PREDPOVEDE PRE VZNIK JAVU FLASHOVER

Ľubica Vráblová[1)] Jana Müllerová [2)]

ABSTRAKT
Príspevok rozoberá metódy využívané na predpoveď vzniku flashover riešené rôznymi autormi. Predvídanie vzniku objemového vzplanutia môže byť obzvlášť zložitá vec, pričom existuje mnoho definícií popisujúcich tento jav. Aby bolo možné objektívne kvantifikovať jav flashover, podmienky pri ktorých môže nastať popíšeme rôznymi výskumníkmi, ktorých vykonané experimenty rozšírili obraz znalostí v danej problematike.

.

Kľúčové slová: Požiar v uzatvorenom priestore, flashover, metódy predpovede vzniku flashover.

ABSTRACT
The paper discusses methods used to predict the flashover by different authors' views. Predicting of flashover can be a particularly difficult thing, and there are many definitions describing this phenomenon. In order to objectively quantify the phenomenon of flashover, the conditions under which they might be described by various researchers who did experiments and spread the knowledge in this field.

Key words: Enclosure fire, flashover, methods of predicting flashover.

1 FLASHOVER

Technická prax vyžaduje poznať približné teploty v priebehu jednotlivých fáz požiaru vnútri v priestore. Schopnosť odhadnúť vývin teplôt v rámci požiaru v uzatvorenom priestore má veľký význam pre požiarnu ochranu. Popisujeme rad zjednodušených metód zameraných na predpoveď vzniku flashoveru.

[1]) Ľubica, Vráblová, Ing., Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta bezpečnostneho inžinierstva, ŽU v Žiline, 513 6754, lubica.vrablova@fbi.uniza.sk
[2]) Jana Müllerová, doc., PhD, Ing., Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta bezpečnostneho inžinierstva, ŽU v Žiline, jana.mullerova@fbi.uniza.sk

1.1 DEFINÍCIA FLASHOVERU

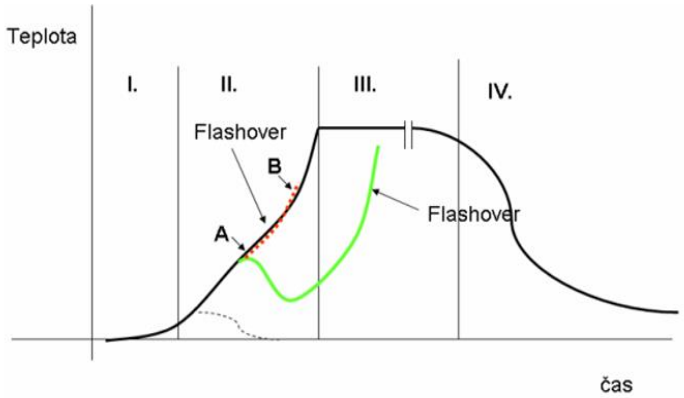
Pojem „flashover“ bol prvýkrát predstavený vo Veľkej Británii vedcom P.H. Thomasom v roku 1960, pričom ho pripisoval k teórii rastu požiaru až do bodu, kde dochádza k plne vyvinutému požiaru. Uvádzal, že zvyčajne toto obdobie rastu vyvrcholí „flashoverom“. Pôvodná definícia bola nepresná a Thomas pripustil, že jej použitie môže znamenať rôzne veci v rôznych textoch [3]. Následne pokračoval vo svojich výskumoch v UK Fire Research poznámky 663 v roku 1967 a uviedol, že môže byť viac ako jeden druh flashoveru. Thomasove uvedenie obmedzenia presnej definície flashoveru je spojené s celkovou plochou zapojenia paliva v rámci priestoru (miestnosti) kde, a to najmä vo veľkých priestoroch, je fyzicky nemožné, aby boli zapojené všetky palivá zároveň [4].

Od rokov 1970-2002 sa rozšírilo používanie termínu flashover. Vykonávali sa rôzne pokusy s cieľom predefinovať terminológiu spojenú s týmito javmi. Niektoré definície majú vedecký pôvod a sú pojednávané všeobecne, zatiaľ čo iné popisujú udalosti, ktoré vyplývajú zo štúdia rozboru osobných zážitkov rôznych autorov [4].

Ako už bolo uvedené, existuje niekoľko variácií v definícií javu flashover, ktoré je možné nájsť v literatúre. Medzi základné možno uviesť [3]: „Rýchly prenos ohňa z horúceho materiálu na všetky horľavé látky nachádzajúce sa v miestnosti“ (ISO – 1990). Táto definícia zachytáva aspoň jednu typickú charakteristiku flashoveru, a to koncový stav celkového zapojenia povrchu materiálov.

„Požiar vo svojom štádiu rozvoja sa chová tak, že vplyvom tepelného sálania a prúdenia (dym, horúce plyny a zohriate steny) dochádza ku zapáleniu všetkých horľavých látok v celom priestore. Tento rýchly a náhly prechod požiaru vo fáze rozhorievania do fázy intenzívneho horenia sa označuje ako flashover“ [2].

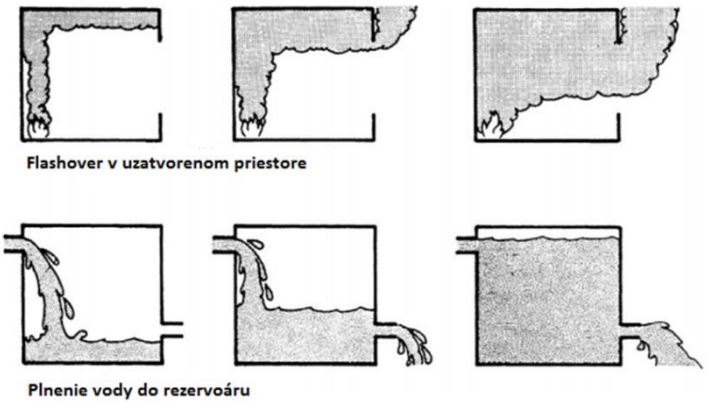
„V časti požiaru môže dôjsť k takému štádiu, kedy celkové tepelné žiarenie z požiarneho oblaku, horúcich plynov a rozžeravených hraníc uzatvoreného priestoru spôsobia radiačné vzplanutie všetkých exponovaných horľavých povrchov v rámci daného priestoru. Takýto náhly a neprerušený (trvalý) prechod z narastajúceho ohňa do plne rozvinutého požiaru sa nazýva náhle vzplanutie alebo inak povedané flashover.“ [5].



Obrázok 1 Časovo - teplotná krivka

Flashover je definovaný v mnohých ohľadoch. Babrauskas rozdelil rôzne definície na dve skupiny. Jedna sa spolieha na identifikáciu kritického stavu v tepelnej

rovnováhe a druhá sa spolieha na plnenie horúcich plynov v priestore. Priestorové vzplanutie znamená veľmi rýchly nárast teploty a zapálenie horľavých plynov, ktoré pri požiari vznikajú. Analógiu medzi tvorbou dymu a plnením vody do rezervoáru vo svojom výskume spracoval Babrauskas. Definícia na základe mechanického procesu plnenia tekutinou prispieva k objasneniu flashoveru oddelením príčiny a následku v čase experimentálneho pozorovania [1].



Obrázok 2 Analógia medzi tvorbou dymu a plnením vody do nádoby podľa Babrauskasa

1.2 KRITÉRIA PRE VZNIK FLASHOVERU

Vzhľadom k tomu, že flashover je stav prechodu zvyčajne vyjadrený kvalitatívne a nie presná udalosť, existuje množstvo definícií alebo opisov pre vznik flashoveru. Všetky opisy majú spoločné, že požiar má veľmi rýchly rast, zvyčajne zasahujúci celý priestor v relatívne krátkom časovom období.

Rozvoj požiaru od zapálenia po flashover zahŕňa javy popísané takmer vo všetkých jeho definíciách. Akonáhle sa zapáli oheň a následne rastie, teplo sa prenáša na okolité predmety v bezprostrednej blízkosti ohňa prostredníctvom žiarenia, vedenia a konvekcie. Postupom času oheň zvyšuje svoju teplotu a horúca horná vrstva zostupuje. Na záver, ak požiar nie je riadený nejakou formou potlačenia, dosiahne sa bod, kedy bolo získané dostatočné množstvo tepla z týchto objektov potrebné na dosiahnutie teploty vznietenia. Tento bod predstavuje nástup flashoveru, dochádza k zjavným okamžitým zmenám s plne zapojením priestoru. Aby bolo možné objektívne kvantifikovať tento jav, podmienky kedy môže nastať sú popísané rôznymi autormi [8].

Flashover sa uvádza jedným alebo viacerými merateľnými množstvami, ktoré môžu byť použité pre označenie a predpovedania času, v ktorom môže nastať. Predpovedanie času vzniku flashoveru by bolo významným krokom v rámci výskumu [8].

Podmienky odvodzujúce výskyt flashoveru [8] :

- minimálny tepelný tok na úrovni podlahy - 20 kW/m^2,
- minimálna rýchlosť horenia - 40-80 g/s,
- kritické stropné teploty 600 °C,
- vychádzanie plameňov z otvoru,
- tepelná nestabilita (medzi rýchlosťou uvoľňovania tepla a tepelnými stratami).

Čas, v ktorom sú dosiahnuté tieto podmienky nemôže byť presne definovaný, pretože časový priebeh rastu požiaru v pre – flashover fáze je ovplyvnený veľkým počtom faktorov, ako napríklad [9]: blízkosť horľavých predmetov, orientácia exponovaných plôch, orientácia horiacich plôch, pomer povrchu k hmotnosti, veľkosť a hrúbka kusov (napríklad balíkov z dreva), termo – fyzikálne zloženie, správanie termoplastov (topenie a vytváranie plôch požiaru), vplyv lokalizácie požiaru na jeho rast.

Všeobecne sa flashover označuje ako prechodový bod, v ktorom nie je pravdepodobné ovládanie požiaru osobami. Čas k flashoveru je počítaný od doby zapálenia. Z toho dôvodu, dlhší čas vzniku flashoveru, môže poskytnúť viac príležitostí pre detekciu a potlačenie požiaru a bezpečnú evakuáciu osôb. Čas flashoveru má významný vplyv na bezpečnosť obyvateľov a pravdepodobnosti rozsiahlych škôd na majetku.

1.3 EXISTUJÚCE METÓDY PREDPOVEDE VZNIKU FLASHOVERU

Všeobecný základ existujúci pre predikciu vzniku flashover je energetická bilancia hornej horúcej vrstvy

$$\dot{Q} = \dot{m}_g c_p \left(T_g - T_\infty\right) + q_{loss} \tag{1}$$

kde $\dot{Q}$ je HRR, $\dot{m}_g$ je hmotnostný prietok z otvoru (kg/s), T_g je teplota hornej horúcej vrstvy (K), T_∞ je okolitá teplota (K), q_{loss} je radiačný a konvekčný prenos tepla z hornej vrstvy plynu (kW). Limitujúca hodnota $\dot{Q}$ je stanovená na základe teploty hornej horúcej vrstvy, ktorá môže spôsobiť flashover, zvyčajne v rozmedzí 500-600 °C. [7].

- **BABRAUSKAS rovnica** [1]

  Baubrauskas uvádza prietok plynu cez otvory ako

$$\dot{m}_g = 0{,}5\, A_0\sqrt{H_0} \tag{2}$$

kde A_0 je plocha otvorov (m^2), H_0 je výška otvorov (m). Ak vezmeme, že teplota spalín vzrastie na 575 °C (s okolitou teplotou 20°C) kritická rýchlosť uvoľňovania tepla pre flashover je

$$\dot{Q}_f = 750 A_0\sqrt{H_0}\ \ (kW) \tag{3}$$

- **McCAFFREY, QUINTIERE A HARKELEROAD** (MQH rovnica)

  Teplota hornej horúcej vrstvy [6]

$$\Delta T = 480\left[\frac{\dot{Q}}{\sqrt{g}\ c_p\rho_o T_o A_0\sqrt{H_0}}\right]^{2/3}\left[\frac{h_k A_T}{\sqrt{g}\ c_p\rho_o A_0\sqrt{H_0}}\right]^{-1/3} \tag{4}$$

V prípade, ak určíme ΔT teplotu 575°C ako kritérium pre vznik flashoveru, $\dot{Q}_f$ je vyjadrená termínom pre odovzdávanie tepla v miestnosti A_T a súčiniteľ prestupu tepla h_k:

$$\dot{Q}_f = 740\left(h_k A_T\, A_0\sqrt{H_0}\right)^{1/2} \tag{5}$$

- **THOMAS rovnica** [8]

  Tepelná bilancia dymovej vrstvy zjednodušene dáva dva termíny na tepelné straty $\dot{Q}_f$ a $m_g c_p(T - T_o)$

$$\dot{Q}_f = m_g c_p (T - T_o) + \dot{Q}_l \tag{6}$$

Z experimentálnych dát, Thomas zaviedol priemer pre q_{loss} na 7,8 A_T. Použitím hornej horúcej vrstvy o teplote 577 °C pre flashover kritérium, minimálne HRR pri ktorej môže nastať je

$$\dot{Q}_f = 378\, A_0\sqrt{H_0} + 7{,}8\, A_T \tag{7}$$

2 VÝSLEDKY EXPERIMENTOV ZAMERANÉ NA FLASHOVER

Experimenty, ktoré rozšírili obraz o jave flashover využívali rôzne už uvedené kritéria. Všetky experimenty sú zdokumentované v publikáciách Hägglund, Babrauskas, Fang, Lee a Breese, a samozrejme Quintiere a McCaffrey [2].

Hägglund vykonával experimenty požiarneho vývoja obytných miestnostiach (2,90 x 3,73 x 2,70 m), založené na fyzikálnom pozorovaní plameňov vystupujúcich z dverí, pričom nameraná teplota dosahovala 600°C a to 10 mm pod stropom, ktoré popisoval ako začiatok flashoveru [2].

Babrauskas na základe Hägglundových experimentov vykonal rad plnorozmerových skúšok s použitím celkovo 10 matracov, pričom len dva z nich mali schopnosť dosiahnuť flashover. V oboch prípadoch teplota prekročila 600°C [2].

Yung zverejnil výsledky požiarov vykonaných v malom meradle priestoru s PMMA balíkov. Flashover podmienky boli dosiahnuté vo všetkých testoch pričom plamene pohltili celý priestor. Okrem toho, namerané teploty ukazovali zrýchlenie tempa nárastu, vyskytujúce sa v oblasti 450 °C [2].

Fang v rámci svojich výskumov využíval staré noviny. Priemerné horné teploty izby v rozmedzí od 450 − 650°C, boli zaznamenané ako dostatočné na ožiarenie schopné vznietenia novín na úrovni podlahy. Teploty namerané 25 mm pod stropom prekročili 600°C pri vzniku flashoveru. Fang a Breese došli k záveru, na hladine spoľahlivosti 90%, že priemerná teplota hornej horúcej vrstvy je 706 +/−92°C je dostačujúca pre zapálenie novín [2].

Budnick a Klein vo svojej štúdií zistili, že k preskoku (taktiež indikované zapaľovanie starých novín na úrovni podlahy) došlo pri teplote hornej horúcej vrstvy nad 673°C.

Quintiere a McCaffrey vykonali 46 testov, kde porovnávajú požiarnu odolnosť dreva proti plastom. Všetky testy klasifikované ako teplota vrstvy stropného plynu bola vyššia ako 600°C , pričom nastal flashover pri zapálení novín. Tepelný tok na podlahu 20 kW/m^2 môže byť využitý ako indikátor nástupu preskoku [2].

Vyššie uvedené prístupy predpovede vzniku flashover sa líšia prijatým kritériom, za ktorých je hodnotený vznik flashoveru, a to z hľadiska teplôt plynov a predpokladov riešenia podmienok tepelných strát. Očakáva sa, že tieto tri metódy poskytujú pomerne blízke zhody v predpovedi výskytu flashoveru. Na základe získaných podkladov zameraných na aplikovanie spomínaných metód vykonaných rôznymi autormi je možné uviesť zhodnotenie vybraných prístupov. Predpovede podľa McCaffrey sú najviac konzervatívne a poskytujú najnižšie Q, zatiaľ čo Babrauskas rovnica predpovede je najmenej konzervatívna. Predpovedanie javu flashover pomocou Thomasovej rovnice leží medzi hodnotami získanými prostredníctvom MCCaffreya a Babrauskasa.

LITERATÚRA

[1] BABRAUSKAS, V.: Estimating room flashover potential. Fire Technology. 1980. Vol. 16, No. 2., s. 94-103
[2] BABRAUSKAS, V.: Defining flashover for fire hazard calculations. Fire Science and Technology, 2003.
[3]FRANCIS, J., CHEN, A. P.: Observable characteristics of flashover, Fire Safety Journal, 2012. Vol.51, s.45-52
[4] GRIMWOOD, P.: Flashover – a firefighter´s worst nightmare! Cemac., 2003
[5]KARLSON, B., QUINTIERE, J. G.: Enclosure fire Dynamics. CRC.1999
[6]McCAFFREY, B.J., QUINTIERE, J. G., HARKELEROAD, M. F.: Estimating room temperatures and the likelihood of flashover using fire data correlations. Fire Technology, 1981. Vol. 17, No.2., s.98-119
[7] MÜLLEROVÁ, J: Heat transfer. LAP Lambert Academic Publishing . ISBN 978-3-659-58993-5
[8] THOMAS, P. H.: Testing products and materials for their contribution to flashover in rooms, Fire and Materials, 1981. Vol. 5, s. 103-111.
[9] POON, L.: Predicting time of Flashover. BHP Research – Melbourne Laboratories, Australia,

Článok recenzovali dvaja nezávislí recenzenti.