



MODELY ŠÍŘENÍ OHNĚ A TOXICKÝCH PLYNŮ PŘI HAVÁRIÍCH V TUNELECH

Zpracovali: Ing. Kamila Cábová, Ph.D., prof. Ing. František Wald, CSc. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Numerické modely mohou s velkou přesností předpovědět chování požárů a šíření toxických látek v tunelech. Míru shody je v praktických aplikacích nutné ověřit pomocí procesu verifikace a validace. Numerický model hoření v tunelu byl validován pomocí požární zkoušky v tunelu Valík z roku 2006. Součástí ověření je parametrická studie, na jejímž základě je stanoven vhodný postup definování sítě buněk pro modely tunelových staveb. Ověřený numerický model byl použit k simulaci vybraných požárních scénářů ve skutečných tunelech. Pro účely následného modelování evakuačních scénářů byla v modelech vypočtena klíčová data, jako jsou rozložení teploty plynu, rozhraní horké a chladné vrstvy plynu, šíření zplodin hoření a viditelnost. Z důvodu spolupráce s ostatními WP projektu byla v modelech řešena teplota tunelových ostění.

Oblast použití

Poznatky získané z numerických modelů šíření ohně a toxických plynů při haváriích v železničních tunelech umožňují vypracovat pokročilé simulace evakuačních scénářů při požárech v tunelech. Kromě optimalizace prvků bezpečnostního vybavení tunelů a evakuačních scénářů lze na základě výpočtů zdokonalit nouzové postupy záchranných složek v případě požárů v tunelech, stanovit míru přesnosti teplotních křivek pro tunely používaných ve fázi návrhu, ověřit kritickou délku zvýšeného nebezpečí v tunelu a upřesnit tak znění používaných norem a technických specifikací, posoudit chování materiálů tunelového ostění a kolejového lože při požáru i při prudkém ochlazení způsobeném zásahem HZS.

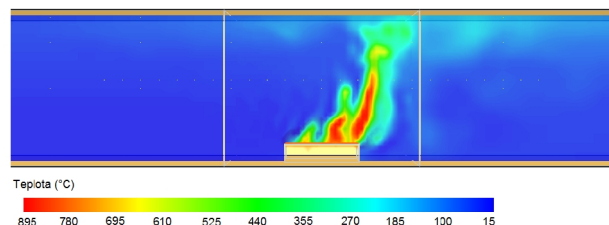
Metodika a postup řešení

V rámci verifikace byl vytvořen ověřovací příklad (tzv. benchmark study), který umožňuje ověřit model požáru v tunelu pomocí vstupních hodnot a výsledků. Procesem validace byla zhodnocena míra shody mezi počítačovou predikcí a fyzikálním modelem, tj. experimentálně získanými údaji, v tomto případě pomocí požární zkoušky v tunelu Valík [1]. Vliv vstupních hodnot modelu jako je

zdroj hoření, ventilace a velikost výpočetní sítě na výsledky byl ověřován v rámci parametrické studie na zjednodušeném modelu tunelu. Po zhodnocení dostatečné míry přesnosti matematického modelu byla metoda aplikována na skutečnou tunelovou stavbu.

Výsledky

Data z požárních zkoušek v tunelu Valík z r. 2006 sloužila k validaci zmenšeného numerického modelu a modelu tunelu s reálnými rozměry řešených v programu FDS. Obr. 1 ilustruje detail modelu tunelu o rozměrech 8 m x 11 m, délky 300 m, na kterém je zobrazeno rozložení teploty plynu. Zdroj hoření o výkonu 5 MW je umístěn na podstavci výšky 1 m ve středu tunelu. Jsou uvažovány proměnné okrajové podmínky (proudění 0 – 3 m/s, vlhkost a teplota okolního vzduchu).



Obr. 1 Model tunelu Valík – teplota plynu při rychlosti proudění 2 m/s.

Validace modelu byla provedena pomocí teploty plynu, která byla stanovena ve třech výškových úrovních (4 m, 6,5 m a 7,9 m) a několika řezových rovinách od zdroje hoření (0 m, 5 m, 10 m a 15 m). Výsledky výpočtů zmenšeného modelu tunelu i modelu o skutečných rozměrech jsou uvedeny v tab. 1. Uvedené teploty nezahrnují krátkodobé odchylky způsobené vysokou fluktuací plynu. Podle [1] byla při první požární zkoušce naměřena maximální teplota 195,4°C.

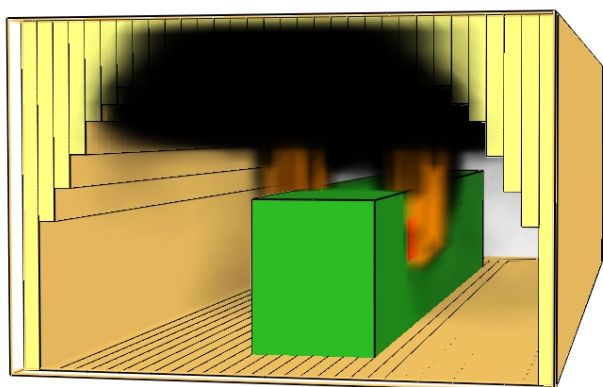
Tab. 1 Model tunelu Valík – teplota plynu při rychlosti proudění 2 m/s.

Model (popis)	Tmax (°C)	Místo maximální teploty
Zmenšený (0 m/s, síť 0,25 m + 0,125 m)	140	řez 10 m, výšková úroveň 7,9 m
Reálný (2 m/s, síť 0,5 m + 0,25 m)	200	řez 5 m, výšková úroveň 6,5 m
Reálný (3 m/s, síť 0,5 m + 0,25 m)	190	řez 5 m, výšková úroveň 6,5 m
Reálný (0 m/s, síť 0,5 m + 0,125 m)	160	řez 5 a 10 m, výšková úroveň 6,5 m

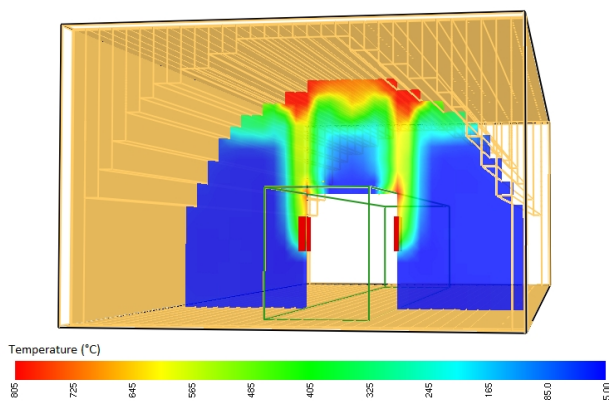
Součástí ověření spolehlivosti výpočtů v FDS je parametrická studie, na jejímž základě byl stanoven vhodný postup definování sítě buněk pro tunelové stavby.

K modelování v FDS byly vybrány skutečné železniční tunely, ve kterých byly simulovány dva havarijní scénáře (havárie s následným požárem, požár s následným zastavením) a tři požární scénáře dle zdroje zapálení (přepřarováný náklad – osobní automobil, kapalina z lokomotivy, vagon osobního vlaku), které vedou z pohledu bezpečnosti osob k nejzávažnější požární situaci.

Na obr. 2 je uveden model tunelu s požárním scénářem hoření vagonu osobního vlaku. Tepelný tok z vagonu je uvažován oknem o rozměrech 1,2 m x 1,2 m. Vstupní data v podobě rychlosti uvolňování tepla (HRR) jsou převzata z požární zkoušky provedené v Austrálii [2]. Maximální hodnota HRR je uvažována 13 MW. Zplodiny hoření jsou simulovány pomocí reakce hoření polyuretanu. Detail vagonu se simulací rozvoje teploty plynu v čase 600 s je na obr. 3. Obr. 4 ilustruje teplotu tunelového ostění ve shodném čase. V modelu je použito betonové ostění.



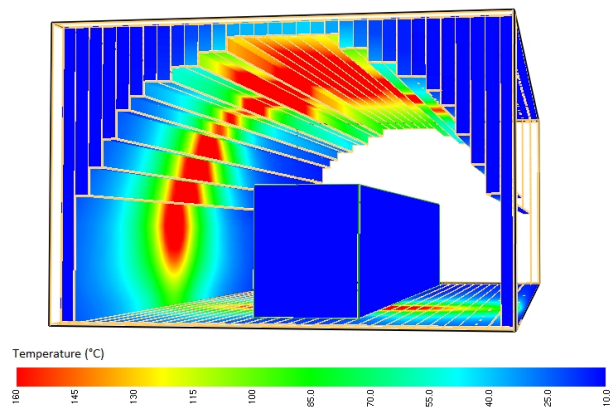
Obr. 2 Model hoření vagonu osobního vlaku v tunelu – šíření kouře v čase 600 s.



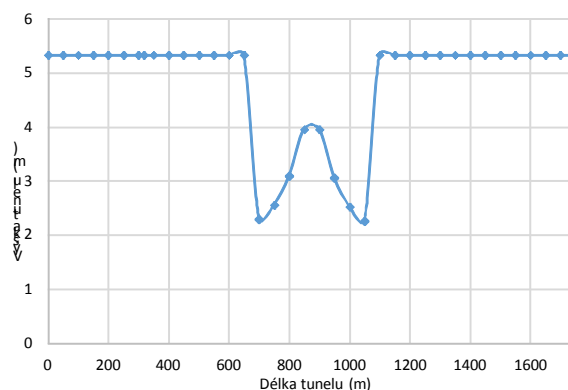
Obr. 3 Teplota plynu v tunelu při hoření vagonu osobního vlaku v čase 600 s.

Uvedený požární scénář byl využit při simulaci požáru v tunelu Špičák. V modelu 1747 m dlouhého

tunelu je umístěno 5 vagonů ve vzdálenosti 810 m až 935 m (uvažováno se zastavením vlaku). Na obr. 5 je znázorněn pokles neutrální roviny (spodní úroveň vrstvy kouře) po délce tunelu v čase 300 s. Je zde patrné, že zakouření přesahuje hodnotu 2,5 m, která je považována za bezpečný limit pro evakuaci, pouze v oblasti zdroje hoření.



Obr. 4 Teplota ostění tunelu při hoření vagonu osobního vlaku v čase 600 s.



Obr. 5 Pokles neutrální roviny při hoření vagonu osobního vlaku v čase 300 s.

Závěr

V uplynulém roce byla dokončena práce na modelování požárů v železničních tunelech, která umožňuje vypracovat pokročilé simulace evakuačních scénářů při požárech v tunelech. Ověření míry shody modelu s fyzikálním modelem bylo provedeno pomocí procesu verifikace a validace.

Literatura

- [1] Pokorný, J. a Hora, J., Požární zkoušky v tunelu Valík, praktická aplikace některých poznatků, Sborník přednášek konference Červený kohout 2007.
- [2] White, N., Fire development in passenger trains, Mater thesis, Victoria University, Australia, 2010.