

Ing. Pavla PECHOVÁ, Ph.D.
ČVUT v Praze, Fakulta stavební,
Katedra technických zařízení
budov

Směřovaný proud hasicí látky – budoucnost stabilních hasicích zařízení?

Directed Flow of Fire Extinguishing Medium – the Future of Fixed Fire Extinguishing Systems?

Recenzent
doc. Ing. Jiří Pokorný, Ph.D., MPA

V současné době jsou rozvody stabilních hasicích zařízení (SHZ) ve střeženém prostoru zakončeny pevnými částmi (hasicími tryskami nebo hlavicemi), jejichž konstrukce je řešena pevným připojením na přívodní potrubí, bez možnosti jakéhokoliv pohybu umožňujícího směřování hasicí látky v závislosti na pozici ohniska požáru. Protože však má požár ve fázi svého rozvoje většinou lokální charakter, bylo by vhodné hasicí látku aplikovat především na ohnisko požáru a jeho bezprostřední okolí. V článku je představena požární zkouška, jejímž cílem bylo potvrdit nebo vyvrátit, zda je možné požár v počáteční fázi rozvoje, kdy má ještě lokální charakter, uhasit směrovaným proudem hasicího plynu z rozvodu SHZ. Dále bylo zjišťováno, jakým způsobem k uhašení dochází. Zkouška, provedená na zmenšeném modelu místnosti v požární zkušebně Centra stavebního inženýrství, a.s., byla zaměřena na třídu požáru C (metan) a hasicí plyn (dusík). Po vyhodnocení naměřených dat nebyla v daném případě potvrzena hypotéza, že k uhašení dojde na základě dusivého účinku hasicí látky. Na uhašení se pravděpodobně uplatnil princip odtržení plamene od hořlavé látky. Prezentované výsledky se vztahují k podmínkám uvedené konkrétní zkoušky a nelze je zevšeobecňovat.

Klíčová slova: hasicí zařízení, lokální požár, inertní plyny, zmenšený model

Fixed fire extinguishing systems (FFES) are currently terminated in secured areas by fixed parts (extinguishing nozzles or heads), whose design is based on a rigid connection to the inlet pipe without the possibility of any movement allowing directioning of the extinguishing medium according to the position of the fire. However, as the fire in its incipient phase is mostly localised, it would be appropriate to apply the extinguishing medium especially to the centre of the fire and its immediate vicinity. A fire test is presented in the paper to confirm or disprove whether a fire in an early stage of development, when it is still localised, can be extinguished by a directional flow of extinguishing gas from the FFES distribution system. It was further investigated how the extinction occurs. The test was carried out on a scaled room model in the fire testing room of the Civil Engineering Center a.s. and it was focused on fire class C (methane) and extinguishing gas (nitrogen). The hypothesis that the extinguishing occurs due to the smothering effect of the extinguishing medium was not confirmed in the given case after the evaluation of the measured data. The extinguishing was most likely caused by separation of the flame from the combustible substance. The presented results relate to the conditions of the particular test and can not be generalized.

Keywords: fire extinguishers, local fire, inert gases, scaled model

ÚVOD

Současný stav

Rozvody stabilních hasicích zařízení (SHZ) ve střeženém prostoru jsou zakončeny pevnými částmi (např. tryskami nebo hlavicemi), připojenými na přívodní potrubí, které neumožňují směřovat hasicí látku v závislosti na pozici ohniska požáru. Protože požár ve fázi svého rozvoje má lokální charakter, je účelné aplikovat hasicí látku především na ohnisko požáru a jeho bezprostřední okolí. Tím by bylo možné šetřit potřebné hasicí látky při zachování požadované úrovně požární ochrany dle vyhlášky č. 23/2008 Sb. [1], [2].

Při provedené rešerši nebylo nalezeno žádné zařízení, které by umožňovalo směřovat hasicí látku z rozvodu SHZ na ohnisko požáru. Určitou možnost představuje „Víceúčelové univerzální robotické rameno s pěti stupni volnosti s poloautomatickým a automatickým efektořem“, popsané v [3].

Konstrukce tohoto univerzálního zařízení, kde hasicí schopnost je jen jednou z funkcí celého zařízení, je značně technicky náročná, a proto pro svůj pohyb vyžaduje značný manipulační prostor a vysokou únosnost nosného systému. Pokud bychom se chtěli zaměřit na návrh nového zařízení, je třeba, aby byla nejprve potvrzena či vyvrácena možnost uhašení

požáru směrovaným proudem hasicí látky z rozvodu SHZ. Směřovaný proud hasicí látky může být představován proudem vody, pěny nebo hasicího plynu. Pro požární zkoušku byl pro svou dostupnost vybrán dusík, jako představitel inertních hasicích plynů [1].

POŽÁRNÍ ZKOUŠKA

Aby bylo možné provést požární zkoušku, bylo nutné zajistit místnost s požárem a hasicím zařízením s možností směřování hasiva. Pro tyto účely byl proto vytvořen zmenšený model místnosti a bylo sestaveno zařízení, které umožňovalo směřovat hasivo na předem určenou pozici ohniska požáru. Detekce ohniska požáru nebyla předmětem zkoušky. Požární zkouška byla zaměřena na hořlavý plyn (tj. třídu požáru C) proudící do místnosti z laboratorního Bunsenova kahanu.

Cíl

Hlavním cílem požární zkoušky bylo potvrdit nebo vyvrátit, zda je možné požár v počátcích jeho rozvoje uhasit směrovaným proudem hasicího plynu z rozvodu SHZ. Dalším cílem bylo zjistit, jakým způsobem k uhašení dochází, jestli se například potvrdí hypotéza, která předpokládá, že k uhašení dojde na základě dusivého účinku hasicí látky.

Minimální koncentrace kyslíku, v literatuře často označovaná jako MOC (odvozené z anglických slov Minimum Oxygen Concentration), je kon-

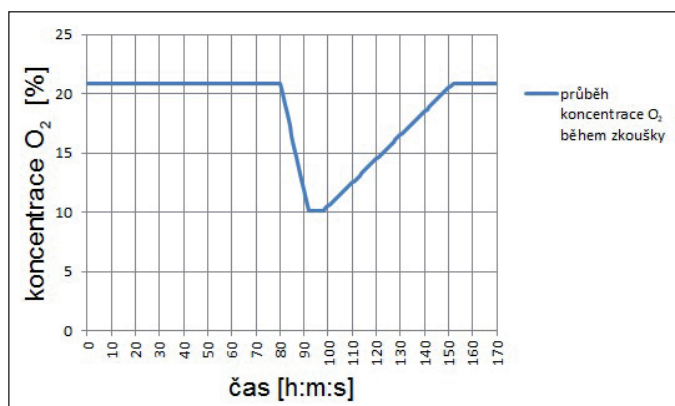

Obr. 1 Předpoklad koncentrace O₂ u ústí kahanu

Fig. 1 Estimated O₂ concentration at the burner mouth

centrace kyslíku ve vzduchu, kdy již hoření hořlavých látek neprobíhá. Pokud je množství kyslíku v prostoru při požáru sníženo pod tuto hranici, hoření již dále nemůže pokračovat a požár ustává. Kyslík v prostoru je redukován tím, že dochází k jeho vytlačování a nahrazování inertním plynem [4].

Obecně lze říci, že minimální koncentrace kyslíku musí být v prostoru snížena pod 15 % [5]. V současné době při aplikaci inertních hasicích plynů musí hasivo zaplnit celý střežený prostor tak, aby byla snížena koncentrace kyslíku v celém prostoru pod minimální koncentraci kyslíku potřebného pro hoření; tuto koncentraci je nutné udržet po stanovenou dobu (dle ČSN EN 15004-1 se jedná o dobu 10 minut) [6]. Tato norma však pracuje s prostorem jako celkem a neuvažuje směrované hašení.

Hypotéza průběhu koncentrace kyslíku

Hypotéza (předpoklad) průběhu koncentrace kyslíku u ohniska požáru během požární zkoušky je zobrazena v grafu (viz obr. 1). V čase 0 je zahájena požární zkouška. Ve 30. sekundě je spuštěn metan, ve 40. sekundě je metan zapálen, poté 40 sekund (tj. do 80 sekund po zahájení zkoušky) probíhá hoření. V 80. sekundě je zahájeno hašení, což bude mít za následek prudký pokles kyslíku. Po uhašení se koncentrace kyslíku bude pomalu dostávat do normálního stavu (povolný náběh), až bude dosaženo koncentrace kyslíku srovnatelné s okolním vzduchem (20,9 %) [4].

Hypotéza průběhu teplot

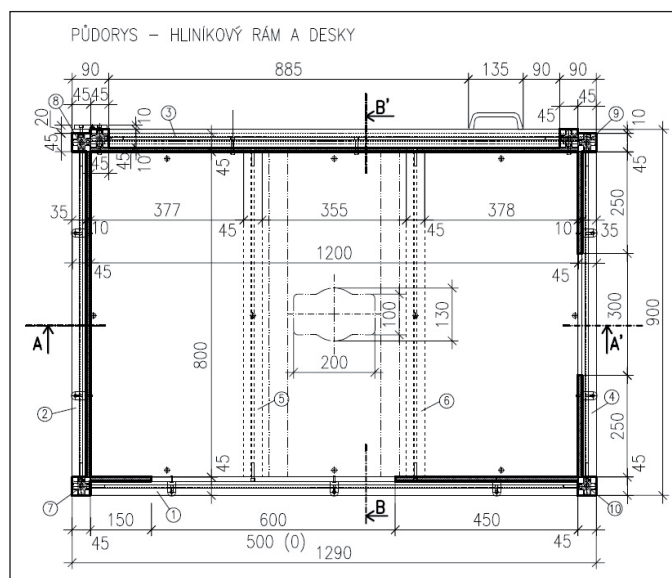
Předpoklady průběhu teplot nad plamenem jsou následující:

- ☐ termočlánek, který je nejblíže kahanu, bude vykazovat nejvyšší teploty,
- ☐ termočlánky s rostoucí vzdáleností od kahanu budou vykazovat teploty postupně klesající,
- ☐ termočlánky v rohu místnosti budou vykazovat nárůst teplot se zpožděním [4].

Konstrukce zmenšeného modelu místnosti

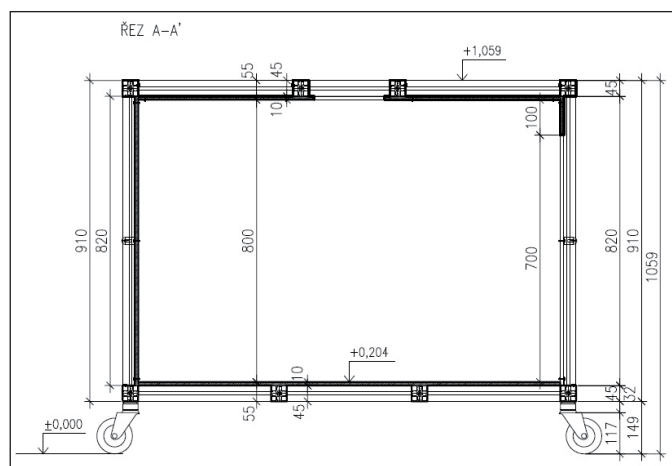
Pro účely požární zkoušky byl navržen a sestaven model místnosti o vnitřních rozměrech 1,2 × 0,8 × 0,8 m.

Rozměry místnosti nebyly zvoleny náhodně, ale odpovídají testovací místnosti využívané na tzv. Room Corner Test [7], [8], v měřítku 1:3. Na nosnou konstrukci byly použity hliníkové profily Alutec 45 × 45 mm. Profily tyčí byly k sobě navzájem přišroubovány. Hliníková konstrukce tvoří nosný rám, na který byly uchyceny stěny v podobě kalciumsilikátových desek (Promatec-H) v jednotné tloušťce 10 mm a s třídou reakce na oheň A1. Rám podlahy a stropu byl navíc opatřen dalšími 2 profily, které ztužují rám v podélném směru. U stropu tyto hliníkové profily tvoří



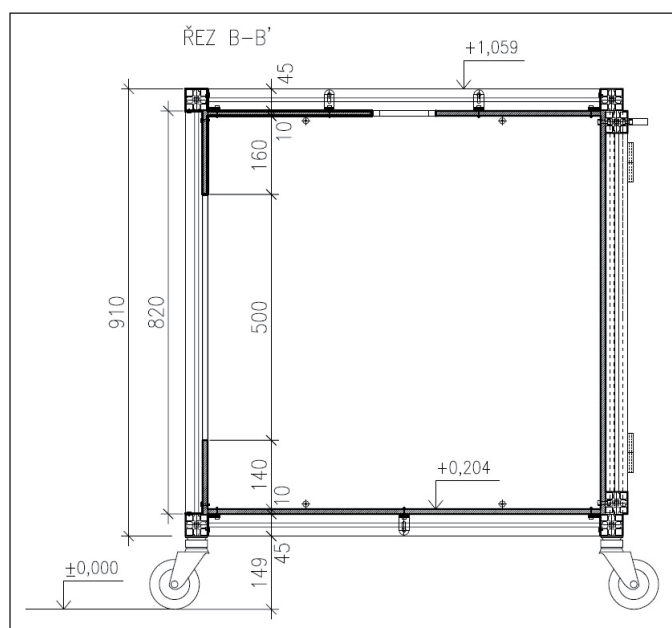
Obr. 2 Půdorys modelu místnosti

Fig. 2 Floor plan of the room model



Obr. 3 Podélný řez modelem místnosti

Fig. 3 Longitudinal section of the room model



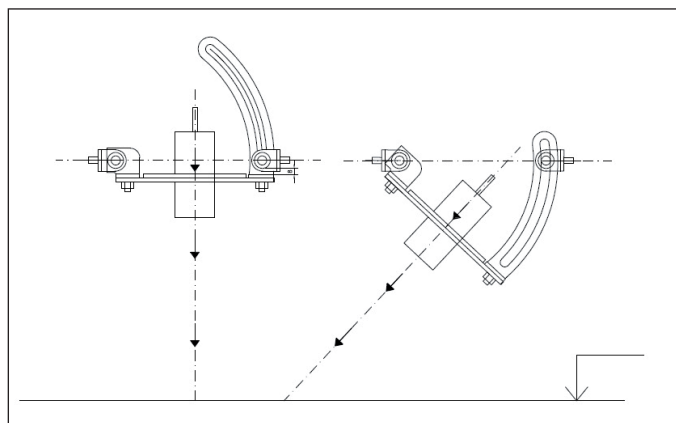
Obr. 4 Příčný řez modelem místnosti

Fig. 4 Cross section of the room model

pomocnou konstrukci, na kterou bylo uchyceno zařízení, představující směrovatelnou trysku. Na stěny bylo použito 6 desek Promatec-H. Jejich uchycení bylo provedeno šrouby a maticemi, které byly podloženy karosářskými podložkami. V jedné desce byl navržen otvor představující okno $0,6 \times 0,5$ m, ve druhé desce otvor představující dveře $0,3 \times 0,6$ m. Dveřní a okenní otvor byly ponechány bez výplně z důvodu monitorování a snímání plamenu při požární zkoušce. Pro snadnější manipulaci byl model místnosti umístěn na 4 otočná aretovatelná kolečka, která byla přišroubována k nosnému rámu modelu. Aby byl zajištěn přístup do vnitřní části modelu, byla celá zadní strana (strana bez otvoru) navržena jako otevíratelná. Na kratší straně desky byly umístěny 2 panty a z vnější strany byla deska opatřena plastovým madlem. Celková hmotnost modelu byla přibližně 80 kg. Výkresová dokumentace modelu místnosti je znázorněna na obr. 2 až 4.

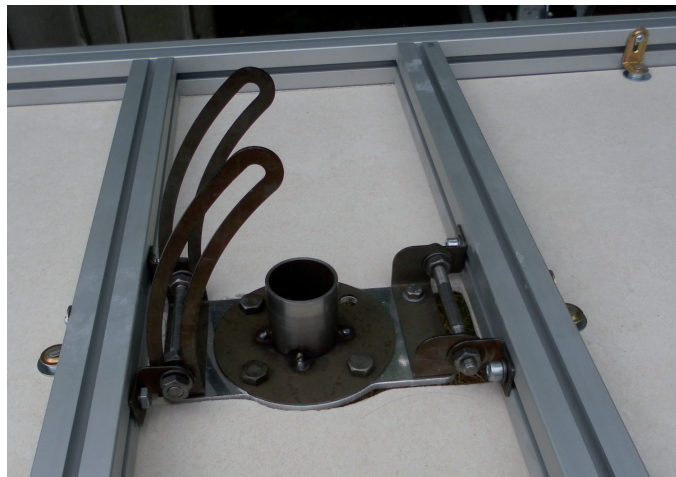
Hasicí zařízení (tryska)

Bylo navrženo a vyrobeno zařízení, tvořené trubkou s přivařenou deskou, klopné v 1 směru v rozsahu 0 až 43° , které pro účely požární zkoušky představovalo hasicí zařízení. K výztužným hliníkovým profilům v úrovni stropu bylo přišroubováno na 4 místech (v rozích desky přes ohyby dané desky). Místa uchycení, která byla přišroubována ke stejnému hliníkovému profilu, jsou vzájemně spojena závitovou tyčí. Zařízení bylo tedy opatřeno 2 závitovými tyčemi, kde jedna z nich slouží jako osa klopení. Druhou závitovou tyčí lze nastavit úhel naklopení. Schéma dvou hraničních pozic navrženého zařízení je znázorněno na obr. 5, kde šipky naznačují směr proudění hasiva. Fotografie hasicího zařízení připevněného k hliníkovému rámu viz obr. 6.



Obr. 5 Směrování hasiva

Fig. 5 Directioning of extinguishing medium



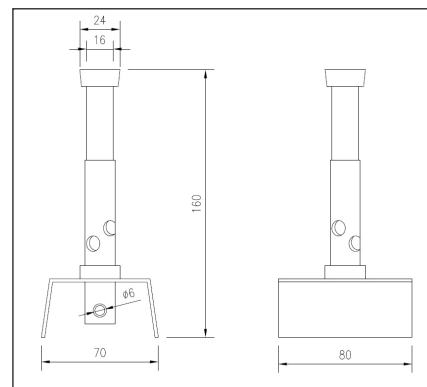
Obr. 6 Fotografie hasicího zařízení

Fig. 6 A photo of fire extinguisher

Zdroj požáru

Zdrojem požáru byl hořlavý plyn (metan), třída požáru C; hasivem hasicí plyn (dusík). Byla použita 50litrová (vodní objem) tlaková nádoba metanu o tlaku 200 barů. Tlak bylo možné redukčním ventilem regulovat v rozsahu 0 až 3 bary, čímž se také reguloval hmotnostní průtok.

Metan byl veden přes plováчковý průtokoměr k Bunsenovu kahanu, který byl umístěn na podlaze modelu. Požadovaný výkon požáru byl 1 kW, čemuž přibližně odpovídá hmotnostní průtok metanu 0,02 g/s. Průtok byl regulován manuálně. Standardní Bunsenův kahan (obr. 7) má spodní díl opatřen otočnou částí s kruhovými otvory, kterými lze regulovat množství vzduchu, s nímž se metan mísí (předmíchaná směs). Jelikož bylo požadováno, aby docházelo ke směšování metanu se vzduchem až u ústí kahanu, byla spodní otočná část zaslepena lepicí páskou.



Obr. 7 Bunsenův kahan

Fig. 7 Bunsen burner

Zdroj hašení

Pro hašení byla použita 50litrová tlaková nádoba s dusíkem třídy čistoty 4.0 a s vnitřním tlakem 200 barů. K regulaci tlaku sloužil redukční ventil pro dusík s rozsahem 0 až 16 barů. Výstupní tlak proudu dusíku byl při všech zkouškách nastaven na 2 bary. Dusík byl veden od tlakové nádoby hadicí o průřezu 6 mm až k hasicí trysce. Délka hadice byla přibližně 2 metry. Detail napojení hadice s hasicí látkou je zobrazen na obr. 8.

Sledované parametry a měřicí zařízení

Během požární zkoušky byla sledována koncentrace kyslíku u ohniska požáru, koncentrace kyslíku v rohu místnosti, teplota nad plamenem a teplota v rohu místnosti.

Měření teploty

Teplota byla měřena plášťovanými a neplášťovanými termočlánky typu K (chrom-alumel). K měření teploty nad plamenem bylo použito 5 plášťovaných termočlánků o průřezu 0,5 mm s časovou konstantou 2 sekundy (při teplotě 20°C a tlaku 1 atmosféry). Termočlánky byly umístěny do výšky 0,40 (T1); 0,45 (T2); 0,55 (T3); 0,65 (T4) a 0,73 (T5) m nad podlahou modelu. Výška prvního termočlánku (0,40 m) byla zvolena na základě výpočtu výšky plamene a výšky kahanu tak, aby se nacházel nad plamenem.



Obr. 8 Detail napojení hadice na hasicí zařízení

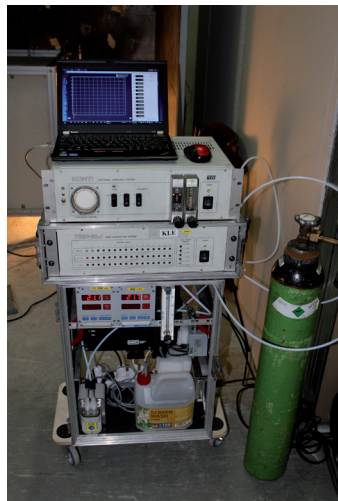
Fig. 8 Detail of the hose connection to the extinguisher

Termočlánky měřící teplotu nad plamenem byly přichyceny k pomocným drátům nataženým přes délku místnosti (do otvoru dveří byl přidán přířez desky Promatec-H, aby pomocné dráty mohly být vedeny středem místnosti). Pokaždé když došlo ke změně pozice ohniska požáru (pozice 1, 3 a 5), došlo současně k posunutí termočlánků takovým způsobem, aby byly stále nad osou uvažovaného ohniska. K měření teploty v rohu místnosti byly použity termočlánky neplášťované o průřezu 1 mm s časovou konstantou 2,5 sekundy (při teplotě 20 °C a tlaku 1 atmosféry). Byly umístěny po výšce místnosti po 0,1 m a ve vzdálenosti 0,2 m od obou stěn.

K záznamu dat byly použity 2 ústředny. Jedna ústředna prováděla záznam do paměti (Comet MS3+), druhá (Omega) ukládala data přímo do počítače [4].

Měření koncentrace kyslíku

Během zkoušek byla sledována koncentrace kyslíku v blízkosti ústí Bunsenova kahanu a v jednom rohu místnosti. V blízkosti kahanu byl použit paramagnetický analyzátor kyslíku Fisher Rosemount Oxynos 100P, založený na principu magnetické susceptibility (chování kyslíku ve vnějším magnetickém poli). U simulovaného ohniska požáru byla umístěna nasávací sonda, která čerpadlem nasála zkoušený vzorek vzduchu, jenž se v chladničce zbavil vody a poté putoval dále do analyzátoru. K regulaci průtoku byl použit rotametr Krohne DK47, na kterém byl nastaven průtok na 1 NI/min.



Obr. 9 Sestava pro měření kyslíku

Fig. 9 Oxygen measurement kit

Použitá metoda umožňovala měřit koncentraci kyslíku v rozsahu od 0 do 21 % s frekvencí snímání $1 \times$ za sekundu. Pro přenos byla použita datová sběrnice TESO TRM 16J s přesností A/D převodu 0,02 % a zpracováním signálu 4 až 20 mA. Data byla zpracována softwarem TESO WDat 3.23.

Koncentrace kyslíku v rohu místnosti byla sledována analyzátozem spalín Testo 330-2, jehož sonda byla umístěna na kovový stojan ve výšce 0,7 m nad podlahou modelu. Použitý analyzátor spalín využívá elektrochemický senzor.

Podmínky při měření

Zkouška probíhala v požárně technické laboratoři v Centru stavebního inženýrství (CSI a.s.) v Praze Hostivaři. Místnost této laboratoře byla čerstvě po rekonstrukci a během požární zkoušky probíhaly ještě dokončovací práce. Model místnosti byl v laboratoři umístěn do prostoru ohraničeného nehořlavými (kovovými) stěnami, nahoře zakrytého zvonem s odtahem (obr. 10). Během zkoušek nebyl odtah spuštěn, aby nedocházelo k ovlivnění výsledků experimentů. Požární zkouška proběhla v září (14. 9. 2015), a tomu také odpovídaly podmínky při měření. Pří-



Obr. 10 Umístění modelu místnosti v laboratoři CSI, a.s.

Fig. 10 Location of the modelled room in the CSI laboratory, a.s.

strojem Testo 400 byla v požární zkušebně (v 10 hodin ráno) naměřena teplota 22 °C a vlhkost 52 %.

Přehled použitých přístrojů

K záznamu provedených zkoušek byly použity přístroje uvedené v tab. 1.

Tab. 1 Přehled použitých přístrojů

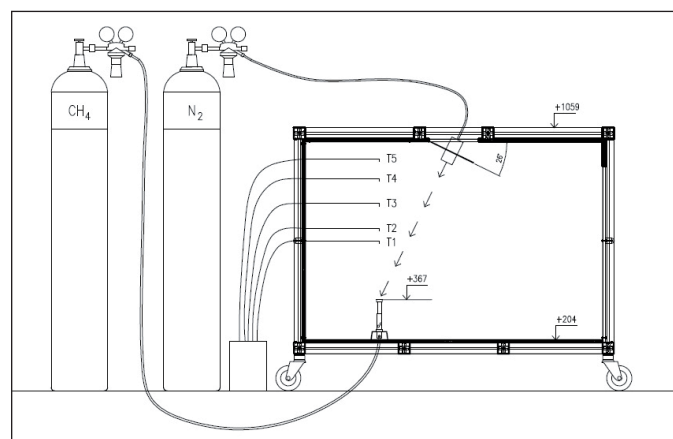
Tab. 1 Overview of the used devices

Označení přístroje	Měřená veličina/funkce
Paramagnetický analyzátor kyslíku Fisher Rosemount Oxynos 100P	koncentrace kyslíku
Analýzátor spalín Testo 330	koncentrace kyslíku
Termočlánky typu „K“ (5 ks plášťovaných, 9 ks neplášťovaných)	teplota
Analýzátor Testo 400	teplota/vlhkost/rychlost proudění dusíku
Ústředna Omega	záznam teploty
Ústředna Comet MS3+	záznam teploty
Go Pro kamery (2 ks)	videozáznam chování plamene
Rychlokamera MotionPro Redlake	videozáznam chování plamene
Rychlokamera IDT NX3-S3	videozáznam chování plamene

Požární scénář

Požární scénář požárních zkoušek: po zapálení se metan nechal 40 sekund volně hořet, poté bylo zahájeno hašení.

Pro testování hašení směrovaným proudem hasicího plynu byly pro zkoušku s kahanem zvoleny 3 pozice v podélné ose podlahové plochy modelové místnosti. První pozice (označena číslem 1) byla přímo pod hasicí tryskou a nevyžadovala naklopení hasicího zařízení, druhá pozice (označena 3) vyžadovala naklopení o 26° (obr. 11) a třetí pozice (označena 5) naklopení o 43°. Tlak hasicího plynu byl u všech třech představených zkoušek nastaven na 2 bary (označeno písmenem A).



Obr. 11 Uspořádání zkoušky v pozici 3

Fig. 11 Test arrangement in position 3

VYHODNOCENÍ POŽÁRNÍCH ZKOUŠEK

Teplota nad plamenem a koncentrace kyslíku

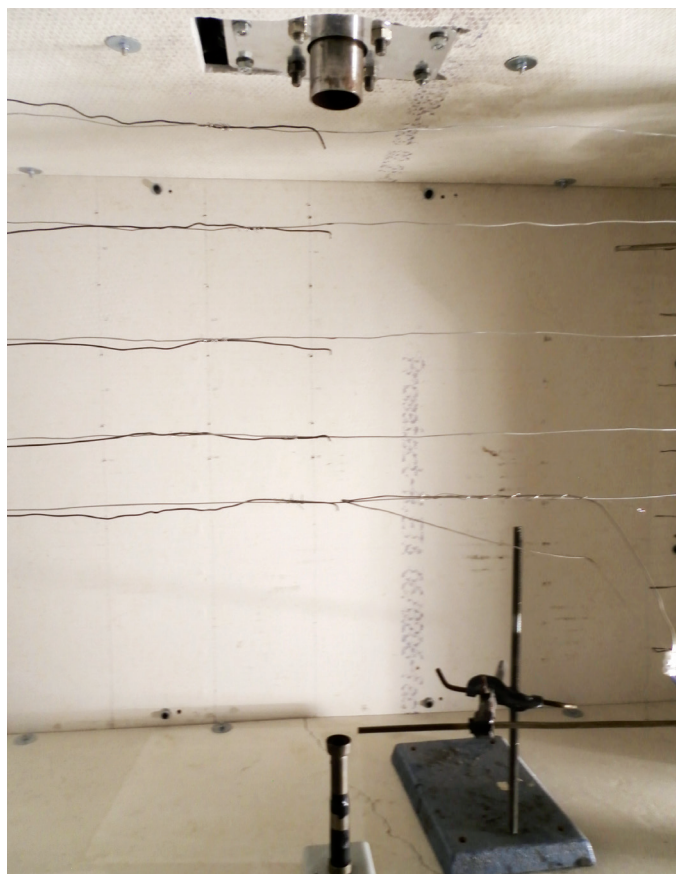
Pro jednotlivé požární zkoušky jsou na grafech (obr. 14, 16 a 18) uvedeny průběhy teplot z 5 termočlánků umístěných nad plamenem a oba průběhy koncentrací kyslíku. Průběhy jsou vyneseny do společného grafu,

aby bylo možné vyhodnotit hašení jako závislost snižování teploty nad plamenem a snižování koncentrace kyslíku. Navíc je u každého grafu vyznačen svislou zelenou čarou začátek hašení.

Zkouška 1A

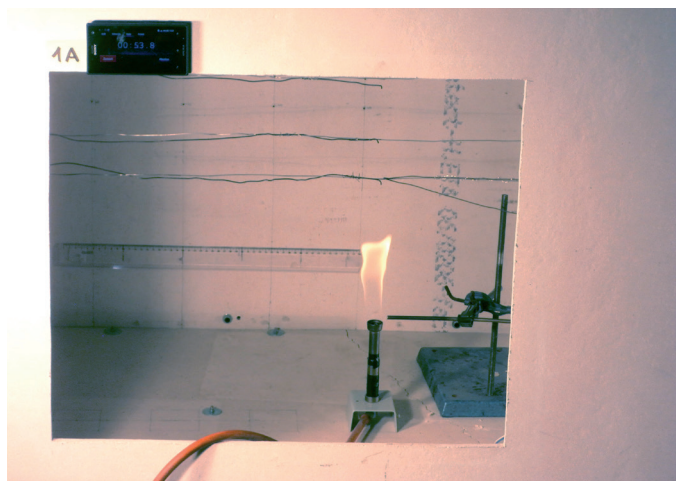
Na grafu (obr. 14) jsou znázorněny teploty nad plamenem a změny koncentrace kyslíku. Graf začíná ve 40. sekundě, kdy došlo k zapálení metanu.

Pokud se zaměříme na průběhy teplot, můžeme říci, že během prvních 10 sekund dochází k významnému nárůstu teploty, který se výrazně projevuje především u termočlánku T1 (termočlánek nejbližší plamenu), kdy se teplota zvýší o 30 °C.



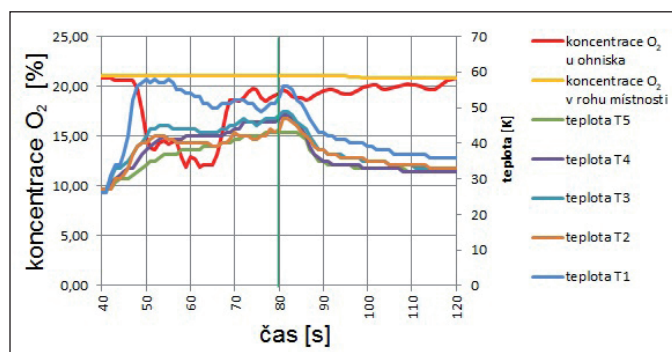
Obr. 12 Fotografie uspořádání zkoušky v pozici 1

Fig. 12 A photo of test arrangement in position 1



Obr. 13 Fotografie během zkoušky 1A

Fig. 13 A photo during test 1A



Obr. 14 Průběh koncentrací kyslíku a teplot nad plamenem při zkoušce 1A

Fig. 14 Oxygen concentration and flame temperature courses during test 1A

U zkoušky 1A je v prvních 15 sekundách dosaženo naměřeného maxima, tj. teploty 58 °C, nicméně poté dochází k poklesu. Je to nejspíše způsobeno vychýlením plamene (vlivem výměny plynů přes dveřní a okenní otvor) a termočlánek tak neměří teplotu nad plamenem, ale v jeho okolí. Teploty z termočlánků výše nad plamenem mají relativně stabilní průběh. Zde je zajímavé si povšimnout, že teploty z termočlánku T2 jsou nižší než teploty z termočlánku T3, a v některých okamžicích dokonce než teploty z termočlánku T4, což je důkaz toho, že během zkoušky docházelo k vychýlování plamene.

Po 40 sekundách od zapálení je zahájeno hašení. Na grafu je patrný nejprve mírný nárůst teploty a poté se zpožděním přibližně 2 až 3 sekundy snižování teploty. V tomto čase je skryta doba potřebná k dopravení dusíku do modelu, resp. ke kahanu, a doba potřebná k reakci termočlánku.

Nyní se zaměříme na koncentraci kyslíku. Jak je vidět z grafů, lze vysledovat jistou závislost mezi koncentrací kyslíku u kahanu a teplotou. Po zapálení metanu teplota nad kahanem rostla a koncentrace kyslíku se snižovala. Z toho lze vyvodit, že sonda pro měření kyslíku byla umístěna v blízkosti plamene nebo v zóně plamene. Množství kyslíku tak bylo snižováno plynými produkty hoření. Po zahájení hašení se koncentrace kyslíku snižovala se zpožděním 2 až 3 sekund, obdobně jako u teploty, poté kolísala a rostla. Z průběhu koncentrace kyslíku je vidět, že koncentrace při hašení byla příliš vysoká (kolem 18 až 20 %) na to, aby bylo dosaženo uhašení dusivým účinkem. Nicméně sonda pro měření koncentrace kyslíku byla umístěna v jednom konkrétním bodě u ústí kahanu, a tak v ostatním prostoru mohla být koncentrace odlišná. K uhašení došlo, ale pravděpodobně zde zafungoval jiný účinek, a to odtržení plamene. Na průběhu koncentrace kyslíku v rohu místnosti se ani hoření, ani hašení neprojevovalo [4].



Obr. 15 Vychýlení plamene během zkoušky 1A

Fig. 15 Flame deflection during test 1A

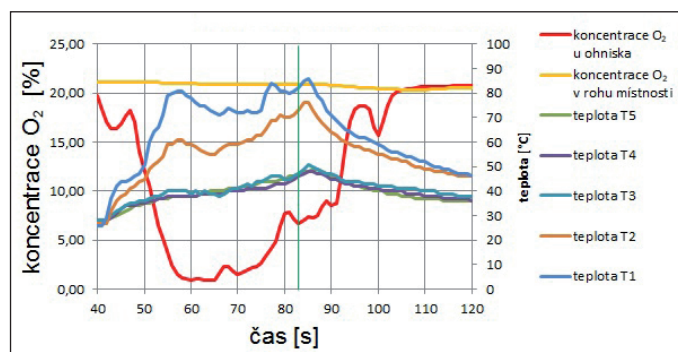
Zkouška 3A

U druhé zkoušky byl Bunsenův kahan umístěn do takové pozice, že hasící trysku bylo nutné naklopit o úhel 26°.

Pozice 3 se nachází ve čtvrtině délky modelu přímo proti okennímu otvoru. To pravděpodobně způsobilo větší intenzitu výměny plynů a nasávání čerstvého vzduchu u ústí kahanu. Během zkoušky 3A byla termočlánkem T1 naměřena výrazně vyšší maximální teplota (85 °C) než u zkoušky 1A (58 °C), jak je znázorněno na obr. 16. U této zkoušky je zajímavé, že teploty termočlánků vzdálenějších od plamene vykazují téměř totožné hodnoty (termočlánky T3, T4 a T5).

Také na těchto grafech je vidět souvislost snižování koncentrace kyslíku se zvyšováním teploty. Po zapálení koncentrace kyslíku klesá, protože kyslík v oblasti, kde je umístěna sonda, je nahrazován plynnými produkty hoření. Poté, co dojde k ustálení, příp. vychýlení plamene a odklonu plyných produktů hoření od místa, kde je sonda, je zaznamenán nárůst koncentrace kyslíku. Opět ale zaznamenané koncentrace kyslíku poskytují informace pouze o průběhu v konkrétním bodě v blízkosti ústí kahanu.

U této zkoušky byla při hašení měřena koncentrace kyslíku ve zvoleném bodě pod hranicí potřebnou pro hoření, nicméně z průběhu znázorněného na obr. 16 vyplývá, že koncentrace v tomto bodě byla v době hoření i hlouběji pod touto hranicí. Z toho lze vyvodit, že dusivý efekt pravděpodobně nebyl tím, co plamen uhasilo, nýbrž zde opět pravděpodobně zapůsobil efekt odtržení plamene. Ani v tomto případě není vliv hašení na průběh koncentrace kyslíku v rohu místnosti výrazně znatelný.



Obr. 16 Průběh koncentrací kyslíku a teplot nad plamenem při zkoušce 3A

Fig. 16 Oxygen concentration and flame temperature courses during test 3A

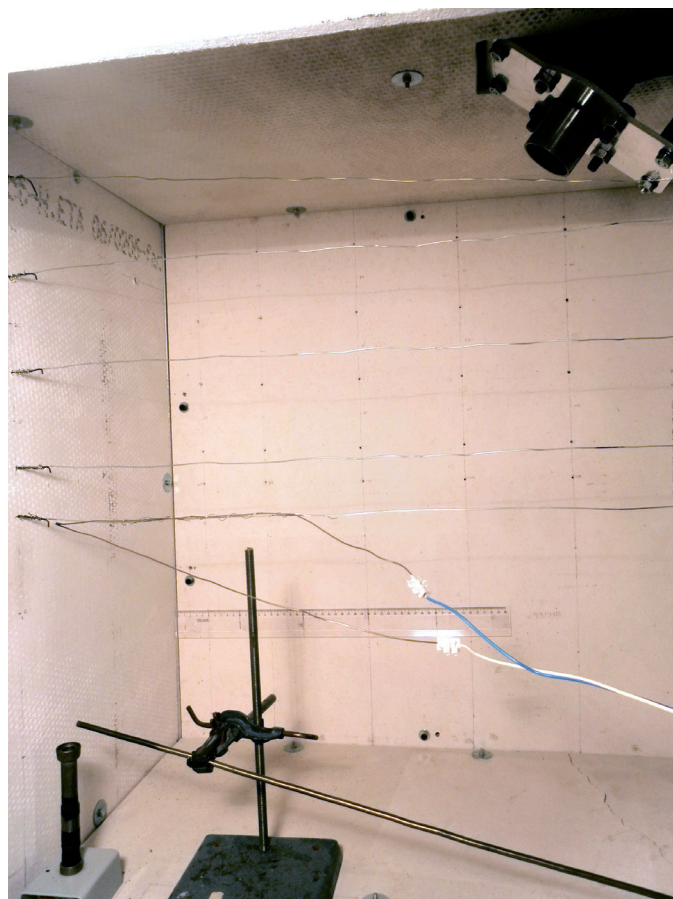
Zkouška 5A

Stejně jako v předchozích případech byl použit Bunsenův kahan, jenž byl umístěn do pozice 5, která se nacházela v bezprostřední blízkosti stěny (obr. 17). Hasící zařízení (hasící trysku) bylo nutné naklopit o úhel 43°.

Jak vyplývá z průběhu teplot u této zkoušky (obr. 18), termočlánky nad plamenem vykazovaly výrazně vyšší hodnoty (maximální teploty z termočlánku T1 se pohybují až do 280 °C) než u zkoušky v pozici 1, kde teplota z termočlánku T1 dosahovala maximálně 58 °C, a u zkoušky v pozici 3, kde teplota z termočlánku T1 dosahovala 85 °C. Je to způsobeno blízkostí stěny, plamen se protáhne a přilne ke stěně (viz obr. 19 a 20), což ovlivňuje naměřenou teplotu. Také zde hraje vliv větší vzdálenost od otevřených otvorů, výměna plynů nemá tak intenzivní vliv.

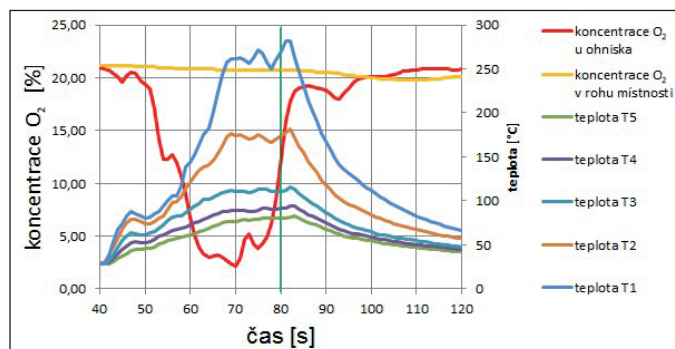
Teploty nad plamenem, které jsou zobrazeny u této zkoušky, jsou rozvrstveny dle hypotézy. Podobný průběh, tedy že termočlánek nejbližší kahanu bude vykazovat nejvyšší teploty a s rostoucí vzdáleností od kahanu budou termočlánky vykazovat teploty nižší, byl předpokládán u všech zkoušek.

Koncentrace kyslíku v měřeném bodě během hoření (během prvních 20 až 25 sekund) klesá pod 5 %, pak se po dobu 15 až 25 sekund pohy-



Obr. 17 Uspořádání zkoušky v pozici 5

Fig. 17 Test arrangement in position 5



Obr. 18 Průběh koncentrací kyslíku a teplot nad plamenem při zkoušce 5A

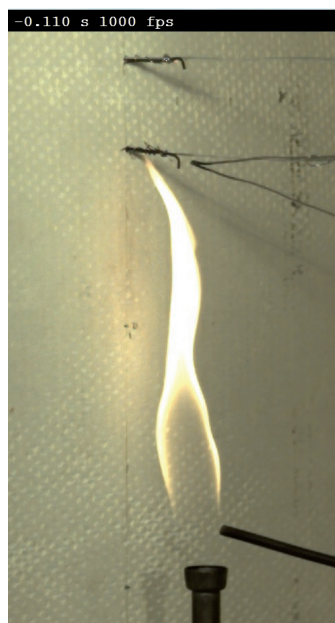
Fig. 18 Oxygen concentration and flame temperature courses during test 5A

buje kolem této hranice a poté roste. Ani zde není efekt hašení dusivým účinkem viditelný, opět pravděpodobně zapůsobil odtržení plamene.

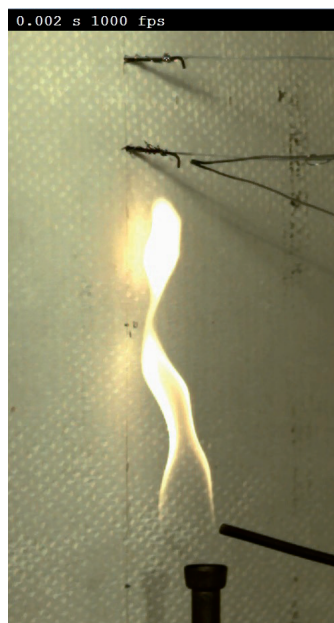
U všech uvedených zkoušek s Bunsenovým kahanem (1A, 3A, 5A) se do 10. sekundy objeví méně či více výrazná stagnace (příp. mírný pokles) teploty, znatelná především u teploty z termočlánku T1, která trvá od 1 do 4 sekund. Zřejmě se jedná o vlastnost, která je dána uspořádáním a organizací zkoušky. Může se například jednat o dobu potřebnou k ohřátí hrdla kahanu, po jehož dosažení teplota nad plamenem nadále roste.

Porovnání provedených zkoušek

Jak bylo ukázáno, průběhy teplot nad plamenem jsou velmi citlivé na okolní prostředí, které ovlivňuje dynamiku hoření. Vlivem nerovnoměrného proudění vzduchu, způsobeného simulovaným požárem a



Obr. 19 Protážení plamene
Fig. 19 Flame stretch



Obr. 20 Přilnutí plamene ke stěně
Fig. 20 Flame attachment to the wall

výměnou plynů přes okenní a dveřní otvor, mohlo docházet k vychýlení plamene, a tím byla teplota naměřená termočládky ovlivněna (pokud došlo k vychýlení plamene, nebyla měřena maximální teplota nad plamenem). Také vliv uspořádání zkoušky (pozice proti okennímu otvoru, přítomnost dveřního otvoru, pozice v blízkosti stěny) a vliv použitých zařízení (kovová sonda pro měření koncentrace kyslíku mohla odebírat teplo plamenu) hrají významnou roli. Nejvyšších teplot zaznamenaných z termočládku T1 (termočlánek T1 byl umístěn nejbližší nad ohniskem požáru) bylo dosaženo u zkoušky 5A, kde se Bunsenův kahan nacházel v těsné blízkosti stěny a plamen tak přilnul ke stěně a dosahoval vyšších výšek.

Při porovnání teplot nad plamenem a teplot v rohu místnosti je během fáze hoření vidět pomalý nárůst teploty také v rohu místnosti, čímž se potvrdil předpoklad. Jelikož se termočládky v rohu místnosti nacházely také v blízkosti dveřního otvoru, mohly být ochlazovány vzduchem proudícím přes dveřní otvor do modelu místnosti.

V tab. 2 je uveden přehled všech zkoušek s uvedenými časy, po které probíhalo hoření, a časy potřebnými k uhašení. Při vyhodnocování bylo zjištěno, že začátek hašení, resp. čas, po který probíhalo hoření, byl u zkoušky 3A oproti plánu posunut o 3 sekundy. Tato odchylka v zahájení hašení byla způsobena manuálním vypouštěním hasiva.

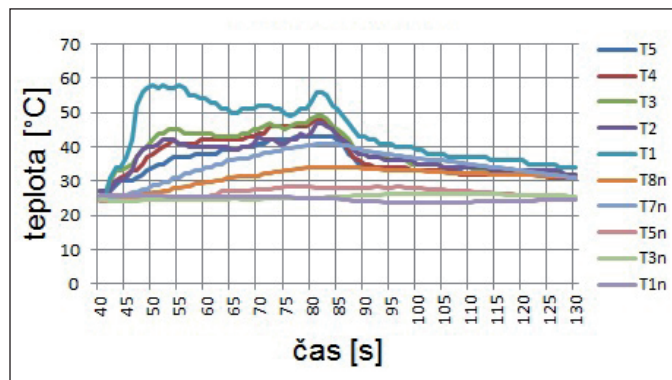
Tab. 2 Přehled časů potřebných k uhašení

Tab. 2 Summary of extinguishing times

Označení zkoušky	Použitý tlak [bar]	Úhel naklonění trysky [°]	Čas hoření [s]	Čas hašení [s]
1A	2	0	40	0,5
3A	2	26	43	0,9
5A	2	43	40	1,2

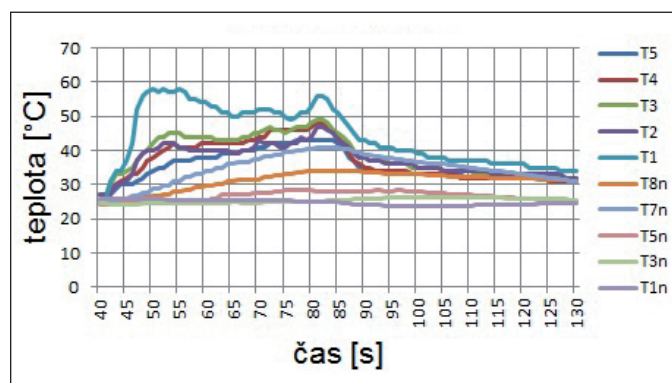
Teplota nad plamenem a teplota v rohu místnosti

Na grafech (obr. 21 až 23) je uvedeno vzájemné porovnání průběhů teplot nad plamenem a teplot v rohu místnosti. K měření teplot nad plamenem byly použity plášťované termočládky (označené v grafech



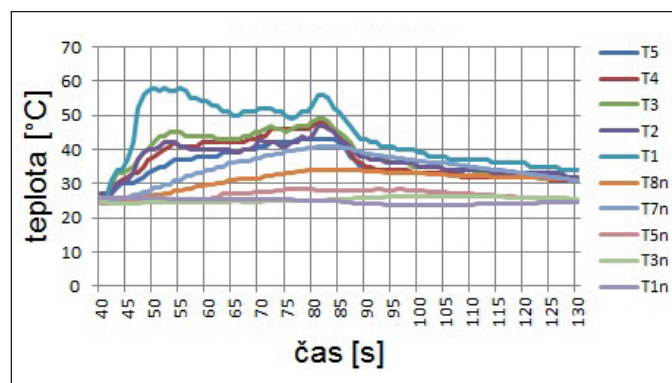
Obr. 21 Porovnání průběhů teplot při zkoušce 1A

Fig. 21 Comparison of temperature patterns during test 1A



Obr. 22 Porovnání průběhů teplot při zkoušce 3A

Fig. 22 Comparison of temperature patterns during test 3A



Obr. 23 Porovnání průběhů teplot při zkoušce 5A

Fig. 23 Comparison of temperature patterns during test 5A

písmenem T a příslušným číslem), k měření teploty v rohu místnosti termočládky neplášťované (označené stejně jako plášťované, ale navíc doplněné o písmeno n). Grafy potvrzují předpoklad, že průběh teplot v rohu místnosti bude vykazovat pozvolný nárůst teplot se zpožděním oproti teplotám nad plamenem (během hoření) a pozvolný pokles teplot oproti teplotám nad plamenem (během hašení). Maximální teplota v rohu místnosti byla naměřena termočládkem T7n, který byl umístěn ve výšce 70 mm nad podlahou modelu místnosti. Byla naměřena v 85. sekundě (u zkoušky 1A a 5A) a v 87. sekundě (u zkoušky 3A) a dosahovala maximálně 40 °C. Termočládky T8n a T7n naměřily průběhy teplot, které se ve svém maximu lišily maximálně o 6 °C. Termočládky T5n, T3n a T1n vykazovaly během zkoušek téměř shodné průběhy teplot.

ZÁVĚR

V článku byly představeny požární zkoušky, které měly za cíl potvrdit či vyvrátit možnost hašení požáru směrovaným proudem hasicí látky. Na zmenšeném modelu místnosti byly představeny 3 požární zkoušky. U každé zkoušky se změnila pozice ohniska požáru a sklon hasicí trysky, kterou proudil hasicí plyn (dusík) do modelu místnosti. Ohnisko požáru bylo reprezentováno Bunsenovým kahanem, kterým do modelu místnosti proudil metan a který byl ve stanoveném čase zapálen. Lze konstatovat, že u všech prezentovaných požárních zkoušek k uhašení požáru směrovaným proudem hasiva z rozvodu SHZ došlo. Oproti původnímu předpokladu nebylo hlavním hasicím účinkem snížení koncentrace kyslíku u ústí kahanu, ale pravděpodobně odtržení plamene od kahanu. Nicméně je nutné brát v úvahu, že se jednalo o laboratorní zkoušky, kde koncentrace kyslíku byla měřena lokálně, tj. v jednom bodě, a tedy umístění sondy hrálo významnou roli. Prezentované průběhy koncentrací kyslíku u všech zkoušek jsou tedy platné pouze pro tento konkrétní bod, ve kterém byly měřeny, a pro konkrétní uspořádání zkoušky, ale neposkytují detailní popis úrovně koncentrace kyslíku kolem celého ústí kahanu. Proto je zde uvedeno odtržení plamene pouze jako pravděpodobný princip uhašení. Kdybychom princip uhašení chtěli určit s větší mírou jistoty, museli bychom mít k dispozici detailnější popis prostoru kolem ústí kahanu. Podíváme-li se na princip odtržení plamene obecně, platí, že pokud budeme mít dostatečně malé ohnisko požáru a dostatečně velký tlak hasiva, k odtržení plamene dojde vždy. Také volba hořlavé a hasicí látky hraje významnou roli. Ve výše uvedených zkouškách byl použit jako hasicí plyn dusík. Dusík byl vybrán z hlediska dostupnosti, nicméně jeho hustota je blízká vzduchu ($\rho_{\text{dusíku}} = 1,234 \text{ kg/m}^3$), proto při použití jiných plynných hasiv s větší hustotou by měl být efekt na uhašení výraznější (např. hasivo Novec 1230 má hustotu odpovídající přibližně jedenáctinásobku hustoty vzduchu).

Představené požární zkoušky se zaměřily na uhašení požáru v laboratorních podmínkách, ale u skutečných požárů je riziko opětovného vznícení.

Další výzkum bude zaměřen především na jiné třídy požárů, na problematiku opětovného vznícení a také na využití jiných hasicích látek, zejména na vodní bázi.

Kontakt na autora: pavla.pechova@fsv.cvut.cz

Poděkování: Tento článek vychází z výzkumu grantu SGS15/014/OHK1/1T/11 Českého vysokého učení technického v Praze.

Použité zdroje:

- [1] PECHOVÁ, P., GARLÍK, B., JANDA, M., HOUF, Z., HLINOVSKÝ, V. *Pohyblivá náklápecí hasicí tryska*. ČVUT v Praze. Česká republika. Užité vzor, CZ 30396. 28.2.2017.
- [2] Ministerstvo vnitra ČR. 2008. Vyhláška č. 23 ze dne 29. ledna 2008, o technických podmínkách požární ochrany staveb. Česká republika: Sbírka zákonů České republiky, 2008, částka 10, p. 478–506.
- [3] FITE, a.s. a Moravský výzkum, s.r.o. *Víceúčelové univerzální robotické rameno s pěti stupni volnosti, s poloautomatickým a automatickým efektem*. Vynálezci: BARTOŠ, P., MRŮZEK, P. a P. HALADOVÁ. Česká republika. Patentový spis, CZ 2012–846. 4. 6. 2014.
- [4] PECHOVÁ, P. *Požárně bezpečnostní zařízení a inteligentní budovy*. Praha, 2016. Dizertační práce. ČVUT v Praze.
- [5] JANČA, R. *Moderní stabilní hasicí zařízení v České republice*. Zlín, 2013. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati
- [6] ČSN EN 15004. Stabilní hasicí zařízení – Plynová hasicí zařízení – Část 1: Návrh, instalace a údržba. Praha: ÚNMZ, 2009-02-01.
- [7] ISO 9750-1. Reaction to fire tests – Room corner test for wall and ceiling lining products – Part 1: Test method for a small room configuration. Geneva: International Organization for Standardization, 2016-02-01.
- [8] RISE – Research Institutes of Sweden. *Information about Room Corner Test* [online]. Dostupné z: https://www.sp.se/en/index/services/firetest_building/firetest_bu%C3%ADding/ISO_9705_Room_corner_test/Sidor/default.aspx

systemair.cz/geniox

Když vše dokonale pasuje

Přesně to se stalo, když jsme vytvořili Geniox – další generaci vzduchotechnických jednotek s množstvím inovativních řešení a vynikajícím návrhovým programem. Jinými slovy, přizpůsobit nejlepší možné řešení větrání přesně dle Vašich požadavků je nyní snazší než kdykoliv předtím. Jednodušší pro projektanta, jednodušší pro montážní firmu, jednodušší pro provozní technika a jednodušší pro Vás. Geniox je prostě nejrozmumnější cesta ke špičkové kvalitě vnitřního vzduchu.

Proto jsme přesvědčeni, že i Vám bude **pasovat...**

 **systemair**
www.systemair.cz



geniox