

Ing. Aleš TULACH<sup>1)</sup>  
 Ing. Miroslav MYNARZ<sup>1)</sup>  
 Ing. Petr LEPÍK<sup>1)</sup>  
 prof. RNDr. Milada  
 KOZUBKOVÁ, CSc.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> VŠB – TU Ostrava, Fakulta  
 bezpečnostního inženýrství,  
 Katedra požární ochrany  
<sup>2)</sup> VŠB – TU Ostrava, Fakulta  
 strojní, Katedra hydromechaniky  
 a hydraulických zařízení

Recenzent  
 Ing. Stanislav Toman

# Možnosti stanovování kritických koncentrací plynu v objektech

## The Possibilities to Determine Critical Concentrations of Gas in Buildings

Článek popisuje metody stanovování kritických koncentrací plyné směsi zemního plynu (metanu) se vzduchem, které se tvoří po úniku hořlavého plynu z porušeného nízkotlakého plynovodního potrubí. Současně se příspěvek zabývá verifikací matematických výpočtů s experimentálními měřeními. Na základě srovnání výsledků výpočtů s experimentálně zjištěnými daty lze zvolit vhodnou metodu výpočtu, pomocí které lze věrohodně popsat šíření hořlavého plynu uzavřeným prostorem, a lze teoreticky identifikovat místa vzniklých kritických koncentrací.

**Klíčová slova:** experimentální model, matematická CFD simulace, kritické koncentrace metanu, únik plynu z potrubí, šíření plynu v prostoru

The paper describes methods to determine critical concentration of gaseous mixture of natural gas (methane) with air, which is formed after leakage of the flammable gas from the disrupted low-pressure gas pipeline. The contributions deals at the same time with the verification of the mathematical calculations with experimental measurements. The appropriate method of calculation can be selected on the basis of the comparison of the calculated results with experimental data. It can reliably describe the spreading of the flammable gas in the enclosed space, and theoretically identify the places of the critical concentrations.

**Keywords:** experimental model, mathematical CFD simulation, critical concentration of methane, gas leakage from the pipeline, gas spreading in the space

## ÚVOD

V České republice každoročně dojde přibližně k šesti stům mimořádných událostí, které jsou spojeny s únikem nebezpečných plynů. Mezi nebezpečné plyny se řadí plyny hořlavé, toxické, dráždivé, žíravé, karcinogenní a další. Ze statistik nehod a havárií [1] je možné zjistit počty úniků plynu, výbuchů plynu a rovněž počty zraněných a usmrčených osob. Každým rokem vlivem výbuchu plynu dojde ke zranění cca 50 osob a k úmrtí cca 36 osob. Dalším zajímavým údajem, který je možno získat ze statistik, je velikost škod. Ročně v důsledku výbuchů vznikají škody v hodnotě cca 30 mil. Kč.

Podle výše zmíněné statistiky dochází k únikům a výbuchům nejčastěji v bytových a rodinných domech, proto se autoři zaměřují především na tyto uzavřené prostory. V objektech občanské vybavenosti dochází nejčastěji k úniku hořlavých plynů, tudíž pozornost byla zaměřena na nejčastěji používaný zemní plyn.

Zkoumaná problematika vytváření kritických koncentrací hořlavých plynů byla rozdělena na dvě základní oblasti. První oblast se zabývá šířením hořlavého plynu v uzavřeném prostoru (objektu) po jeho úniku z nízkotlakého plynovodního potrubí. Druhá oblast zkoumání byla zaměřena na stanovení doby, kdy dojde k vytvoření nebezpečné koncentrace směsi hořlavého plynu se vzduchem. Vzhledem k tomu, že zemní plyn distribuovaný v ČR obsahuje cca 98 % metanu, lze koncentrace spolehlivě stanovovat pro směs metanu se vzduchem.

Tab. 1 Kritické koncentrace metanu

Kritická koncentrace	pro metan [obj. %]
Nebezpečná koncentrace (50 % DMV)	cca 2,5
Koncentrace dolní meze výbušnosti (DMV)	cca 5
Optimální (stechiometrická) výbušná koncentrace	cca 9,5
Koncentrace horní meze výbušnosti (HMV)	cca 15

Hodnoty kritických koncentrací pro směs metanu se vzduchem jsou zobrazeny v tab. 1.

Místní a časové stanovení koncentrací je významné, jak v oblasti prevence havárií před vznikem mimořádných nebo havarijních situací, tak v oblasti objasňování těchto událostí spojených s únikem hořlavého plynu nebo výbuchem plyné směsi uvnitř budovy.

### Stanovení koncentrací výpočtovými metodami (analytickými)

Aby bylo možno zjistit čas, který uplynul od počátku úniku k výbuchu vytvořené plyné směsi, je zapotřebí stanovit množství uniklého plynu. K dispozici máme hned několik postupů. Stanovení množství uniklého plynu podle technického doporučení TDG 903 01 [2]

$$Q_p = S \cdot \frac{p_p + p_b}{p_b} \cdot \alpha \cdot v \cdot t \cdot \frac{1}{z} \quad [\text{m}^3] \quad (1)$$

kde je:

$Q_p$  množství uniklého plynu [ $\text{m}^3$ ],

$S$  plocha otvoru [ $\text{m}^2$ ],

$p_p$  provozní tlak plynu [bar],

$p_b$  atmosférický tlak vzduchu [bar],

$\alpha$  průtokový součinitel [-],

$v$  průměrná výtoková rychlost 75 [m/s] (typická „v“ pro nízkotlaké plynovody),

$t$  doba trvání úniku [s],

$z$  kompresibilitní faktor [-]. Pro typické složení zemního plynu v ČR při vztažné teplotě ( $T_v = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ ) a pro plynovody s tlakem do 20 mbarů platí, že  $z = 1$ .

Nebo podle plynárenské příručky [3]

$$\dot{m} = v \cdot S \cdot \alpha \cdot \rho_1 \quad [\text{kg/s}] \quad (2)$$

kde je:

- $\dot{m}$  hmotnostní průtok [kg/s],
- $S$  plocha narušení potrubí [m<sup>2</sup>],
- $\alpha$  součinitel zúžení proudu [-],
- $\rho_1$  okamžitá hustota plynu v potrubí [kg/m<sup>3</sup>],
- $v$  výtoková rychlost odpovídající charakteru podkritického toku [m/s] (přetlak v potrubí  $p_p$  menší než 83 kPa).

Z dalších známých postupů jsou k dispozici například vztahy uvedené v příručce holandské unie TNO [4] a v literatuře SFPE (americký institut Society of Fire Protection Engineers) v příručce Handbook of Fire Protection Engineering. Srovnání výše zmíněných postupů se věnuje článek „Stanovení množství uniklého plynu z poškozených plynovodů“ v časopise Plyn [5].

Jestliže je známo množství unikajícího plynu, je možné stanovit dobu do vytvoření výbušné koncentrace v uzavřeném prostoru. Jedním z nejdůležitějších faktorů je těsnost uzavřeného prostoru. Obecně je možné rozdělit stanovení doby pro nevětrané a větrané prostory [6].

Pro nevětrané prostory lze použít rovnici:

$$\tau = \frac{LEL \cdot k_B \cdot V_{VOL}}{100 \cdot I} \quad [s] \quad (3)$$

U větraných prostorů můžeme aplikovat tento výpočtový vztah:

$$\tau = \frac{V_{VOL}}{V} \cdot \ln \left( \frac{I}{I - V \cdot \frac{LEL}{100} \cdot k_B} \right) \quad [s] \quad (4)$$

kde je:

- $\tau$  doba potřebná pro vytvoření nebezpečné koncentrace [s],
- $V_{VOL}$  volný objem místnosti [m<sup>3</sup>],
- $V$  průtok větracího vzduchu [m<sup>3</sup>/s],
- $LEL$  dolní mez výbušnosti [obj. %],
- $k_B$  bezpečnostní koeficient [-] (Bezpečnostní koeficient pro dolní mez výbušnosti. Tento koeficient je většinou roven 0,5. To znamená, že se za nebezpečnou koncentraci považuje již 50 % dolní meze výbušnosti.),
- $I$  intenzita úniku par a plynů do místnosti [m<sup>3</sup>/s].

Výše zmíněné postupy slouží pouze pro hrubý odhad doby potřebné k dosažení výbuchu. Postupy stanovení doby do vytvoření výbušné koncentrace se vůbec nezabývají určováním místních kritických koncentrací. Při výpočtu se předpokládá vytvoření homogenní koncentrace v celém objemu uzavřeného prostoru, což je velmi zjednodušující hypotéza.

Pro rychlý odhad jsou tyto postupy vyhovující, ale například při určování iniciačního zdroje, který způsobil výbuch vytvořené plyné směsi, je nutné provést detailnější analýzu. Jednou z možností je využití numerických simulací [7], pomocí kterých lze, v měnícím se čase, popsat šíření hořlavého plynu studovaným prostorem a vytváření místních kritických koncentrací.

## NUMERICKÉ SIMULACE A EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ

Při vytváření numerických modelů je nutné zadat mnoho proměnných, které mohou významně ovlivnit konečný výsledek. Hodnoty těchto proměnných často nejsou známy, nebo jsou dostupná pouze přibližná data. Matematické modely je proto zapotřebí po sestavení doplnit vstupní-

mi daty (mnohdy experimentálně zjištěnými) a výsledky simulací ověřit experimentálními měřeními. Verifikační výpočty a experimentů lze zvolit vhodný matematický model, kterým lze věrně simulovat skutečné případy úniků a šíření hořlavých plynů. Veškeré numerické simulace byly prováděny pomocí programu ANSYS Fluent [8, 9].

Z důvodu urychlení časově náročných výpočtů a umožnění verifikace s daty získanými z experimentů byly simulace prováděny se směsí vzduchu a metanu. Doplnění všech ostatních složek zemního plynu (etan, propan, butan, kyslík, dusík, sirovodík, argon, hélium atd.), které tvoří maximálně 2 objemová procenta, relevantně neovlivní získané výsledky.

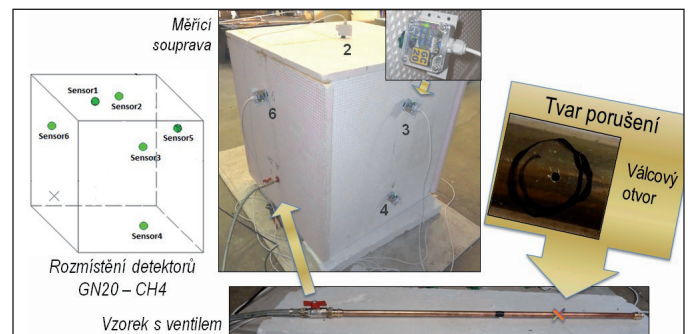
Tab. 2 Srovnání hustoty použitých plynů

Použité plyny	Hustota $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]		
	0 °C	15 °C	25 °C
Tranzitní zemní plyn	0,730	0,692	0,669
Metan (CH <sub>4</sub> )	0,716	0,679	0,656

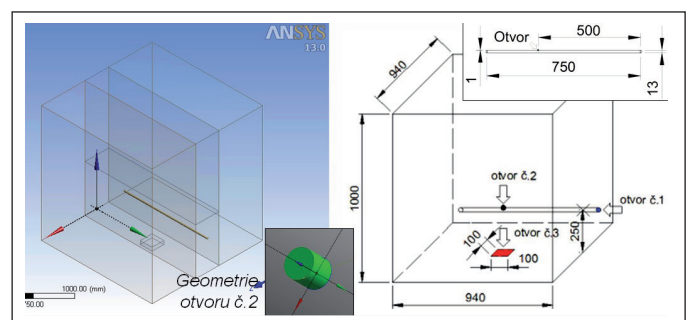
Při porovnání hustot metanu z databáze programu a tranzitního zemního plynu z literatury [10] je rovněž vidět velmi dobrá shoda (tab. 2). Tranzitní zemní plyn obsahuje 98,39 % metanu, proto je toto zjednodušení přípustné.

## Utváření místních kritických koncentrací v jednoduchém prostoru

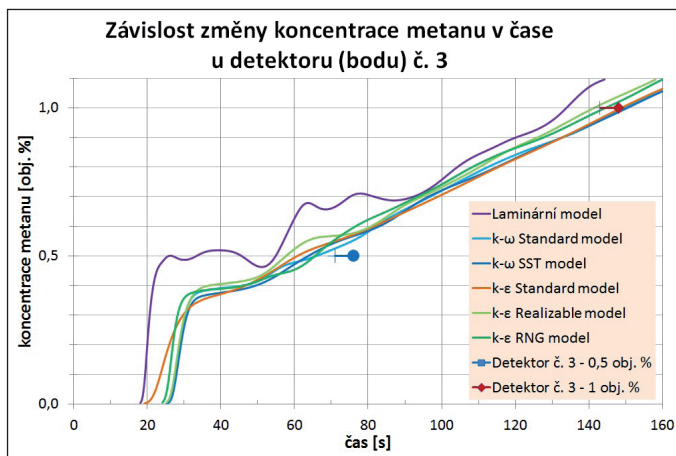
Pro získání reálných hodnot při úniku plynu z poškozeného potrubí byla sestavena experimentální souprava (obr. 1), která se skládá z uzavřené nádoby o objemu cca 0,9 m<sup>3</sup> (1 × 0,94 × 0,94 m), plynovodního potrubí s uměle vytvořenou netěsností (experimentálního vzorku) a z šesti dvoustupňových polovodičových detektorů GN20 – CH<sub>4</sub> osazených na stěnách nádoby. Zkušební souprava byla připojena k nízkotlakému domovnímu rozvodu tranzitního zemního plynu s provozním tlakem cca 2 kPa. Plyn unikl z netěsnosti o průměru 1 mm [11].



Obr. 1 Experimentální souprava (jednoduchý prostor)



Obr. 2 Tvorba geometrie měřicí soupravy



Obr. 3 Srovnání numerických simulací s experimentálním měřením (jednoduchý prostor)

Výsledkem měření bylo stanovení doby od počátku úniku plynu do vytvoření 0,5% a 1% obj. koncentrace metanu (10 % a 20 % dolní meze výbušnosti) ve sledovaných bodech.

V programu ANSYS Modeler byla vytvořena přesná geometrie měřicí soupravy (obr. 2). Aby došlo k urychlení výpočtu, byly modelovány pouze vnitřní objemy nádoby a potrubí s netěsností.

Vytvořená geometrie byla síťována kombinací čtyřstěnných a šestistěnných buněk. Celá výpočtová síť je složena z 274 426 buněk.

Vytvořená síť byla následně převedena do programu ANSYS Fluent, kde byly zadány okrajové podmínky, jako například vstupní a výstupní parametry (definování stěn, otvorů, počáteční teploty v nádobě a v potrubí, počáteční atmosférický tlak v nádobě, tlak plynu v potrubí, hustoty plyných složek a další). Ve vnitřním prostoru soupravy se plyn šíří nízkou rychlostí a dochází k difuzi s okolním vzduchem, nicméně v oblasti netěsnosti potrubí se jednalo o přechod mezi laminárním a turbulentním prouděním, kdy v potrubí probíhalo laminární proudění ( $Re = 359$ ) a při úniku netěsností docházelo k jednoznačné turbulenci ( $Re = 4640$ ). Ve sledovaném prostoru soustavy, kromě matematického modelu pro laminární proudění, bylo postupně vybráno také pět turbulentních matematických modelů. Pro vyhodnocení vypočtených dat byly v modelu definovány sledovací body v místech detektorů umístěných ve stěnách nádoby. Provedené výpočty (numerické simulace) byly porovnávány s výsledky experimentálního měření. Pro názornost je zde uvedeno grafické srovnání (obr. 3) naměřených hodnot ze senzoru č. 3, který je

umístěn na boční stěně ve výšce 0,8 m od základny, s hodnotami vypočtenými ve shodně umístěném sledovacím bodě. Uváděné naměřené hodnoty jsou průměrné hodnoty z deseti provedených měření. U dvoustupeňových detektorů GN20-CH4 uvádí výrobce možnou dobu odezvy až 5 s. Tato doba je na grafu (obr. 3) znázorněna úsečkou. Detailně je celá tato úloha popsána v článku [11].

K nejlepší shodě došlo při použití turbulentního modelu  $k-\epsilon$  Standard, proto byla, pro popis šíření hořlavého plynu uzavřeným prostorem a utváření místních kritických koncentrací, vybrána numerická simulace provedená na základě tohoto turbulentního modelu. Experimentální měření bylo ukončeno při reakci posledního detektoru (v čase 328 s). Šlo o detektor č. 4, umístěný v boční stěně ve výšce 0,2 m od základny, na němž byla v tomto čase zaregistrována 1% obj. koncentrace.

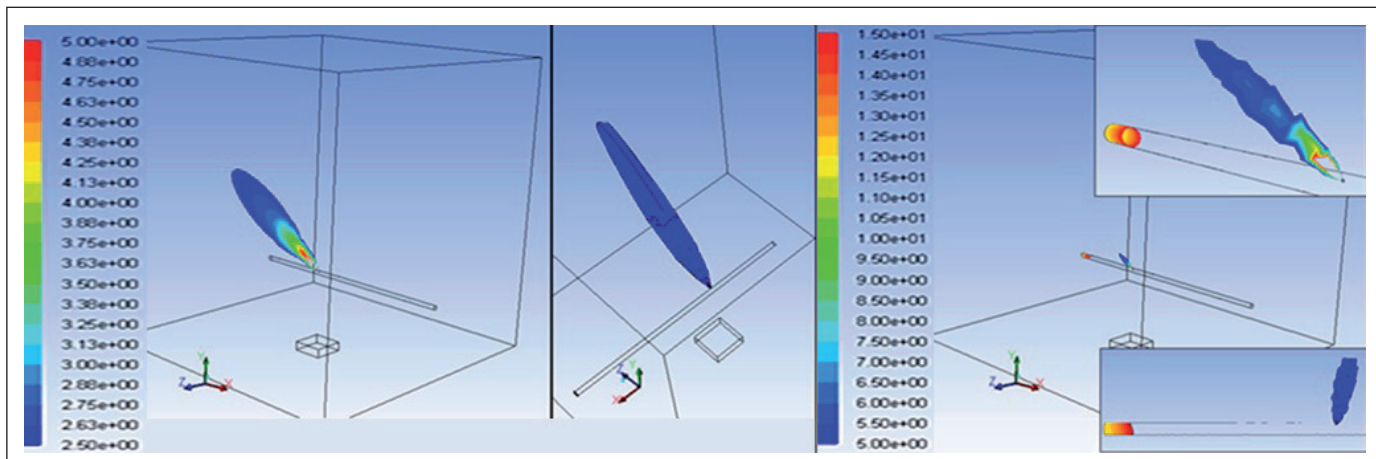
Na otázky typu „Vytvořily se místní kritické koncentrace při ukončení měření?“ a „Ve kterých místech došlo k vytvoření místních kritických koncentrací?“ bylo možné odpovědět díky numerické simulaci. Na obr. 4 jsou znázorněny dvě prostorové hladiny zobrazující nebezpečnou koncentraci (2,5 obj. %) a dolní mez výbušnosti (5 obj. %) při ukončení měření. Nebezpečná koncentrace se vytvořila jen jako paraboloid nakloněný pod úhlem  $45^\circ$  před netěsností. Obr. 4 (vlevo) ukazuje rozložení koncentrací v rozsahu 2,5% (modrá barva) až 5% (červená barva) obj. koncentrace metanu (od nebezpečné koncentrace po koncentraci dolní meze výbušnosti) [9].

Výbušná koncentrace (5 až 15 obj. %) pak vznikla pouze v blízkém okolí, tj. několik centimetrů od netěsnosti a na konci potrubí (obr. 4, vpravo). Výbušné koncentrace jsou znázorněny v rovině protínající osu x v místě umělé vytvořené netěsnosti a na stěnách potrubí (vzorku).

V momentu ukončení experimentálního měření vznikla výbušná koncentrace pouze v blízkosti netěsnosti (otvoru), ze které uniká plyn, a v potrubí u jeho zaslepeného konce, což je pravděpodobně způsobeno postupným zaplňováním vzorku po vpuštění metanu.

#### Utváření místních kritických koncentrací ve členitém prostoru

Po otestování matematických modelů na jednoduché úloze, kde byla jako prostor použita nečlenitá krychlová nádoba, bylo možné přejít k testování modelů na složitějších geometriích různě členitého tvaru. Měření bylo prováděno na měřicí soupravě (obr. 5), která se skládá ze schodišťového prostoru a části sklepních prostor. Měřicí souprava byla navržena o rozměrech  $1,5 \times 2 \times 2,2$  m ( $\text{š} \times \text{h} \times \text{v}$ ). Jako zdroj úniku zemního plynu byl zvolen plynový kohout K800 DN10, ze kterého byla vyňata kuželka (obr. 5). Vzorek (potrubí s plynovým kohoutem) byl připojen k nízkotlakému plynovodnímu potrubí s provozním tlakem cca 2 kPa.



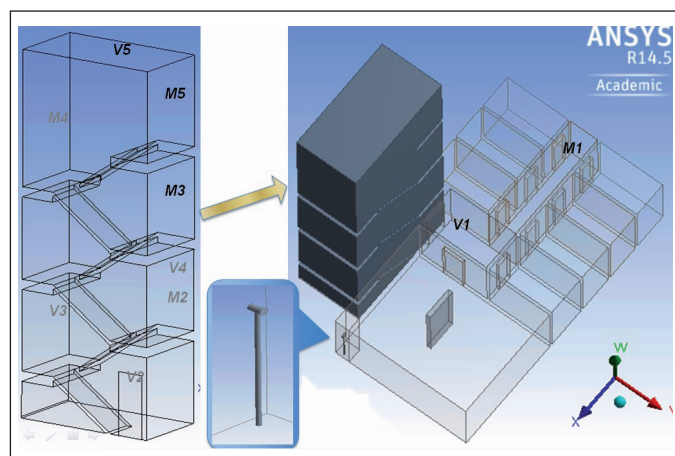
Obr. 4 Rozložení kritických koncentrací v čase 328 s



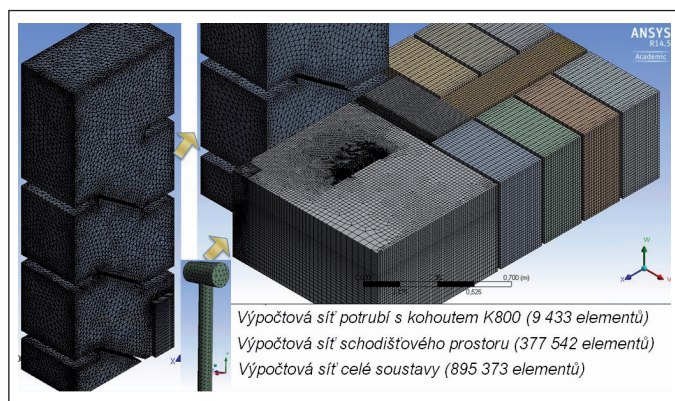
Obr. 5 Část členitého prostoru (sklepení a schodiště) a měřicí souprava

Tvar modelu a umístění zdroje úniku zemního plynu byl vybrán na základě skutečné budovy běžného panelového domu, kde může dojít k úniku plynu z hlavního plynového uzávěru v suterénu budovy. Intenzita unikajícího zemního plynu byla řízena regulací průtoku, který byl nastaven na konstantní hodnotu 0,744 dm<sup>3</sup>/s. Intenzita průtoku byla zvolena ve vztahu k rozměrům modelu a použitým detektorům plynu.

Experimentální měření na měřicí soupravě (obr. 5) probíhalo metodicky shodně s měřením v předchozím případě. Vzhledem k rozměrům modelu bylo nezbytné navýšit počty detektorů. Měřicí souprava byla doplněna pěti třístupňovými polovodičovými detektory GI30 – CH4, které reagují při dosažení 0,5%, 1% a 2,5% obj. koncentrace metanu (10 %, 20 % a 50 % dolní meze výbušnosti) ve sledovaných bodech.



Obr. 6 Geometrie celé výpočtové oblasti

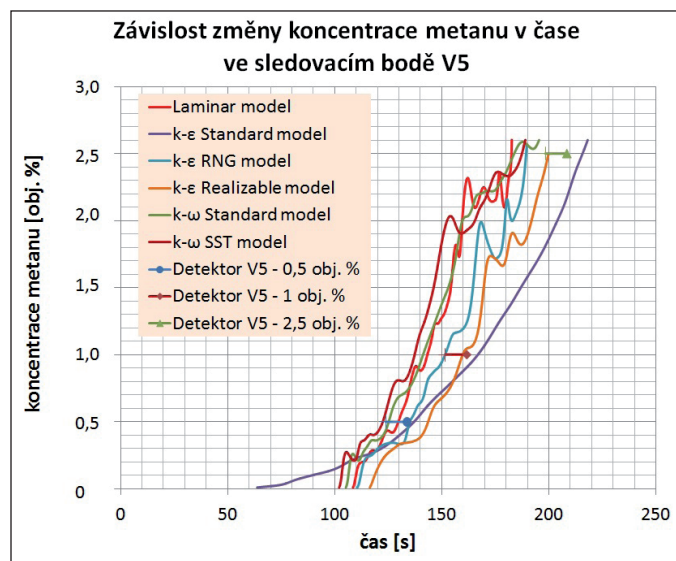


Obr. 7 Výpočtová síť celé soustavy

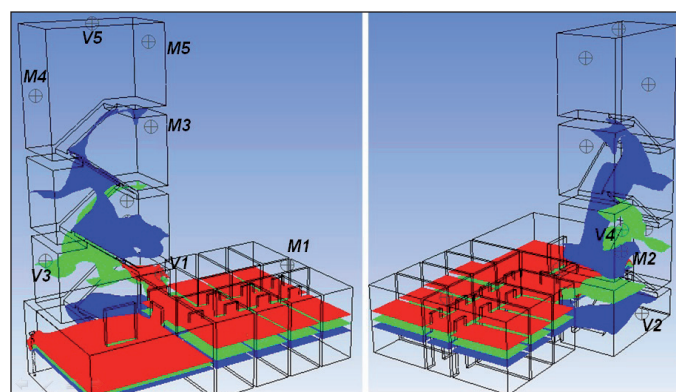
Pro CFD model byla vytvořena geometrie měřicí soupravy (obr. 6). Aby došlo k urychlení výpočtu, byly opět modelovány pouze vnitřní objemy zkoumaného prostoru a potrubí s ventilem. V numerické simulaci byly vytvořeny sledovací body, jejichž umístění bylo shodné s umístěním detektorů na vnějších stěnách experimentálního modelu, ohraničujícího prostor (dvoustupňové detektory: M1 až M5 => GN20 – CH4; třístupňové detektory: V1 až V5 => GI30 – CH4).

Vytvořená geometrie byla síťována kombinací čtyřstěnných a šestistěnných buněk (obr. 7). Celá výpočtová síť je složena z 895 373 buněk. Pro urychlení výpočtu bylo provedeno zhuštění výpočetní sítě v předpokládaném nejintenzivnějším směru šíření unikajícího zemního plynu. Nejintenzivnější šíření metanu se předpokládalo v blízkosti otvorů ventilu a dále v horní části sklepních prostor a ve spodní polovině schodišťového prostoru.

V potrubí ( $Re = 4\ 985$ ) a ve ventilu ( $Re = 6\ 480$ ) docházelo k jednoznačnému turbulentnímu proudění. Postupně bylo vyzkoušeno pět turbulentních modelů (k-ε Standard, k-ε RNG, k-ε Realizable, k-ω Standard, k-ω SST). Měření bylo ukončeno při reakci posledního stupně detektoru V5 umístěného v nejvyšší části schodiště. Proto je zde uvedeno srovnání výsledků z experimentálního měření a z numerických výpočtů právě z tohoto bodu (obr. 8). Graf na obrázku popisuje změnu objemové koncentrace metanu v čase. Naměřené hodnoty jsou doplněny úsečkou, která udává maximální možnou dobu odezvy detektorů. U třístupňových detektorů GI30-CH4 uvádí výrobce možnou dobu odezvy až 10 s.



Obr. 8 Srovnání numerických simulací s experimentálním měřením (členitý prostor)



Obr. 9 Hladiny kritických koncentrací v čase 3 min. 39 s (219 s)

Experimentální měření bylo ukončeno při reakci třetího stupně posledního neaktivovaného detektoru V5 v čase 219 s. Hladiny kritických koncentrací (modrá => 5 % obj., zelená => 9 % obj., červená => 15 % obj.) plynné směsi v čase 219 s jsou zobrazeny na následujícím obrázku (obr. 9).

Výbušná koncentrace (modrá až červená hladina) se utvořila v cca 12 cm široké vrstvě v celém sklepním prostoru. Koncentrace spodní meze výbušnosti (modrá hladina) vznikla ve třech podlažích a přibližně 20 cm nad podlahou suterénu. Celková světlá výška suterénu činila 50 cm. Ve spodní polovině schodišťového prostoru lze také vidět vytvoření směsi blízké stechiometrické koncentraci (zelená hladina). Koncentrace horní meze výbušnosti se v prostoru schodiště nevytvořila.

## ZÁVĚR

Při porovnání výsledků experimentálního měření s provedenými numerickými simulacemi byla zjištěna dobrá shoda. Zjištěné odchylky jsou zřejmě zapříčiněny nedokonalostí měřicí soupravy a přesností a dobou reakce detektorů. Rovněž „naladění“ numerického modelu mohlo vykazovat nedostatky například v oblasti hustoty výpočtové sítě nebo v nastavení časového kroku výpočtu.

Po verifikaci numerických modelů je možné řešit skutečné případy v reálné geometrii zkoumaného objektu, kdy by mohlo dojít nebo přímo došlo k výbuchu směsi hořlavého plynu se vzduchem. Zpětně je tak možné zjistit pravděpodobné místo iniciace směsi, dobu a zdroj úniku a celkový popis šíření a rozložení unikajícího plynu.

Takto lze analyzovat také úniky jiných plynů, jako například únik propan-butanu, který je, podle statistik, druhou nejčastější příčinou výbuchů. Rovněž lze tento postup použít pro šíření jedovatých a toxických plynů při úniku v uzavřených prostorách. Je ovšem účelné provést alespoň zjednodušené experimentální měření, které může napomoci se stanovením počátečních parametrů numerické simulace (např. volba matematického turbulentního modelu proudění).

Ve výše popisovaných numerických simulacích je zdroj úniku hořlavého plynu řešen pomocí přesné geometrie vnitřního objemu otvoru v potrubí a ventilu. V praxi lze nalézt mnoho případů, kdy není možné přesně definovat tvar zdroje úniku. CFD programy obvykle nabízí možnost nadefinovat tvar zdroje úniku pomocí hodnoty výtokového součinitele, kterou lze zjistit experimentálním měřením, nebo je možné (v nejkrajnějším případě) provést odborný odhad této hodnoty, z podobných již studovaných zdrojů úniků.

Kontakt na autora: ales.tulach@vsb.cz

Touto cestou bychom chtěli poděkovat panu Miroslavu Špálkovi, řediteli ostravské firmy UNIMETAL – engineering, s.r.o., za poskytnutí prostor pro měření, materiálových prostředků pro vytvoření měřicí soupravy a zapůjčení částí měřících přístrojů použitých při měření.

## Použité zdroje:

- [1] BUCHTA, J., KEBRDLE, P. *Statistika nehod a havárií do roku 2009: plyny*. Praha: Agentura ČSTZ, s.r.o., 2010. 28 s. ISBN 978-80-86028-68-2.
- [2] TDG 903 01. *Výpočet množství uniklého plynu z poškozených plynovodů a plynovodních přípojek*. ČPS, 2006.
- [3] CRHA, P. *Plynárenská příručka: 150 let plynárenství v Čechách a na Moravě*. Praha: Gas s.r.o., 1997. Potrubní přeprava plynu, s. 269-307. ISBN 80-902339-6-1.
- [4] BOSCH, C. J. H., DUIJM, N. J. *Methods for the calculation of physical effects CPR 14E*. Third edition. Hague: Committee for the Prevention of Disasters, 2005. Outflow and Spray release, s. 2.1-2.179.
- [5] KOZA, V., ČAPLA, L. Stanovení množství uniklého plynu z poškozených plynovodů. *Plyn: odborný měsíčník pro plynárenství*. 2010, roč. XC, č. 2, s. 38-42. ISSN 0032-1761.
- [6] DAMEC, J. *Protivýbuchová prevence*. Ostrava: SPBI, 2005. 188 s. ISBN 80-86111-21-0.
- [7] SKITEVA, I., SELEZNEV, V. Numerical analysis of methane-air pollution. Russia, Computation Mechanics Technology Center 2006.
- [8] Ansys, Inc. *ANSYS FLUENT 13.0 – User's Guide*, 2010.
- [9] Ansys, Inc. *ANSYS FLUENT 14.5 – User's Guide*, 2013.
- [10] FÍK, J. *Zemní plyn: tabulky, diagramy, rovnice, výpočty*. Praha: Agentura ČSTZ, s.r.o., 2006. 355 s. ISBN 80-86028-22-4.
- [11] TULACH, A., MYNARZ, M., KOZUBKOVÁ, M. Study of quantification and distribution of explosive mixture in a confined space as a result of natural gas leak. In: *Experimental Fluid Mechanics 2013: International Conference*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2013, s. 717-723. ISBN 978-80-260-5375-0. ■

## Norres hadice a hadicové spojky

Známa německá firma Norres Schlauchtechnik z Gelsenkirchenu uvedla na trh polyuretanové korugované a spirálové hadice Norres Airduc a hadicové spojky Norres Connect, určené především pro potravinářský a farmaceutický průmysl, dopravu vzduchu a plynů, čistá prostředí, mikroelektroniku a lékařskou techniku. Jejich předností je vysoká chemická odolnost a odolnost vůči UV záření, ozónu, olejům, palivům a hydrolyze. Jsou průsvitné a neprobarvené. Neobsahují změkčovadla a protipožární retardanty. Podle typu jsou teplotně odolné od -40 °C do 95 až 125 °C. V provedení Connect 243 MHF se jedná o přírubové spojení vhodné pro připojení k potrubním větracím systémům, např. podle standardu Jacobs.

Pramen: Tisková zpráva Norres Schlauchtechnik, Gelsenkirchen, 17. 2. 2015

(AB)