. A. *Scale Modeling of the Transient Behavior of Wood Crib Fires in Enclosures*. Diplomová práca. Meryland : Univerzity of Meryland, 2005. 282 s.
- [2] PEATROSS, M. J., BEYLOR, C. G., 1997. Ventilation effects on compartment fire characterization. In Fifth international symposium fire safety science, Melbourn. 1997
- [3] REICHEL, V. 1981. *Stanovení požadavku na stavební konstrukce z hlediska požární bezpečnosti*. In.: 1. vyd. Svaz požární ochrany ČSSR, Praha, 1981. 416 s.
- [4] VELOO, P. S. *Scale modeling of the transient behavior of heat flux in enclosure fires*. Diplomová práca. Meryland : Univerzity of Meryland, 2006. 113 s.
- [5] WANG, M. *Scale modeling of structural behavior in fire*. Dizertačná práca. Meryland : Univerzity of Meryland, 2006. 155 s

Článok recenzovali dvaja nezávislí recenzenti.