

VYUŽITIE METÓDY CHARAKTERISTÍK VARIABILITY A ÚROVNE V PRAXI

Diana KOMENDÁTOVÁ - Jana MÜLLEROVÁ

UTILIZATION OF THE METHOD OF VARIABILITY AND LEVEL CHARACTERISTICS IN PRACTICE



ABSTRAKT

Príspevok sa zaoberá vývojom teplôt pri požiari v zmenšenom modeli izby pri rovnomernom rozmiestnení palivových balíkov na dne simulovanej miestnosti reprezentovanej boxom s dvomi otvormi. Teploty v jednotlivých sledovaných vrstvách sú merané za pomoci termočlánkov. Pozorovanie horenia v jednotlivých horizontálnych ako aj vertikálnych vrstvách dospelo k prekvapivému záveru pri horení v prízemnej vrstve, kde došlo k prevráteniu hodnôt zadnej a prednej vrstvy vo fáze plne rozvinutého požiariu. Základom porovnania správania sa požiariu bolo posudzované na základe najvyššej nameranej teploty na každom z deviatich použitých termočlánkov. Na základe týchto hodnôt boli vyslovené závery o správaní sa požiariu balíkov zo smrekového dreva.

Kľúčové slová:

Model v zmenšenej mierke, teplota, termočlánok, vrstva.

ABSTRACT

The paper deals with the development of temperature during fire in the small-scale room model with a uniform distribution of fuel packages on the bottom of simulated room represented by a box with two openings. Temperatures in the individual monitored layers are measured by thermocouples. The observation of the burning in individual horizontal and vertical layers resulted in a surprising conclusion when burning in the ground layer, while the values of the rear and front layers in the fully developed fire stage were reversed. The comparison of the fire behaviour was based on the highest temperature measured on each of the nine thermocouples used. The conclusions were made on the basis of these values measured on fire of the spruce fire packages.

Keywords:

Small-scale model, temperature, thermocouple, layer.

1 ÚVOD

Úvodná časť článku objasňuje rozbor problematiky vnútorného požiariu a popisuje základné javy, ktoré sú so vznikom a jeho priebehom spojené. Teoreticky je popísaná každá fáza požiariu od počiatočnej až po útlmovú fázu. V praktickej časti je popísané a graficky znázornené rozmiestnenie termočlánkov. Následne je znázornený priebeh požiariu v každej vrstve na základe teploty a času. V závere sú tieto vrstvy porovnané a na základe najvyššej teploty každej z nich vyvedené aj závery.

Samotný experiment bol realizovaný na modeli 100x100x100cm, ktorý reprezentoval štvornásobne zmenšený model miestnosti. V kovovej klietke obloženej dvomi vrstvami sadrokartónu, čo zodpovedá tepelnoizolačným vlastnostiam muriva o hrúbke 40cm boli rozmiestnené palivové balíky z hranolov

smrekového dreva a medzi nimi v uličkách bola rozmiestnená drevitá slama, ktorá slúžila na iniciáciu požiaru pomocou zapaľovača a benzínového tuhého rozpaľovača. Popis zásad zmenšovania uvádza Karlsson [1]. Samotnú konštrukciu modelu v zmenšenej mierke realizovala Vrábľová [2]:

2 JAVY VZNIKAJÚCE PRI POŽIARI V UZAVRETEM PRIESTORE

Pri požari v uzavretom priestore je možný rozvoj mnohými rôznymi spôsobmi, ktorý úzko súvisí s [3]:

- geometriou priestoru,
- vetraním,
- typom paliva a častíc,
- plochy povrchu.

Počas vývoja typického požiaru v uzavretom priestore vznikajú javy, ktoré sú so vznikom požiaru v uzavretom priestore typické. Medzi takéto javy patria [3]:

Iniciácia: po zapálení nastáva vzrast ohňa a produkovanie čoraz väčšieho množstva energie, vznikajúcej hlavne kvôli šíreniu plameňa. V počiatočných fázach nemá uzavretý priestor žiadny vplyv na požiar, ktorý je neskôr regulovaný palivom. Popri uvoľnenej energii tu vzniká množstvo toxických a netoxických plynov a tuhých látok [3].

Dym: prúd plynov stúpajúcich nahor, vrátane plameňa, sa označuje pojmom - požiarne dym. Horúce plyny sú obklopené studenými plynmi a teplejšia, redšia hmota stúpa nahor kvôli rozdielu hustoty alebo aj vzlaku, ktorý tam vznikol. Pri zvyšovaní množstva horúcich plynov, studený vzduch sa dostáva do oblaku dymu. Takáto zmes produktov spaľovania a vzduchu zasiahne strop požiarneho priestoru a zapríčini vytvorenie vrstvy horúcich plynov. Iba malá časť hmoty, zasahujúcej až po strop, pochádza z paliva, najväčšia časť tejto hmotnosti pochádza zo studeného vzduchu, ktorá vstupuje do dymu z boku a tlačí plyny smerom k stropu. V dôsledku tohto stupovania studeného vzduchu stúpa celkový hmotnostný prietok v dyme a zvyšuje sa priemerná teplota, pričom koncentrácia produktov spaľovania klesá s výškou [3].

Stropný prúd: Keď prúd dymu naráža na strop, plyny sa následne rozprestierajú ako kruhový prúd poháňaný impulzom. Rýchlosť a teplota prúdu sú dôležité parametre, pretože kvantitatívne znalosti týchto parametrov umožňujú odhadnúť reakciu všetkých detektorov dymu a tepla, či sprinklerových systémov v blízkosti stropu. Stropný prúd dosiahne steny uzavretého priestoru a je nútený pohybovať sa smerom nadol, pozdĺž steny, ako je znázornené na obrázku (Obrázok 1). Plyny v prúde neustále zvyšujú svoju teplotu, čo spôsobuje, že sú teplejšie ako okolitý vzduch a prietok sa kvôli vzlaku zvyšuje smerom nahor, čím sa vytvorí vrstva horúcich plynov tesne pod stropom [3].

Teplotné vrstvy plynu: miestnosť pri požari sa rozdelí na dve rozdielne vrstvy, a to horúcu hornú vrstvu, ktorá pozostáva zo zmesi produktov spaľovania, a studenej spodnej vrstvy, ktorá pozostáva zo vzduchu. Vlastnosti plynov každej vrstvy sa časom menia, ale predpokladá sa, že sú jednotné v každej vrstve, čo znamená, že napríklad teplota je konštantná v horúcej vrstve v akomkoľvek čase [3].

Prestup tepla: Ako horúca vrstva zostupuje a zvyšuje sa teplota, procesy prenosu tepla sa rozširujú. Teplo sa prenáša prúdením a sálaním z vrstvy horúceho plynu na strop a steny, ktoré sú v kontakte s horúcimi plynmi. Teplo z horúcej vrstvy je taktiež vyžarované smerom k podlahe a spodným stenám, pričom časť tepla je absorbovaná vzduchom v spodnej vrstve. Teplo sa prenáša do palivového lôžka nielen plameňom, ale aj sálaním z horúcej vrstvy a hranice horúcej komory, čo vedie k zvýšeniu rýchlosti horenia paliva a ohrevu iných palivových obalov v miestnosti [3].

Plne rozvinutý požiar: V stave plne rozvinutého požiaru sa plameň rozširuje cez otvory a všetok horľavý materiál v uzavretom priestore začína horieť. Tento stav môže trvať niekoľko hodín, pokiaľ je k dispozícii dostatok paliva a kyslíka na spaľovanie [3].

Nedostatok kyslíka: Ak v priestore nie sú žiadne otvory, prípadne len malé úniky, vrstva horúceho vzduchu bude klesať smerom nadol, k oblasti plameňa a nakoniec pokryje aj oblasť plameňa. Vzduch rozostupujúci sa v miestnosti obsahuje malé množstvo kyslíka, čo znamená, že požiar začína slabnúť, až nakoniec úplne vyhasne, kvôli nedostatku kyslíka. Vyčerpanie kyslíka spôsobí, že rýchlosť uvoľňovania energie začne klesať, rovnako ako aj teplota plynu. Aj keď rýchlosť uvoľňovania energie klesá, pyrolýza môže naďalej pokračovať pomerne vysokou rýchlosťou, čo má za následok nahromadenie nespálených plynov. Ak sa v tomto čase rozbije okno, alebo ak príslušný záchranár alebo hasič otvorí jeden z otvorov, horúce plyny uniknú cez hornú časť otvoru smerom von a chladný a čerstvý vzduch bude prúdiť cez spodnú časť smerom dovnútra. Tento proces môže znížiť tepelné zaťaženie vo vnútri priestoru, ale čerstvý vzduch môže spôsobiť zvýšenie rýchlosti uvoľňovania energie a to môže mať za následok vznik flashoveru [3].

3 FÁZY POŽIARU

Kľúčovú úlohu pri zisťovaní príčin vzniku požiarov zohrávajú znalosti z dynamiky rozvoja požiaru. Dynamikou rozvoja požiaru je možné odhadnúť vývoj rozvoja požiaru od okamihu iniciácie až do úplného vyhorenia [4].

V Prvej (počiatočnej) fáze požiaru sa zlúči palivový zdroj, teplo a kyslík, pri ktorom prebehne chemická reakcia, ktorá má za následok požiar. Tento proces sa taktiež nazýva vznietením, ktorý je sprevádzaný veľmi malými plameňmi, ktoré nemajú tendenciu sa ďalej zväčšovať do začatia nasledujúcej fázy. V tejto fáze sa pri okamžitom zistení naskytne najväčšia šanca potlačenia požiaru alebo dostatočný čas pre úniku osôb a zvierat zo zasiahnutého priestoru [3].

Druhá fáza, teda fáza rozvoja je miestom, kde sú konštrukcie využívané ako jeden zo zdrojov paliva pre požiar. Vyskytuje sa tu mnoho faktorov, ktoré vplyvajú na rozvoj tejto fázy vrátane miesta, kde požiar začal, horľavej látky v blízkosti ohniska, výšky stropu a potenciálu pre tepelné vrstvenie [3]. Považuje sa za najrýchlejšiu fázu zo všetkých štyroch fáz. Predstavuje nadmerné nebezpečenstvo možnosti zranenia, uväznenia alebo usmrtenia zasahujúcich hasičov, z dôvodu vzniku najnebezpečnejšieho javu –Flashover [4].

Tretia fáza požiaru, taktiež známa ako fáza plne rozvinutého požiaru, je charakteristická dosiahnutím maximálnej úrovne rastu a vznietenia všetkých zápalných materiálov. Táto fáza sa považuje za najhorúcejšiu a najnebezpečnejšiu fázu požiaru [3]. Tepelnými účinkami ohňa sú zasiahnuté všetky konštrukcie, ktoré sú namáhané a pod vplyvom tiaže a tepla dochádza k ich zrúteniu. Keďže sú teploty v tejto fáze najvyššie, predstavujú enormné nebezpečenstvo pre osoby, uväznené v uzavretom priestore [4].

Štvrtá (útlmová) fáza požiaru je zvyčajne najdlhšou etapou požiaru. Nastáva výrazný pokles koncentrácie kyslíka a paliva, čo spôsobí postupné zastavenie ohňa. Môžu nastať dve nebezpečné situácie [3]:

- vznik nového požiaru, ktorý spôsobia horľavé látky, ak nie sú úplne zahasené,
- nebezpečenstvo spätného backdraftu, ktorý vznikne znova zavedením kyslíka do nestáleho priestoru.

4 ROZMIETNENIE TERMOČLÁNKOV V MODELI

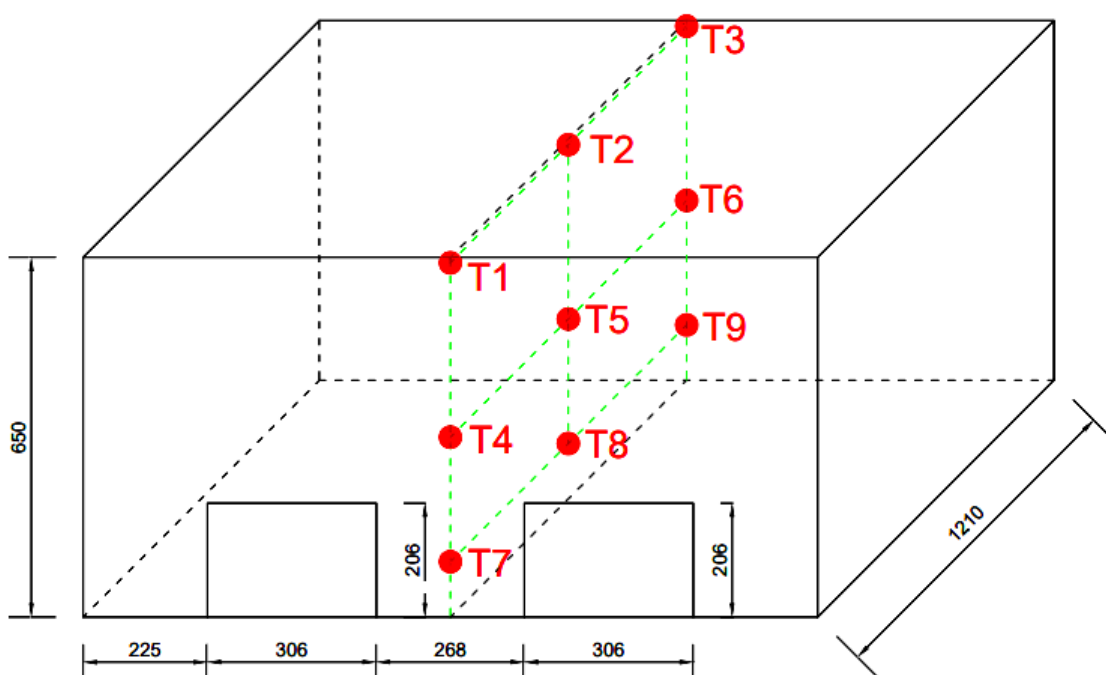
Vnútorňý priestor modelu bol rozdelený do troch vrstiev podľa uskutočneného vzoru [5], teda vrchnú, strednú a spodnú vrstvu. Pre zisťovanie teplôt v týchto vrstvách boli použité termočlánky, ktorých celkový počet bol deväť.

V každej vrstve sa nachádzali práve tri termočlánky, umiestnené v prednej časti modelu, v strede modelu a v zadnej časti modelu. Vo vrchnej vrstve (vrstve A) bolo umiestnenie termočlánkov 0,01 metra od stropu. Prvý termočlánok (T1) bol umiestnený 0,1 metra od prednej steny modelu.

Termočlánok nachádzajúci sa v strede tejto vrstvy (T2) bol umiestnený vo vzdialenosti 0,595 metra od prednej steny modelu a umiestnenie tretieho termočlánku (T3) bolo podobné ako u termočlánku T1, čiže 0,1 m od zadnej časti modelu.

Termočlánky (T4, T5 a T6) v strednej vrstve (vrstve B) boli umiestnené v rovnakej horizontálnej vzdialenosti ako termočlánky vo vrstve A, ale v rozdielnej vertikálnej vzdialenosti od podlahy, čo predstavovalo 0,235 m a 0,295 m od vrchného termočlánku.

V spodnej vrstve (vrstve C) boli termočlánky umiestnené 0,1 metra od podlahy a 0,225 m od stredného termočlánku. Rozmiestnenie termočlánkov vo vrstve C bolo rovnaké ako vo vrstvách A a B. Pre lepšiu vizualizáciu je rozdelenie a jednotlivé umiestnenie termočlánkov vo vnútri modelu zakreslené na obrázku 1.

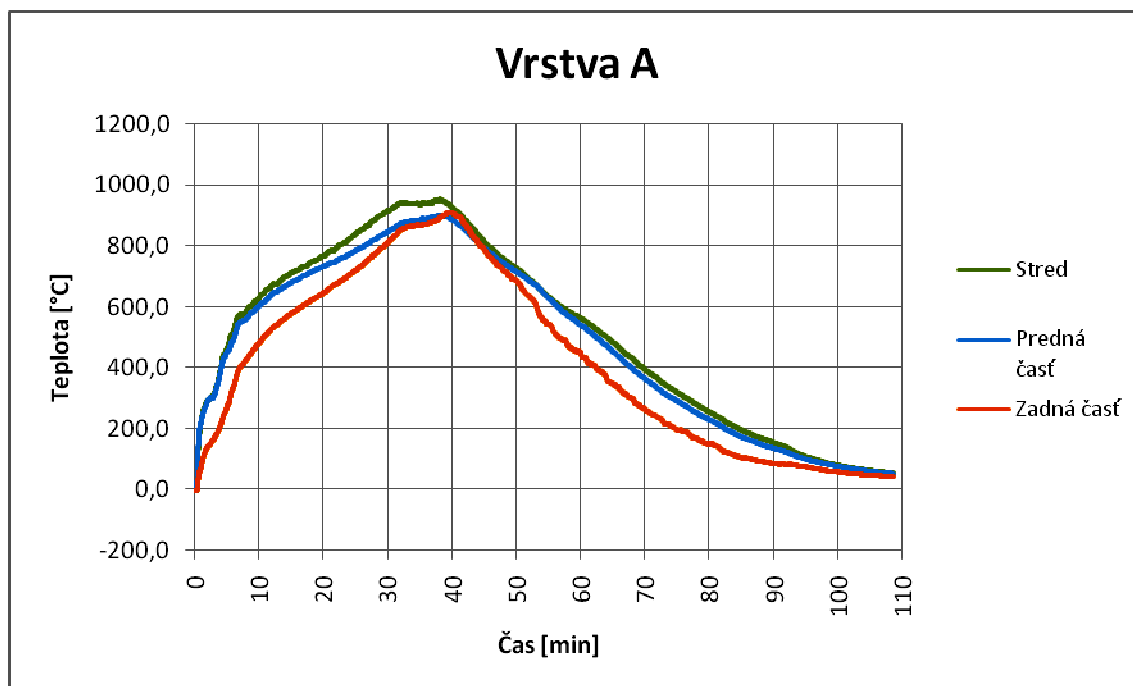


Obrázok 1 Umiestnenie termočlánkov v modeli

5 PRIEBEH TEPLÔT VO VRSTVÁCH

Teplota **vrstvy A**, nachádzajúcej sa 0,01 metra pod stropom vnútorného priestoru, bola meraná počas celého experimentu pomocou troch termočlánkov, v prednej časti modelu, v strede modelu a v zadnej časti modelu (T11, T12 a T13).

Na základe nameraných hodnôt bolo následne možné zostaviť graf (Obrázok 2) priebehu horenia v tejto vrstve v závislosti teploty, ktorá v modeli vznikla, od času trvania celého experimentálneho merania



Obrázok 2 Priebeh teplôt v jednotlivých častiach vrstvy A

Na základe grafu je možné konštatovať, že počas celého experimentu bola najnižšia teplota, vo vrstve A, nameraná v zadnej časti modelu, ktorá sa výrazne líšila od hodnôt nameraných v strednej a prednej časti modelu.

Najvyššia teplota nameraná termočlánkom T1 bola 901,2 °C v čase 38 minút a 45 sekúnd (38,75 min).

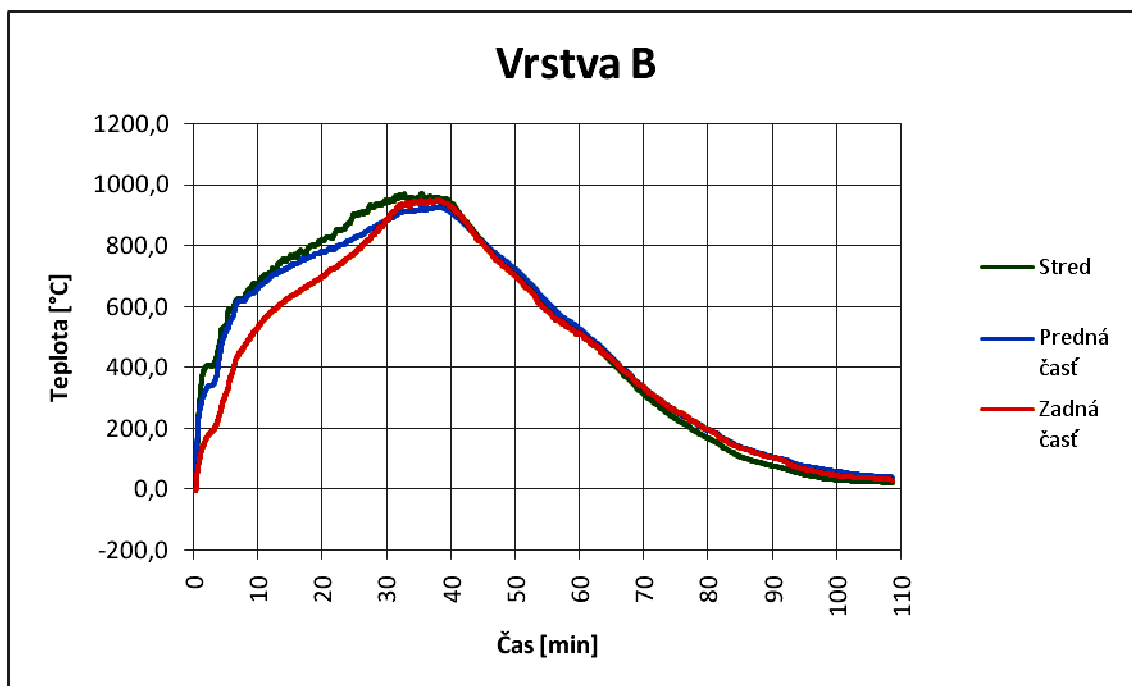
V strednej časti bola nameraná najvyššia teplota termočlánkom T2 953,2 °C v čase 38 minút a 11 sekúnd (38,18 min).

Tieto odlišnosti sa vyskytli v intervaloch od počiatkovej fázy po vznik plne rozvinutého požiaru a v útlmovej fáze.

Z uvedeného vyplýva, že najvyššia nameraná teplota, v tejto vrstve, bola 953,2 °C v čase 38,11 min, a to na termočlánku umiestnenom v strednej časti.

Pre meranie teplôt vzniknutých vo **vrstve B**, ktorá sa nachádzala v strednej výške modelu, boli taktiež použité tri termočlánky umiestnené v prednej časti, v strede a v zadnej časti modelu (T4, T5 a T6).

Na základe zozbieraných údajov z merania vznikol graf popisujúci priebeh horenia vo vrstve B, resp. vývoj teploty v sledovaných termočlánoch v čase merania experimentu (Obrázok 3).



Obrázok 3 Priebeh teplôt v jednotlivých častiach vrstvy B

Z grafu je viditeľné, že podobne ako vo vrstve A, aj vo vrstve B bol vzrast teploty v zadnej časti modelu pomalší ako v strednej alebo prednej časti v intervale počiatočnej fázy po vznik plne rozvinutého požiaru.

Na rozdiel od vrstvy A sa hodnoty namerané po fáze plne rozvinutého požiaru, v rozličných častiach priestoru danej vrstvy, výrazne nelíšili.

Najvyššou nameranou teplotou termočlánku v prednej časti bola 928,4 °C v čase 38 minút a 22 sekúnd (38,13 min).

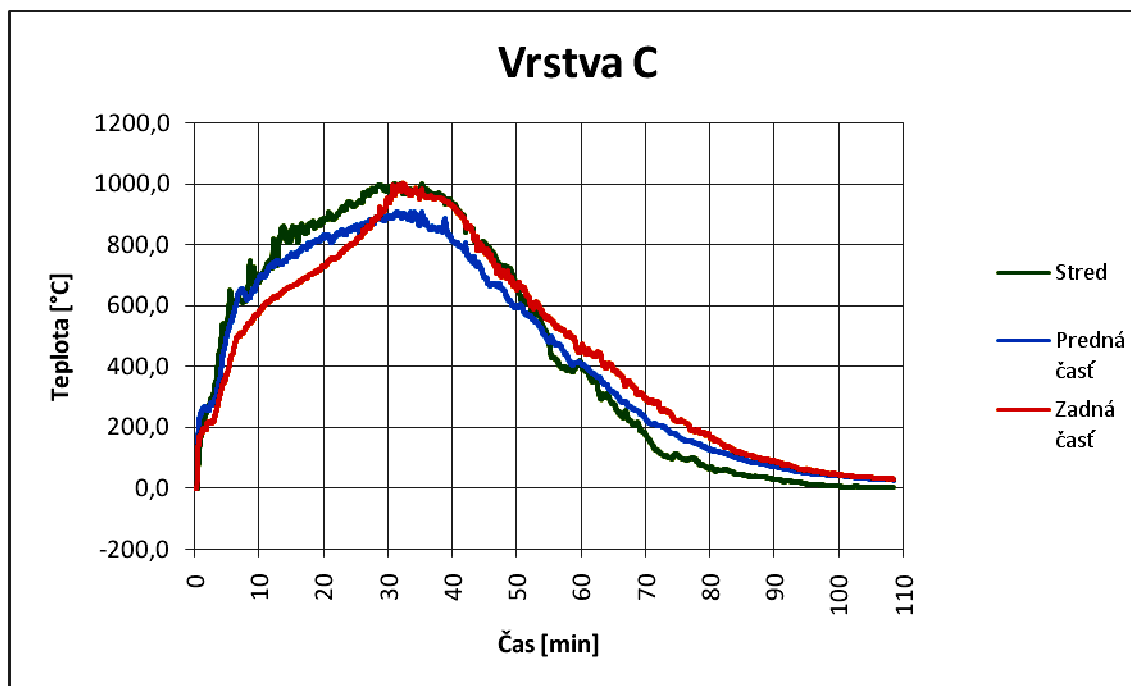
V strednej časti bola najvyššou nameranou teplotou termočlánkom 970,7 °C v čase 35 minút a 48 sekúnd (35,29 min).

V zadnej časti vrstvy bola v čase 35 minút a 32 sekúnd (35,32 min) nameraná najvyššia teplota 950,6 °C.

Na základe takto nameraných hodnôt je možné konštatovať, že najvyššou nameranou teplotou v tejto vrstve bola teplota 970,7 °C v čase 35 minút a 29 sekúnd, taktiež na termočlánku v strednej časti vrstvy.

Rovnako ako vo vrstvách A a B aj vo **vrstve C**, ktorá sa nachádzala vo vzdialenosti 0,1 metra od podlahy, boli výsledky zaznamenané na základe meraní pomocou troch termočlánkov, umiestnených v prednej, strednej a zadnej časti vrstvy (T7, T8 a T9).

Zo zbieraných údajov sa vytvoril graf (Obrázok 4) závislosti rovnakých ako pri predchádzajúcich dvoch vrstvách, teda meniacej sa teploty v závislosti od času prebiehajúceho merania.



Obrázok 4 Priebeh teplôt v jednotlivých častiach vrstvy C

V grafe nastala veľmi zaujímavá situácia, ktorá nevznikla v žiadnej z predchádzajúcich vrstiev. Aj keď začiatok merania prebiehal pomerne podobne a počas merania bola zadná časť vo vrstve najchladnejšia, pri vzniku plne rozvinutého požiaru sa táto situácia otočila a najteplejšou časťou vrstvy sa stala práve zadná časť, kde bolo nameraná teplota 1 002,7 °C v čase 32 minút a 20 sekúnd (32,33 min).

Najvyššia teplota v strednej časti bola 1 002,6 °C v čase 34 minút a 8 sekúnd (34,13 min) a vpredu 909,6 °C v čase 31 minút a 9 sekúnd (31,15 min).

ZÁVER

Na základe vytvorených grafov je možné vyvodiť závery, že najhorúcejšou a zároveň aj najrýchlejšie zohrievanou vrstvou bola vrstva nachádzajúca sa pri podlahe modelu. Tento jav bol spôsobený umiestnením otvorov v spodnej časti modelu, kde sa splodiny horenia premiešavali so studeným vzduchom, ochladzovali sa a menili aj svoju hustotu, pričom sa stávali ťažšími a klesali smerom nadol. Plyny so splodinami boli vytláčané von z vnútorného priestoru modelu a dnu bol nasávaný chladnejší vzdušný kyslík. S postupným rozhorievaním paliva v modeli sa zvyšovala koncentrácia plynov, obsahujúcich splodiny a výmena plynov v oblasti otvorov už nebola postačujúca, čo malo za následok zvyšovanie teploty v celom modeli. Na základe rozdielných teplôt externého aj interného prostredia boli teploty namerané vo vrchnej vrstve nižšie ako v iných vrstvách, nakoľko cez veľkú plochu stropu unikalo najviac tepla, čiže odoberal najviac uvoľnenej energie. Tieto fakty potvrdili, že aj počas fázy plne rozvinutého požiaru neboli teploty v celom priestore rovnako vysoké a so stúpajúcou výškou boli aj časovo oneskorené. Na základe vykonanej požiarnej skúšky, boli v zásade, potvrdené teoretické požiarotechnické vlastnosti pozorovaných materiálovpožiaru.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] KARLSSON, B., a J. G. QUINTIERE, 2000. Enclosure Fire Dynamics. - London: CRC Press LLC. ISBN 0-8493-1300-7.

- [2] VRÁBLOVÁ, Ľ. Modelovanie rizikových situácií v trenažéri na nelineárne formy požiarov. - Dizertačná práca, FŠI UNIZA 2015
- [3] BALOG, K., KAČÍKOVÁ D. a MARTINKAJ., 2015. Zisťovanie príčin požiaru. - Zvolen: Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene. ISBN 978-80-228-2831-4.
- [4] SAUBERMAN, J., 2010. *The 4 Stages of a Fire*. [online]. Journey To Firefighter [cit. 6. Februára 2018]. - [on-line] Available on - URL: <http://journeytofirefighter.com/4-stages-of-a-fire/>
- [5] KRAJČÍR, M. a MÜLLEROVÁ, J. 2017. 3D Small-scale Fire Modeling Testing Preparation. *Procedia Engineering*, Volume 192, 2017, Pages 480-485. ISSN 1877-7058. - [on-line] Available on - URL: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.083>

ADRESY AUTORIEK

Ing Diana KOMENDÁTOVÁ

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Ul. 1.mája 32, 010 08 Žilina, Slovenská republika.

E-mail: diana.komendatova@fbi.uniza.sk

Prof. Ing Jana MÜLLEROVÁ, PhD.

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Ul. 1.mája 32, 010 08 Žilina, Slovenská republika.

E-mail: janka.mullerova.fsi@gmail.com

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.