

IMPROVIZOVANÁ OCHRANA UKRYTÍM I. ÚVOD DO PROBLEMATIKY

IMPROVISED PROTECTION BY CONCEALMENT I. INTRODUCTION TO PROBLEMS

Vlastimil SÝKORA, Čestmír HYLÁK, Ján PIVOVARNÍK
vlastimil.sykora@ioolb.izscr.cz

Došlo 26. 4. 2012, přepracováno 31. 7. 2012, přijato 20. 9. 2012.

Dostupné na http://www.population-protection.eu/attachments/043_vol4n3_sykora_hylak_pivovarnik.pdf.

Abstract

A test chamber for measuring tightness of sealed windows was tested. Three methods were used for these tests - rate of pressure drop, measuring of air permeability and measuring the decrease of a concentration of marking gas inside the test chamber. Sulphur hexafluoride was used as marking gas.

Key words

Improvised protection by concealment, marking gas sulphur hexafluoride, tightness, diffusion, air leakage.

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 „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. Přesto, v některých případech, je vhodné si takový jednoduchý úkrytový prostor připravit, a to pomocí lehce dostupných prostředků.

Vlastní úkol byl zaměřen na návržení 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, jíž je hexafluorid síry (SF₆). Na základě dosažených výsledků pak byla vypracována metodika, podle které by si civilní obyvatelstvo bylo schopno připravit vhodný improvizovaný úkryt zatěsněním stavebních otvorů (zejména

oken a dveří) takovým způsobem, aby poskytoval co nejvyšší míru ochrany před průmyslovými škodlivinami a látkami CBRN.

V sérii několika následujících článků bude postupně popsáno nejen vlastní zkušební zařízení, ale především dosažené výsledky pro různé druhy oken, způsoby zatěsnění, rychlost větru a rychlost průniku zkušební látky.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Přístroje, zařízení a chemikálie

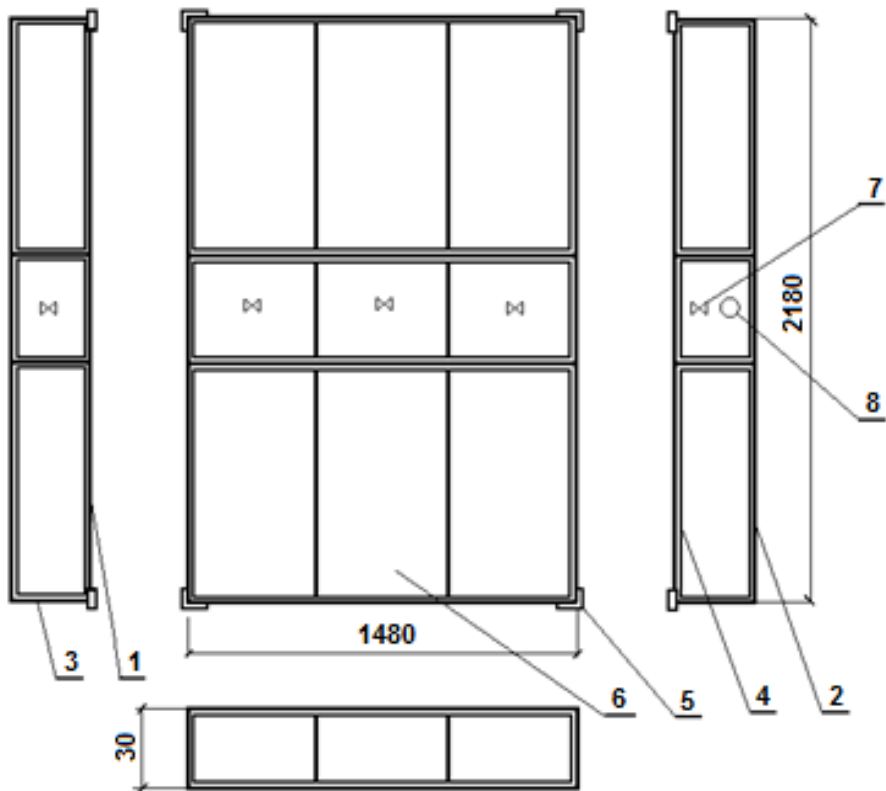
Pro měření těsnosti testovací komory a koncentrace zkušební látky (SF_6) v komoře a v prostoru za oknem byly použity následující přístroje, zařízení a pomůcky:

- zkušební komora o vnitřních rozměrech 2140 x 1444 x 280 mm a objemu 0,865 m³ (viz obrázek č. 1),
- plná polypropylenová deska (měření těsnosti vlastní zkušební komory),
- truhlářské rychloupínací svorky 200 mm (14 ks) a truhlářské svorky 700 mm (2 ks),
- kalibrační zařízení plynů „SYCOS 3“ (měření množství dodávaného vzduchu a příprava směsi SF_6 se vzduchem o příslušné koncentraci),
- průtokoměr univerzální „UPLS2“ a rotametr „UMRI-010003“ (měření průtoků),
- zdroj stlačeného vzduchu (kompresor) Profimaster s tlakovou hadicí a tlakovou pistolí,
- generátor čistého vzduchu „PURE AIR LG CAD070“ (úprava dodávaného vzduchu),
- digitální manometr „testo 525“ (měření tlaků ve zkušební komoře),
- infračervený spektrofotometr „Miran 1B2“ (měření koncentrace SF_6 ve zkušební komoře),
- fotoakustický spektrofotometr „FD 1412“ (měření koncentrace SF_6 v místnosti),
- fluorid sírový SF_6 v tlakové lahvi,
- filtroventilační jednotka firmy Malina Safety (homogenizace vnitřního prostoru komory),
- stojanové otočné ventilátory „DéLonghi, typ MPA-043, 220 V, 54 W“ (homogenizace vzduchu v místnosti),
- digitální teploměr (měření teploty v komoře v prostoru před oknem) a stopky.

Zkušební komora

Pro měření těsnosti stavebních otvorů, jako jsou okna a dveře, byla vyvinuta a vyrobena zkušební komora skládající se z kovových profilů s výplní na bázi organického polymerního skla (Makrolon). Komoře byla doplněna kohouty sloužícími jako uzavíratelné průchodky pro měření tlaku a koncentrace zkušební

látky a pro napouštění a vypouštění zkušební látky. Vnější rozměry komory jsou 2180 x 1480 x 300 mm (viz obrázek č. 1).



1 – základna-JÖKL 30x30 mm

3 – stojina-JÖKL 20x20 mm

5 – úhelník-ocelový pás tl. 1 mm, šířka 20 mm

7 – kohout

2 – vrchní díl-JÖKL 20x20 mm

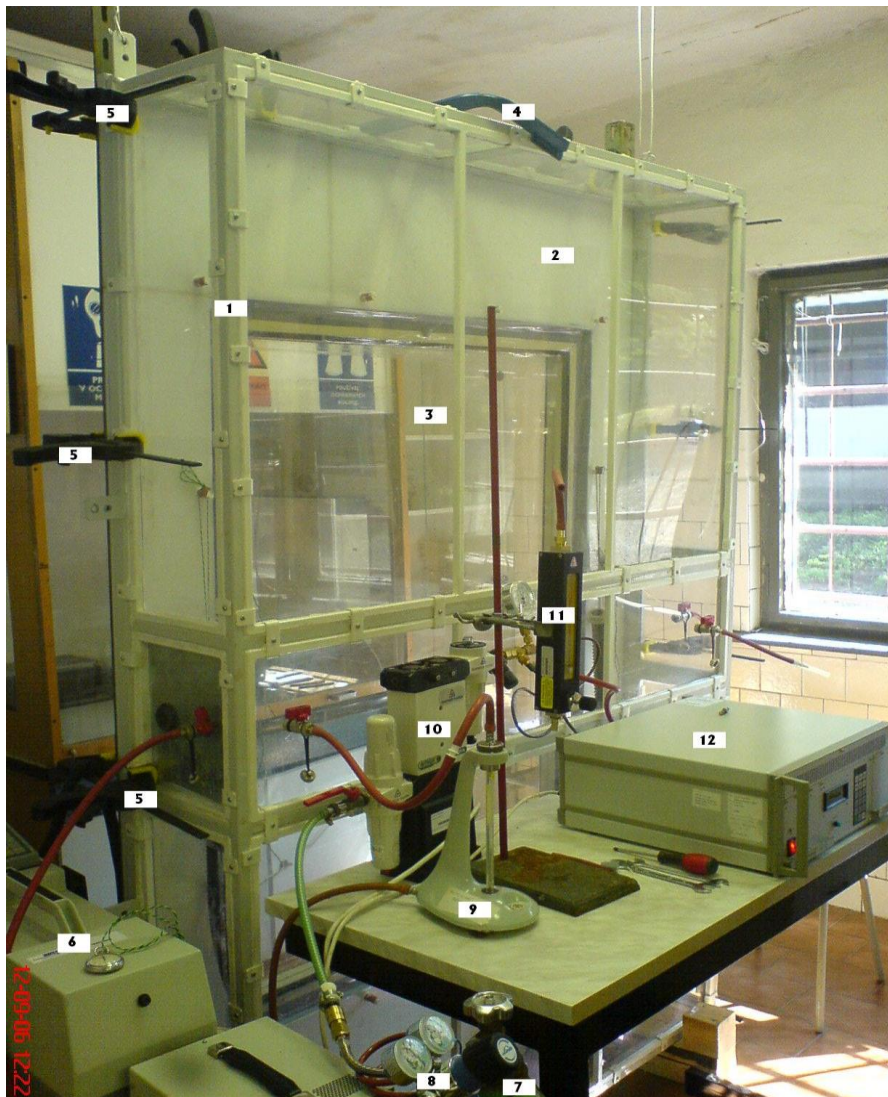
4 – konstrukce dotěsnění JÖKL 15x15 mm

6 – výplň-MAKROLON

8 – podtlakový ventil

Obr. 1

Zkušební komora „OKNOTEST“ pro měření těsnosti oken



1 – komora
 3 – testované okno
 5 – malá truhlářská svorka
 7 – tlaková láhev s SF₆
 9 – průtokoměr
 11 – rotametr

2 – polymerní sklo
 4 – velká truhlářská svorka
 6 – IČ spektrofotometr MIRAN
 8 – redukční ventil
 10 – generátor vzduchu
 12 – kalibrační zařízení SYCOS-3

Obr. 2

Zkušební komora „OKNOTEST“ + uspořádání experimentu

Měření parametrů zkušební komory

Zkušební komora použitá pro měření těsnosti oken není dokonale těsná, výsledky měření tak mohou být do jisté míry touto netěsností ovlivněny. Proto, s ohledem na správné měření, je důležité znát tento parametr i pro zkušební komoru.

Pro vlastní měření byly zvoleny tři metody, a to:

- měření rychlosti poklesu tlaku,
- měření množství vzduchu potřebného k udržení příslušného tlaku,
- měření poklesu koncentrace testovacího média uvnitř zkušební komory (průnik, difuze).

Metoda „**měření rychlosti poklesu tlaku**“ je základní metodou testování těsnosti oken. Je založena na měření rychlosti poklesu tlaku z předepsané hodnoty na hodnotu požadovanou. Čím je tato rychlost vyšší, tím je okno méně těsné.

Metoda „**měření množství vzduchu pro udržení daného tlaku**“ je převzata z ČSN EN 12207, dle které se u oken a dveří měří „průvzdušnost“ (prEN 1026 ji definuje jako množství vzduchu, které projde uzavřeným zkušebním vzorkem působením zkušebního tlaku). Dle této normy jsou okna klasifikována do čtyř tříd v závislosti na hodnotách průvzdušnosti.

Klasifikace je založena na porovnání průvzdušnosti zkušebního vzorku vztažené buď na celkovou plochu, nebo délku spáry, s hodnotami průvzdušnosti odpovídající jednotlivým třídám. Čím větší je množství vzduchu dodávané pro udržení konstantního tlaku, tím je okno méně těsné.

Tabulka 1
Přepočet rychlosti větru na tlak vzduchu

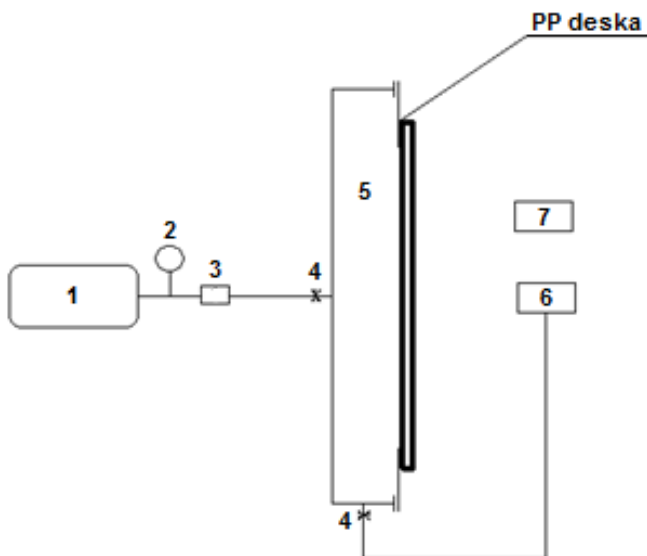
P [Pa]	P [mm CE]	Vvětru [km.h ⁻¹]	Vvětru [m.s ⁻¹]
40	4	29	8,1
100	10	45	12,5
150	15	56	15,6
200	20	66	18,3
300	30	79	21,9
400	40	91	25,3
500	50	102	28,3
600	60	112	31,1
750	75	125	34,7
1000	100	144	40,0
1250	125	160	44,4
1500	150	175	48,6
2000	200	205	56,9
3000	300	250	69,4

Při posuzování těsnosti oken, kromě měření průvzdušnosti a rychlosti poklesu tlaku, je pro reálné podmínky nutné znát i „*průnik kontaminantu skrz spáry mezi oknem a rámem*“, a to jak za bezvětří (tlak vzduchu je nulový => rychlost větru je též rovna nule, průnik kontaminantu přes okno je dán pouze rozdílem koncentračních gradientů před a za oknem), tak i za větru, kdy rychlost větru je simulovaná tlakem vzduchu v komoře - viz tabulka č. 1. Pro tento případ byl průnik zkušební látky označen jako její difuze a platí, že s rostoucí netěsností okna difuze probíhá rychleji.

VÝSLEDKY A DISKUSE

1) Metoda měření rychlosti poklesu tlaku

Při této metodě byla zkušební komora uzavřena pomocí polypropylenové desky a uvnitř byl vytvořen přetlak 300 Pa (± 3 Pa). Poté byl sledován pokles tlaku v komoře, a to až do hodnoty 20 Pa (obrázek č. 3).



1 – zdroj stlačeného vzduchu

3 – regulační ventil

5 – zkušební komora s přepážkou (PP deskou)

7 - stopky

2 – tlakoměr

4 – kohout

6 – digitální manometr

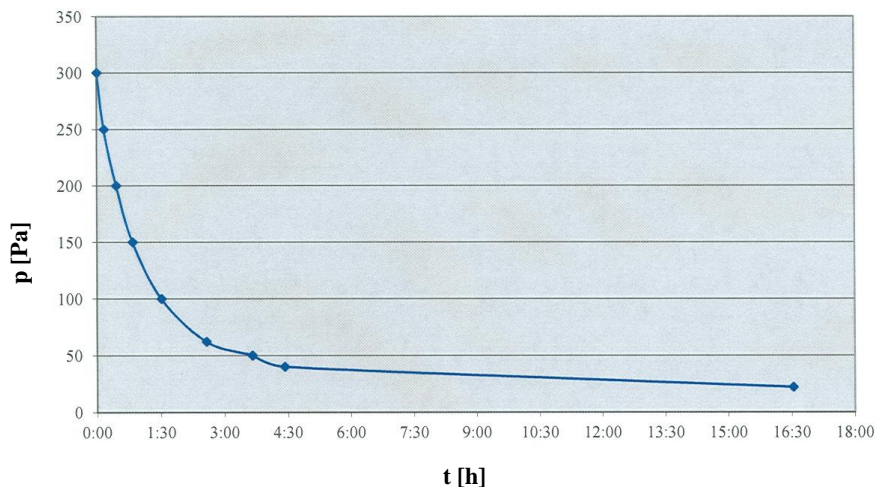
Obr. 3

Uspořádání experimentu pro měření těsnosti zkušební komory metodou poklesu tlaku

Pro samotné posouzení těsnosti komory je však důležitá především doba, kdy tlak v komoře klesne z 300 Pa na 250 Pa, neboť tento počáteční pokles je nejrychlejší (viz tabulka č. 2). Jestliže je tento čas delší než 10 minut, je zkušební komora dostatečně těsná pro měření vlastního okna (hodnota je srovnatelná s těsností zkušební komory používané pro práci s vysoce toxickými chemikáliemi, např. sarinem¹⁾). V následující tabulce č. 2 a v grafu č. 1 jsou uvedeny dosažené naměřené hodnoty (průměr ze 2 měření).

Tabulka 2
Rychlost poklesu tlaku v komoře s polypropylenovou deskou

t [h:min:s]	P [Pa]
0:00:00	300
0:11:40	250
0:30:20	195
0:53:20	150
1:44:00	100
2:32:00	75
3:39:00	50
4:25:00	40
16:32:00	20

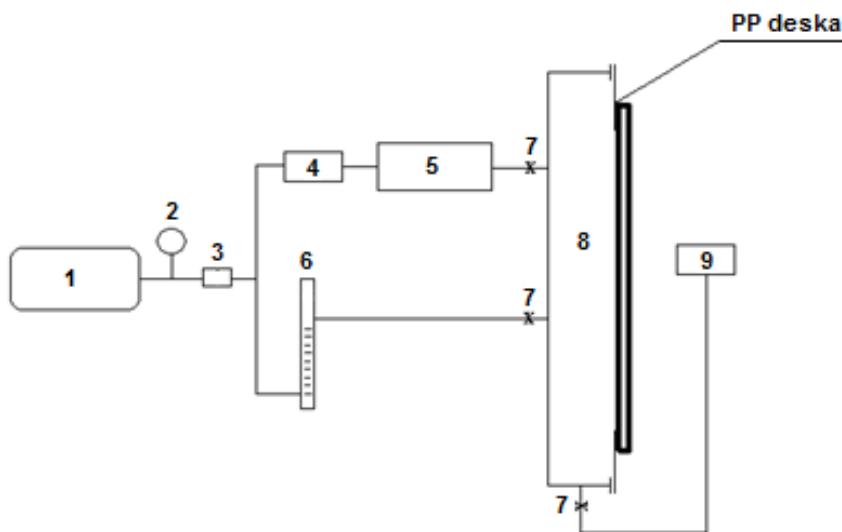


Graf 1
Průběh poklesu tlaku v komoře s polypropylenovou deskou

Z naměřených hodnot je patrné, že zkušební komora je dostatečně těsná pro měření vlastního, různým způsobem zatěsněného okna a danému požadavku zcela vyhovuje, neboť pokles tlaku z 300 na 250 Pa byl dosažen za více než 11 minut. Výsledky poukazují také na velmi dobrou těsnost celého systému.

2) Metoda měření množství vzduchu potřebného k udržení příslušného tlaku

Měření průvzdušnosti okna je založeno na dodávání vzduchu, které je nezbytné pro udržení požadovaného tlaku v komoře. Pro podmínky tohoto experimentu byl vzat jako počáteční tlak 300 Pa odpovídající rychlosti větru $79 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ – viz tabulka č. 1 (vychází se zde z předpokladu, že vyšší rychlost větru je jednak méně častá a jednak při této rychlosti bude toxická látka nejen pronikat skrz spáry okna, ale zároveň bude větrem od tohoto okna unášena, čili bude docházet k jejímu zředování popř. k odstraňování). Měření průvzdušnosti bylo ukončeno při tlaku 40 Pa, kdy již nebylo možné dodávané množství vzduchu měřit (obrázek č. 4).



- | | |
|------------------------------|---|
| 1 – zdroj stlačeného vzduchu | 2 – tlakoměr |
| 3 – regulační ventil | 4 – generátor vzduchu |
| 5 – SYCOS | 6 – rotametr |
| 7 – kohout | 8 – zkušební komora s přepážkou (polypropylenovou deskou) |
| 9 – digitální manometr | |

Obr. 4

Uspořádání experimentu pro měření těsnosti zkušební komory metodou měření průvzdušnosti

V tabulce č. 3 jsou uvedeny průměrné hodnoty (2 měření) množství vzduchu dodávaného při požadovaném tlaku.

Z dodávaného, resp. odcházejícího množství vzduchu (Q_{vzduchu}), lze pak vypočítat průvzdušnost daného systému, v tomto případě zkušební komory, a to průvzdušnost vztaženou jak na délku spáry (P_{dsk}), tak i na celkovou plochu okna (P_{pk}). Získané výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 3 a v grafech č. 2 (průvzdušnost vztažená na celkovou plochu) a č. 3 (průvzdušnost vztažená na celkovou délku spáry).

Průvzdušnost byla vypočtena dle následujících vztahů:

$$P_{\text{pk}} = Q_{\text{vzduchu}} \cdot \frac{60}{1000 \cdot 3,06} \quad P_{\text{dsk}} = Q_{\text{vzduchu}} \cdot \frac{60}{1000 \cdot 7,14}$$

kde: P_{pk} ... průvzdušnost vztažená na celkovou plochu komory ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$),

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

3,06 ... plocha komory (m^2),

7,14 ... celková délka spáry komory (m).

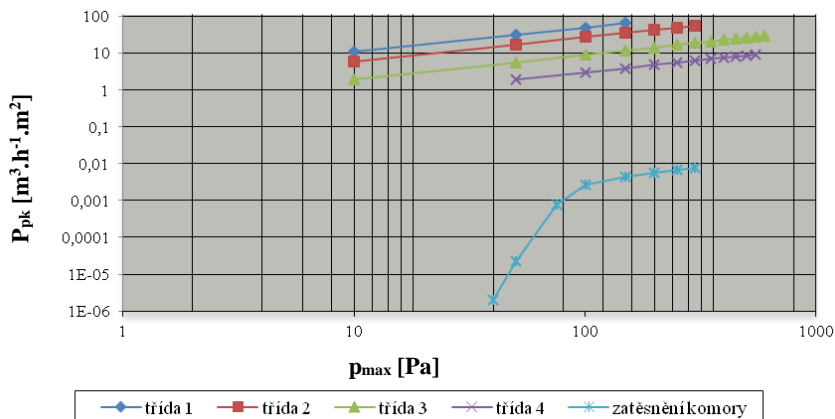
Tabulka 3

Množství vzduchu dodávaného k udržení příslušného tlaku

p [Pa]	Q_{vzduchu} [l.min ⁻¹]	P_{dsk} [m ³ .h ⁻¹ .m ⁻¹]	P_{pk} [m ³ .h ⁻¹ .m ⁻²]
300	0,4	0,0033613	0,0078431
250	0,35	0,0029411	0,0068627
200	0,295	0,0024789	0,0057843
150	0,220	0,0018487	0,0043137
100	0,134	0,0011260	0,0026274
75	0,039	0,0003277	0,0007647
50	0,011	0,0000924	0,0002156
40	< 0,0001	0,0000008	0,00000200

Hodnoty průvzdušnosti zkušební komory uvedené v tabulce č. 3 byly porovnány s hodnotami průvzdušnosti dle ČSN EN 12207, podle které se provádí zatřídění oken do příslušných tříd.

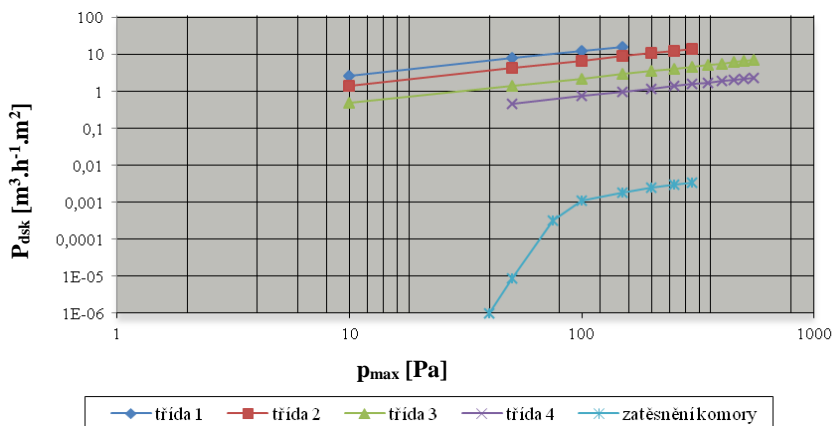
Z výsledků je patrné, že po počátečním poměrně prudkém nárůstu měřených hodnot (a to jak u průvzdušnosti vztažené na plochu, tak i na délku spáry) dochází v oblasti mezi 70 – 90 Pa (tj. při rychlosti větru v rozmezí 38,3 – 43,4 km.h⁻¹) k jeho zpomalení.



Graf 2

Průvzdušnost zkušební komory s polypropylenovou deskou - vztazeno na celkovou plochu

Vyšší tlaky (rychlosti větru) nemají na naměřenou průvzdušnost již tak dominantní vliv, spáry mezi PP deskou a testovací komorou jsou tak malé, že při těchto tlacích se spíše projevuje odpor vůči pronikání vzduchu skrz spáru, popř. dochází ke ztrátám na tlaku (rychlosti větru) uvnitř komory. Z naměřených hodnot je zřejmé, že testovací komora s ohledem na normu ČSN EN 12207 je minimálně průvzdušná (tj. dostatečně těsná), naměřené hodnoty leží hluboko pod hodnotami požadovanými touto normou pro průvzdušnost oken a dveří.



Graf 3

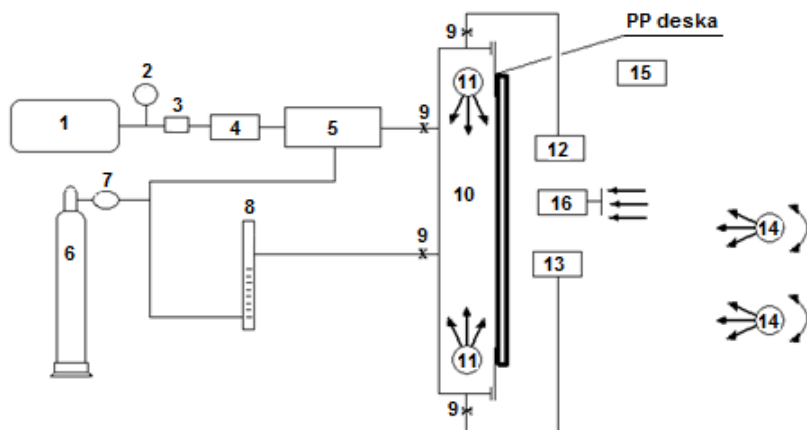
Průvzdušnost zkušební komory s polypropylenovou deskou - vztazeno na celkovou délku spáry

Měření rychlosti poklesu SF₆ ve zkušební komoře

Pro co nejpřesnější měření rychlosti průniku zkušební látky, tj. hexafluoridu sírového SF₆, je nutné znát tento parametr i u samotného zkušebního zařízení.

Vlastní zkouška spočívá v měření poklesu koncentrace SF₆ uvnitř zkušební komory za předepsaných podmínek, tj. při počáteční koncentraci SF₆ 800 ppm (± 10 ppm) a při teplotě 21 °C, pomocí infračerveného spektrofotometru MIRAN. Zkušební komora je v tomto případě osazena PP deskou.

Vzhledem k tomu, že tato metoda není pro měření těsnosti oken známa, byl pro vlastní posouzení těsnosti komory zvolen pokles o 1 ppm během 1 hodiny, tj. max. 24 ppm během 24 hodin.



- | | | |
|--|---------------------------------|--|
| 1 – zdroj stlačeného vzduchu | 2 – tlakoměr | 3 – regulační ventil |
| 4 – generátor vzduchu | 5 – SYCOS | 6 – zdroj zkušební látky SF ₆ |
| 7 – redukční ventil | 8 – rotametr | 9 – kohout |
| 10 – zkušební komora s přepážkou (PP deskou) | 11 – ventilační jednotka | |
| 12 – digitální manometr | 13 – analyzátor plynů MIRAN 1B2 | |
| 14 – stojanový otočný ventilátor | 15 – stopky | |
| 16 – fotoakustický IČ spektrometr FD 1412 | | |

Obr. 5

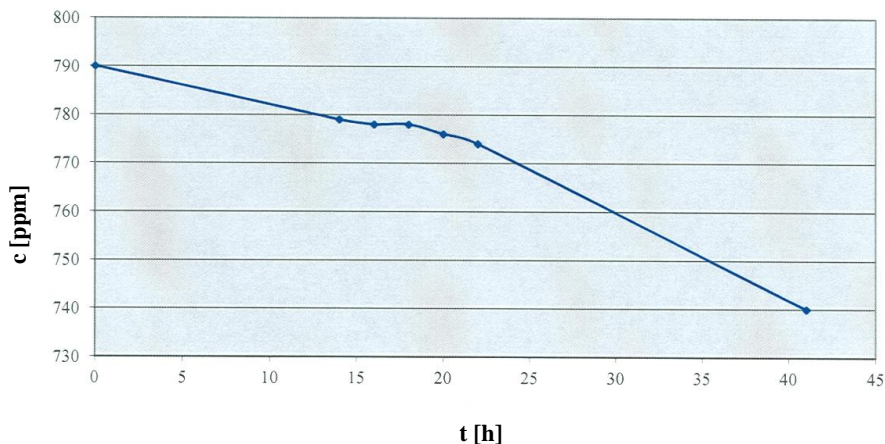
Uspořádání experimentu pro měření těsnosti zkušební komory metodou měření poklesu koncentrace testovacího média uvnitř zkušební komory – difuzí

Tabulka 4
Pokles koncentrace testovacího média uvnitř zkušební komory - difuze

t [h]	CSF₆ [ppm]
0	790
14	779
16	778
18	778
20	776
22	774
41	740

Z průběhu poklesu koncentrace hexafluoridu sírového - viz tabulka č. 4 a graf č. 4 - vyplývá, že tento úbytek je poměrně malý (toto měření sloužilo pouze pro nastavení úrovně poklesu testované látky za účelem porovnání se zatěsněnými okny, přičemž relevantní údaj v literatuře není znám). Po 41 hodinovém sledování došlo k poklesu vlivem netěsností spár pouze o 50 ppm, což odpovídá asi 6,3 % původní hodnoty koncentrace.

Z výsledků lze spočítat, že během 1 hodiny v rozmezí 0-24 hodin došlo k průměrnému poklesu koncentrace o cca 0,75 ppm. Při uvažovaném měření těsnosti okna po dobu 24 hodin tato hodnota odpovídá 18 ppm, což je méně než požadovaných 24 ppm.



Graf 4
Pokles koncentrace SF₆ v komoře s PP deskou

ZÁVĚR

Závěrem lze k uvedeným způsobům měření těsnosti zkušební komory říci, že všechny 3 způsoby měření potvrdily na základě předem zvolených nebo z literatury dostupných požadavků na těsnost dostatečnou těsnost použité zkušební komory určené pro měření těsnosti improvizovaným způsobem zatěsněných oken.

Cílem tohoto pilotního článku, který popisuje oblast improvizovaného ukrytí, bylo seznámit čtenáře časopisu „*The Science for Population Protection*“ s problematikou měření těsnosti oken, na jejímž základě byla v Institutu ochrany obyvatelstva vypracována „Metodika optimálního způsobu dotěšňování oken, dveří a dalších stavebních otvorů v improvizovaných úkrytech“⁽²⁾.

Résumé

Conclusion of the above methods of measuring tightness test chamber to say that all three confirmed methods of measurement based on pre-selected or available from the literature requirements of sufficient tightness test chamber used for measuring tightness improvised manner sealed windows.

The aim of this pilot article that describes an improvised shelter area was to inform readers of the magazine "The Science for Population Protection" with the problems of measuring tightness of windows, on the basis of which was prepared by the Population Protection Institute "Methodology an optimal method of sealing windows, doors and other building openings in improvised shelters"⁽²⁾.

Príspevek vznikl v rámci projektu "Bezpečnost občanů – krizové řízení" (VF20112015018).

Literatura

- [1] Provozní řád Experimentálního polygonu Boreček, pracoviště se zkušební komorou. Lázně Bohdaneč: MV – GŘ HZS ČR Institut ochrany obyvatelstva, 2002.
- [2] PIVOVARNÍK, Ján, Čestmír HYLÁK a Vlastimil SÝKORA. *Metodika optimálního způsobu dotěšňování oken, dveří a dalších stavebních otvorů v improvizovaných úkrytech*. Lázně Bohdaneč: MV – GŘ HZS ČR Institut ochrany obyvatelstva, 2010.