

LZE SE JEDNODUŠE CHRÁNIT I PŘI DELŠÍM OHROŽENÍ?

Vlastimil Sýkora, Čestmír Hylák, Ján Pivovarník *

ABSTRAKT

Bylo provedeno měření těsnosti dřevěných oken zatěsněných izolační páskou. Pro měření byly použity 3 následující testovací metody: měření rychlosti poklesu tlaku, měření průvzdušnosti a měření průniku hexafluoridu sírového. Z naměřených výsledků byla vypočtena průvzdušnost a byl diskutován její vliv na zatěsnění. Výsledky byly porovnány s naměřenými hodnotami průniku hexafluoridu sírového.

Klíčová slova:

improvizovaná ochrana ukrytím, značkový plyn hexafluorid sírový, dřevěné okno

ABSTRACT

A measurement of tightness of a wooden window sealed with duct tape was performed. The following three assessment methods were used: pressure drop rate measuring, air permeability measuring, and measuring of penetration of sulphur hexafluoride. From the measured results were calculated permeability and its effect on the sealing method was discussed. The results were compared to the values measured at the penetration of sulphur hexafluoride.

Key words:

improvised protection by concealment, marking gas sulphur hexafluoride, wooden window

1. ÚVOD

V letech 2006 - 2009 byla v Institutu ochrany obyvatelstva v rámci výzkumného úkolu „Zjišťování těsnosti stavebních otvorů v improvizovaných úkrytech a způsob jejich dotěsnění (OKNO)“ řešena problematika budování improvizovaných úkrytů. Řešení úkolu vycházelo jak z původní, tak i z nové

* 1. pplk. Ing. Vlastimil Sýkora, CSc. (MV GR HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva; Na Lužci 204, 533 41 Lázně Bohdaneč, Česká republika; tel.: +420 950 580 351; e: vlastimil.sykora@ioolb.izscr.cz)
2. Ing. Čestmír Hylák (MV GR HZS České republiky, Institut ochrany obyvatelstva)
3. Ing. Ján Pivovarník (MV GR HZS České republiky, Institut ochrany obyvatelstva)

„Koncepce ochrany obyvatelstva...“ dle kterých se nepočítá se zřizováním a údržbou úkrytů. K ukrytí při mimořádných událostech s rizikem kontaminace nebezpečnými látkami a účinků pronikavé radiace je občanům doporučováno využívat přirozených ochranných vlastností staveb s úpravami zamezujícími jejich průnik.

Vlastní úkol byl zaměřen na navržení a výrobu speciální testovací komory, která by umožňovala posuzovat těsnost oken způsobem zavedeným ve státních zkušebnách, tj. dle ČSN EN 12207 a ČSN EN 1026 a zároveň měřit průnik modelové látky, jímž je hexafluorid síry (SF₆). Vzhledem k značnému množství dosažených výsledků je zde prezentováno pouze jejich omezené množství a pouze pro dřevěné okno.

2. EXPERIMENT

Zkušební komora

Pro měření těsnosti stavebních otvorů (oken, dveří) byla vyvinuta a vyrobena zkušební komora (ZK) skládající se z kovových profilů s výplní na bázi organického skla. Komora byla osazena kohouty sloužícími jako uzavíratelné průchodky pro měření tlaku a koncentrace zkušební látky a pro napouštění a vypouštění zkušební látky.

Metody měření

Pro měření těsnosti zkušební komory a zatěsněného okna byly zvoleny 3 metody [1,2], a to:

- měření rychlosti poklesu tlaku,
- měření množství vzduchu potřebného k udržení příslušného tlaku,
- měření průniku testovacího média skrz netěsnosti ve spárách okna.

Označení způsobu zatěsnění spár okna a výběr materiálu

Kvalitní zatěsnění okna závisí jednak na materiálu, kterým je zatěšňování prováděno, jednak na technologickém způsobu zatěsnění. Výběr materiálu pro zatěsnění okna vycházel z toho, co je běžně dostupné, technologicky snadno proveditelné a cenově nenáročné. Jako nejvhodnější a snadno dostupný materiál se jeví lepicí pásy, které se přímo nabízí k rychlému a snadnému přelepení okenních rámců a zatěsnění případných netěsností. Dalšími vhodnými materiály pak mohou být různé tmely, plastelína apod., jejich použití je však technologicky náročnější a proto méně pravděpodobné.

Pro zkušební okna byla jako materiál pro zatěsnění nežádoucích otvorů (otvory pro montáž meziskelních žaluzií a otočných závěsů) použita plastelína a pro vlastní experiment (zatěšňování spár) lepicí páska o šířce 48,5 mm.

Strana, způsob oblepení vlastního okna, popř. použití dalších těsnících materiálů je uvedeno v následujícím textu.

„A“ - zkušební rám bez okna, místo okna plná PP deska,

„B“ - okno bez úprav (nezalepené, pouze otvory pro montáž meziskelních žaluzií a otočné závěsy zaslepeny pomocí plastelíny),

„C“ - okno s úpravou vnitřní strany, pomocí izolepy zalepena spára mezi křídlem a rámem a oblepen zasklívací profil,

„D“ - okno s úpravou vnější strany, pomocí izolepy zalepena spára mezi křídlem a

- rámem a oblepen zasklívací profil,
- „E“ - okno s úpravou vnitřní a vnější strany, pomocí izolepy z obou stran zalepena spára mezi křídlem a rámem a oblepen zasklívací profil,
- „F“ - okno bez úprav, z vnější strany zatěsněné pomocí PE fólie,
- „G“ - okno s úpravou vnitřní strany jako „C“, z vnější strany zatěsněné pomocí PE fólie,
- „H“ - okno s úpravou vnější strany jako „D“, z vnější strany zatěsněné pomocí PE fólie,
- „I“ - okno s úpravou vnitřní a vnější strany jako „E“, z vnější strany zatěsněné pomocí PE fólie.

Výpočet průvzdušnosti

Průvzdušnost (vztažná na celkovou plochu nebo délku spáry PP desky nebo okna) byla vypočtena dle následujících vztahů:

$$P_{pk} = Q_{vzduchu} \times 60 / (1000 \times S)$$

$$P_{dsk} = Q_{vzduchu} \times 60 / (1000 \times l)$$

P_{pk} ... průvzdušnost vztažená na plochu ZK, resp. komory s oknem ($m^3 \cdot h^{-1} \cdot m^{-2}$)

P_{dsk} ... průvzdušnost vztažená na délku spáry ZK, resp. komory s oknem ($m^3 \cdot h^{-1} \cdot m^{-1}$)

S ... plocha komory (m^2)

l ... délka spáry komory (m)

Měření rychlosti poklesu tlaku

Vlastní zkouška spočívala ve sledování rychlosti poklesu tlaku z předepsané (300 Pa) na požadovanou hodnotu (10 Pa) a měla především jednoduchým způsobem ukázat, zda-li daný systém (samotná ZK, popř. ZK s nezatěsněným či jakýmkoli způsobem zatěsněným oknem) je těsný a do jaké míry. Z naměřených hodnot pro dřevěné okno[3,4,5] vyplynuly následující závěry:

1. Ve všech případech, kdy ZK byla osazena oknem, došlo v porovnání s výsledky získanými při měření samotné ZK osazené pouze PP deskou k velmi rychlému poklesu tlaku (komora osazená okny vykazovala daleko větší počet netěsností než komora bez oken).
2. V případě zatěsnění okna „B“ nebylo možné díky netěsnostem ve spárách okna docílit požadovaný tlak pro měření, tj. 300 Pa, tudíž toto měření nebylo prováděno.
3. Nezatěsněné okno („B“; přestože nebylo proměřeno, lze na základě dalších analogických výsledků konstatovat, že tento systém bude vykazovat nejrychlejší pokles tlaku) v porovnání s oknem zatěsněným pomocí lepicí pásky, a to jak z vnitřní, tak i z vnější, resp. z obou stran (viz zatěsnění „B“ proti „C“, „D“ a „E“) bude vždy méně těsné. Totéž platí i pro případ, kdy vnější strana okna byla dodatečně zakryta PE fólií („F“ proti „G“, „H“ a „I“).
4. Pomalejší pokles tlaku byl také naměřen v případě, kdy okno bylo zatěsněno z obou stran (v porovnání s oknem zatěsněným buď z vnější nebo z vnitřní strany - „E“ s „C“ a „D“ či „I“ s „G“ a „H“).
5. Rozdíl v naměřených hodnotách byl ovlivněn také tím, která strana okna byla zatěsněna, jestli vnitřní nebo vnější - „C“ a „D“ nebo „G“ a „H“. Vnější zatěsnění bylo vždy účinnější, což se projevilo nižší rychlostí poklesu tlaku.
6. Značný vliv na rychlost poklesu tlaku mělo také doplňující zatěsnění okna pomocí PE fólie. Ve všech případech byly systémy zatěsnění okna PE fólií v porovnání s nezatěsněným oknem vždy účinnější (pomalejší pokles tlaku) - viz porovnávané dvojice zatěsnění okna bez fólie a s fólií „F- „B“, „G“-„C“, „H“-„D“ a „I“-„E“.

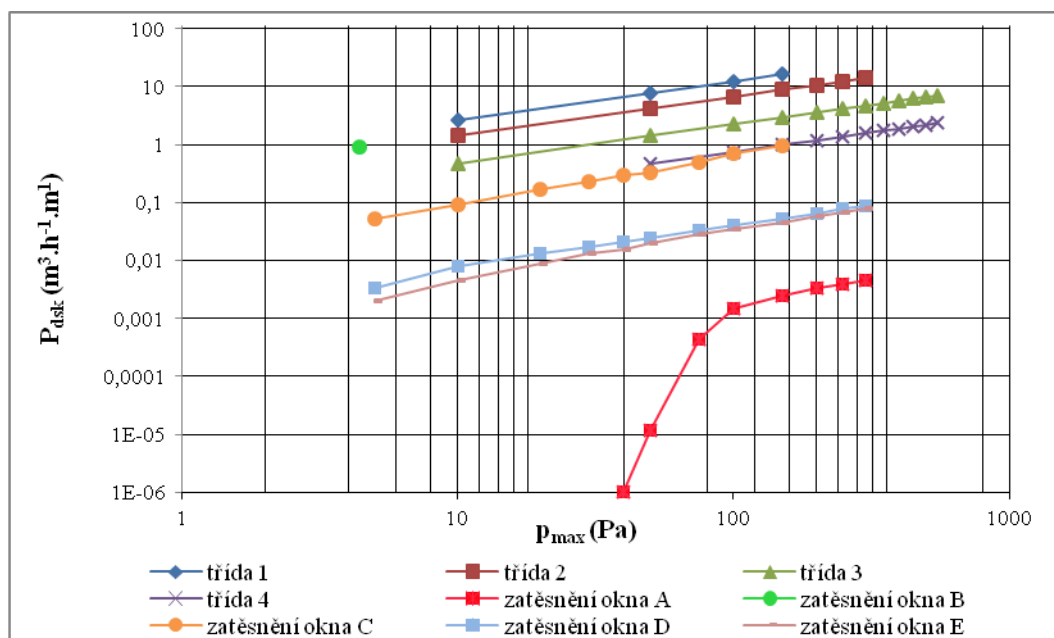
7. Přesto ani v případě nejlepšího způsobu zatěsnění okna („I“) nebylo dosaženo rychlosti poklesu tlaku srovnatelné s případem, kdy ZK byla osazena pouze PP deskou („A“).

Měření množství vzduchu potřebného k udržení příslušného tlaku - měření průvzdušnosti

Další způsob měření spočíval v plynulém dodávání vzduchu do ZK, a to takovým způsobem, aby byl v komoře za daných podmínek dosažen konstantní tlak, čili aby bylo dosaženo rovnováhy mezi dodávaným vzduchem a vzduchem, který proudí z komory díky netěsnostem směrem ven. Z dodávaného, resp. odcházejícího množství vzduchu byla vypočtena průvzdušnost daného systému., v tomto případě zatěsněného okna, a to průvzdušnost vztažená na délku spáry okna.

V následujícím grafu č. 1 jsou jako příklad uvedeny výsledky průvzdušnosti dřevěného okna zatěsněného pouze lepicí páskou. Opět, díky nemožnosti dosáhnout alespoň minimálního požadovaného tlaku 5 Pa, nebylo nezatěsněné okno („B“) proměřeno. Je zde uvedena pouze jediná, maximálně dosažená hodnota, a to pro tlak 4,4 Pa (množství dodávaného vzduchu při tomto tlaku bylo 79,4 l.min⁻¹). Z jednotlivých výsledků vyplynuly následující závěry.

1. Zkušební komora osazená PP deskou („A“) vykázala minimální průvzdušnost (max. těsnost), a to až do tlaku 40 Pa (prakticky neměřitelné), tj. do odpovídající rychlosti větru okolo 29 km.h⁻¹[6].
2. Naopak, jestliže okno bylo zatěsněno pouze z vnitřní strany, tj. jakoby ze strany místnosti („C“), vyžadovalo nastavení příslušného tlaku uvnitř ZK poměrně vysoké množství dodávaného vzduchu, přičemž tlaku 200 Pa nebylo možné se stávajícím zařízením dosáhnout (tato hodnota odpovídá rychlosti větru cca 66 km.h⁻¹). Takto zatěsněné okno je tudíž také značně netěsné.



Graf č. 1: Průvzdušnost okna vztažená na délku spáry - systém „A“, „B“, „C“, „D“, „E“

3. Odlišná situace nastala ale v případě okna zatěsněného z vnější strany („D“), kdy pro dosažení max. měřeného tlaku 300 Pa (odpovídá rychlosti větru 79 km.h⁻¹) bylo

nutné dodávat výrazně nižší množství vzduchu (těsnější systém) než tomu bylo v případě vnitřního zatěsnění. Důvodem je dokonalejší utěsnění okna, při kterém nedochází v tak velké míře ke vzniku kanálek, jimiž by mohl do vnitřního prostoru proudit vzduch (stlačený vzduch při vnějším zatěsnění těsnicí páskou zatlačuje do spár, naopak při vnitřním zatěsnění je těsnicí páska ze spár vytěšňována, což se projevuje větší netěsností systému).

4. Oboustranné zatěsnění okna sice dále zvýšilo těsnost systému a snížilo jeho průvzdušnost, avšak naměřené rozdíly již nebyly tak významné („E“ v porovnání s „D“).
5. Ve všech případech pak platí, že s rostoucím tlakem (rychlostí větru) je požadováno vyšší množství dodávaného vzduchu, což vede k vyšší průvzdušnosti daného systému.

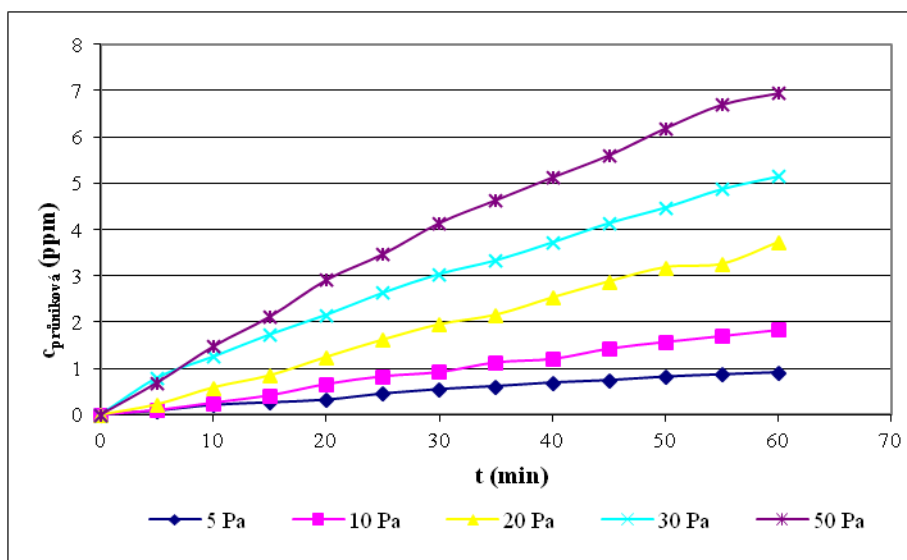
Vypočtená průvzdušnost jednotlivých systémů byla také porovnána s hodnotami průvzdušnosti vyplývající dle klasifikační normy ČSN EN 12207, ve které je zařazení charakterizováno 4 třídami, přičemž třída 4 je považována za třídu s nejmenší průvzdušností, z čehož vyplývá, že se jedná o velmi těsné okno.

Z dlouhodobého průzkumu v současné době vyráběných dřevěných a plastových oken ve vztahu k těsnosti a průvzdušnosti lze konstatovat, že nejčastěji dosahovanou třídou průvzdušnosti je u těchto typů oken třída 4 (přibližně 95 %) a třída 3 (přibližně 5 %)[7]. Naměřené hodnoty u jednotlivých způsobů zatěsnění okna, kromě okna nezatěsněného („B“), dosahovaly vždy nižších hodnot, než tomu tak je u třídy s nejmenší průvzdušností - třídy 4. Z výsledků je také patrné, že jakýkoli způsob zatěsnění okna oblepením („C“, „D“, „E“) v porovnání s oknem neoblepeným (přestože byla změřena pouze jediná hodnota u nezalepeného okna „B“, lze z ní usuzovat na to, že průvzdušnost se bude pohybovat v rozmezí třídy 1 a 2) bude posouvat třídu průvzdušnosti minimálně o 2 třídy výš. Z těchto měření opět vyplývá, jak významný je vliv zatěsnění, a to jakýmkoli způsobem, na těsnost okna.

Měření průniku testovacího média hexafluoridu sírového SF₆ skrz netěsnosti ve spárách okna

Posledním způsobem hodnocení těsnosti oblepeného okna bylo měření rychlosti průniku hexafluoridu síry (SF₆) z prostoru před vnější stranou okna. Tato měření byla rozdělena do tří částí, přičemž v 1. části byl sledován vliv tlaku (rychlosti větru) na rychlost průniku zkušební látky, ve 2. vliv vstupní koncentrace a ve 3. vliv způsobu zatěsnění okna. V následujícím grafu č. 2 jsou prezentovány výsledky průniku u vybraného způsobu zatěsnění okna („E“) při různých tlacích a vstupní koncentraci 2000 ppm. Průnik byl sledován v rozmezí 0-60 minut. Z naměřených výsledků vyplynuly následující závěry:

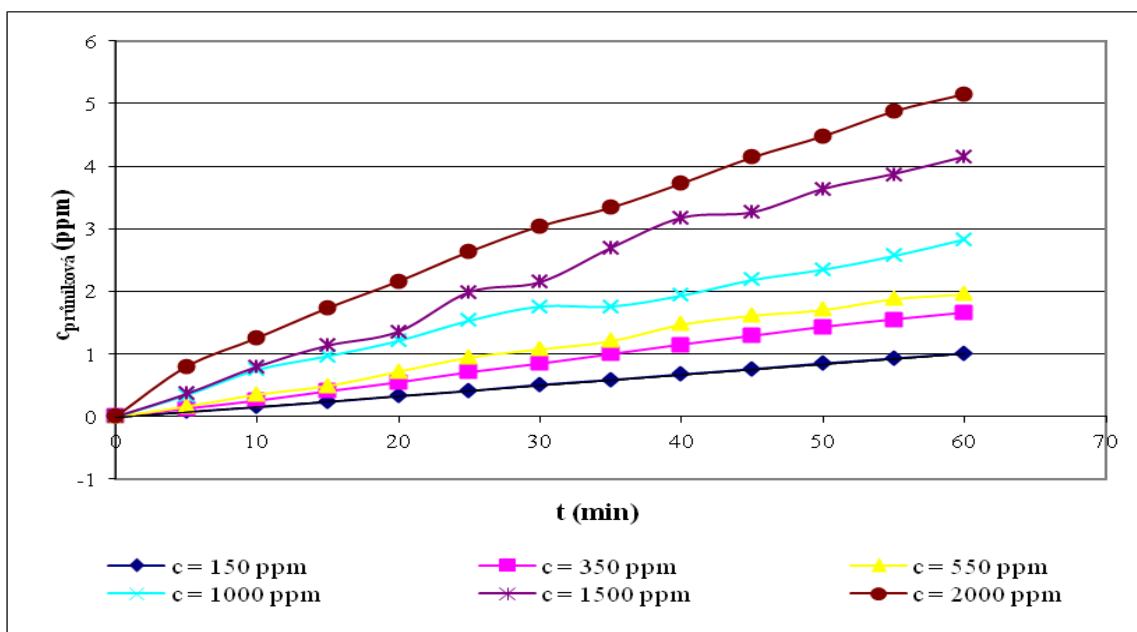
1. U všech systémů, které byly zatěsněny bez PE fólie (např. „E“), s rostoucím tlakem a dobou experimentu docházelo ke zvyšování průnikové koncentrace.
2. V případě nízkých tlaků kolem 5 Pa (odpovídá rychlosti větru 10,3 km.h⁻¹) docházelo u tohoto systému během 60-ti minutového měření pouze k nepatrnému nárůstu průniku, naměřené hodnoty se pohybovaly okolo 0,9 ppm.
3. S rostoucím tlakem však docházelo k výraznému zvyšování hodnot průniku, což při 50 Pa (32,4 km.h⁻¹) činilo přibližně 7 ppm. Tato hodnota v případě řady nebezpečných toxických látek již představuje značné riziko, které může vyústit v poškození zdraví či následnou smrt.



Graf č. 2: Rychlost průniku při různých tlacích (rychlostech větru), úprava „E“

Měření rychlosti průniku hexafluoridu sírového SF₆ v závislosti na vstupní koncentraci při daném tlaku

Tato měření navazovala a doplňovala předchozí výsledky. Cílem bylo posoudit, jak rychle se s ohledem na vstupní koncentraci může pronikající škodlivina při daném tlaku (rychlosti větru) dostat do improvizovaného úkrytu. Měření bylo prováděno opět u varianty „E“ (tj. u okna bez fólie a s oboustranným zalepením spár) a při tlaku 30 Pa. Z naměřených výsledků byly získány následující závěry:



Graf č. 3: Vliv vstupní koncentrace SF₆ na rychlost průniku při konstantním tlaku (rychlosti větru) pro okno zatěsněné dle varianty „E“

1. S rostoucí vstupní koncentrací rostla průniková koncentrace.
2. V případě, že vstupní koncentrace je poměrně nízká a pohybuje se do 150 ppm (tj. do 0,015 obj. %), průniková koncentrace nepřesáhne 1 ppm, z čehož vyplývá, že tento systém zatěsnění bude v tomto případě poskytovat poměrně vysokou ochranu.

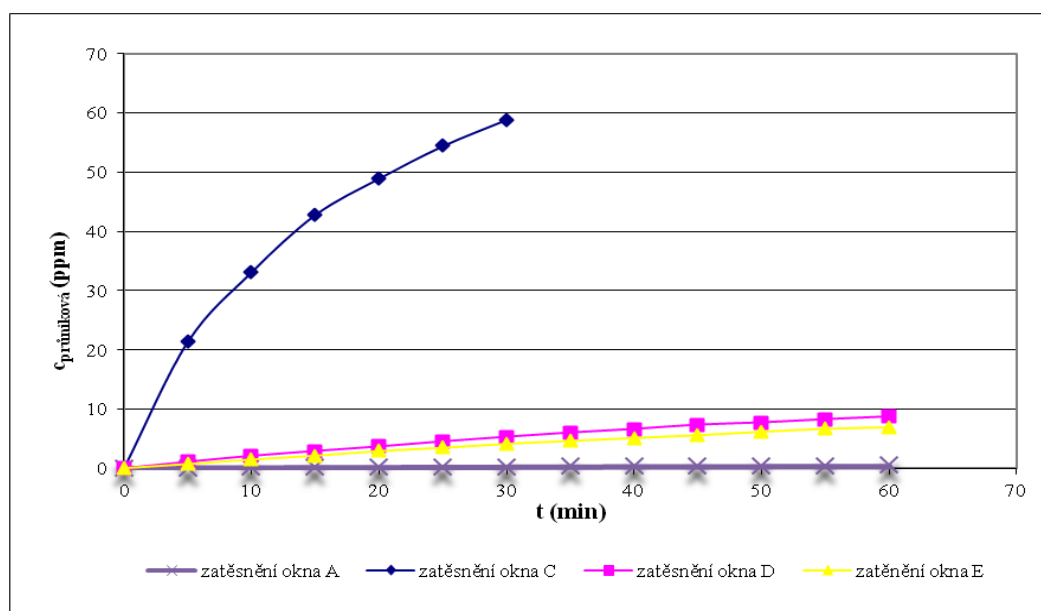
- Naopak vyšší koncentrace však již představují určité riziko, neboť zejména při koncentracích vyšších jak 500 ppm (0,05 obj. %) bylo dosaženo průniku okolo 3 ppm a vyššího, což vede k výraznému snížení ochranné účinnosti takto zatěsněného okna.

Vliv způsobu zatěsnění okna na rychlost průniku SF₆ při daném tlaku

V následujícím grafu č. 4 jsou prezentovány výsledky, jak a do jaké míry zatěsnění okna při daném tlaku ovlivňuje rychlost průniku SF₆ do volného prostoru. Měření byla prováděna při tlaku 50 Pa a vstupní koncentraci 2000 ppm. Měření nezatěsněného okna opět díky nemožnosti dosáhnout potřebný tlak ve zkušební komoře nebylo prováděno.

Z naměřených a prezentovaných výsledků (po 60-ti minutovém měření) si lze učinit následující závěry:

- Jednoznačně lze říci, že nejvyšších hodnot průnikové koncentrace bylo dosaženo v případě okna oblepeného z vnitřní strany („C“). Vzhledem k dosaženým vysokým hodnotám již v průběhu 30 minut (okolo 60 ppm), nebylo v dalším měření pokračováno.



Graf č. 4 Závislost průnikové koncentrace na čase pro různým způsobem zatěsněná okna při tlaku 50 Pa

- Výrazně nižší hodnoty (pod 10 ppm) byly naopak naměřeny u okna oblepeného buď z vnější strany nebo z obou stran („D“, resp. „E“; rozdíl mezi těmito 2 systémy byl velmi nepatrný a pohyboval se pod 2 ppm). Pokles hodnot průnikové koncentrace těchto 2 systémů oproti oknu oblepenému z vnitřní strany činil cca 54 ppm.
- S rostoucí kvalitou zatěsnění okna, i když nepravidelně, klesaly hodnoty průnikové koncentrace (vnitřní zatěsnění > vnější zatěsnění > vnitřní+vnější zatěsnění > PP deska jako srovnávací systém).

3. ZÁVĚR

Pokusy prokázaly, že způsob zatěsnění okna má značný vliv na velikost průniku nebezpečné látky směrem do vnitřního prostoru improvizovaného úkrytu. Nalezené rozdíly ukazují, zejména v porovnání s nezatěsněným oknem, jak je v jednotlivých případech oblepení účinné a do jaké míry mohou takto improvizovaně zatěsněné prostory chránit civilní obyvatelstvo. Bylo také prokázáno, že rychlost pronikání, a tím i zamoření vnitřního prostoru, je do značné míry ovlivněna nejen vstupní koncentrací nebezpečné látky, ale i tlakem jako simulátorem rychlosti větru.

Cílem příspěvku bylo poukázat na reálné možnosti účinné ochrany obyvatelstva při úniku nebezpečných látek. Z výše uvedeného jednoznačně vyplývá, že ochrana obyvatelstva ukrytím v budovách je za předpokladu respektování fyzikálně-chemických zákonitostí velmi efektivní a je zcela oprávněně doporučovaným ochranným opatřením.

4. LITERATURA

- [1] PIVOVARNÍK, J.; Hylák, Č.; Sýkora, V.: Metodika optimálního způsobu dotěšňování oken, dveří a dalších stavebních otvorů v improvizovaných úkrytech. Lázně Bohdaneč: MV-GŘ HZS ČR Institut ochrany obyvatelstva, 2010.
- 2) HYLÁK, Č.; Sýkora, V.; Pivovarník, J.: Metodika měření těsnosti oken a dveří z hlediska průniku průmyslových škodlivin a látek CBRN. Lázně Bohdaneč: MV-GŘ HZS ČR Institut ochrany obyvatelstva, 2007.
- 3) SÝKORA, V.; Hylák, Č.; Pivovarník, J.: Improvizovaná ochrana ukrytím. I. Úvod do problematiky. The Science for Population Protection. 2012, roč. 4, č. 3, s. 67-79, ISSN 1803-568X; <http://www.population-protection.eu/>.
- 4) SÝKORA, V.; Hylák, Č.; Pivovarník, J.: Nové možnosti v improvizované ochraně ukrytím. Sborník příspěvků z mezinárodní konference, SPBI-FBI, VŠB - Technická univerzita Ostrava 2011, s. 124-128, ISBN 978-80-7385-096-8.
- 5) SÝKORA, V.; Hylák, Č.; Pivovarník, J. Měření těsnosti dřevěného okna bez úprav a po zatěsnění. Technická průběžná zpráva. Lázně Bohdaneč: MV-GŘ HZS ČR Institut ochrany obyvatelstva, 2008.
- 6) SÝKORA, V.; Hylák: Improvizovaná ochrana ukrytím. II. Vlastnosti dřevěného okna - Měření průvzdušnosti. The Science for Population Protection. 2013, roč. 5, č. 2, ISSN 1803-568X; <http://www.population-protection.eu/>. V tisku.
- 7) ZAPLETAL, M.: Technická zpráva č. 01/2005 o speciálních konstrukčních úpravách dřevěného okna zdvojeného, otočného kolem svislé osy, za účelem snížení filtrace. Zlín 2005.

Článek recenzovali dva nezávislí recenzenti.