

SBORNÍK
příspěvků z konference
Požární ochrana 2014



ISBN 978-80-7385-148-4
ISSN 1803-1803

Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství

www.spbi.cz, e-mail: spbi@spbi.cz

Obsah

Asistent krizového řízení v krizovém štábu obce.....1 Adamec Vilém, Malěřová Lenka	Some Comments on Explosion Parameters and Inert Effect on the Explosion Limits of the Flammable Gases and Liquids.....60 Flasińska Paulina
Vliv aplikace vodního proudu na tepelné podmínky ve FOK Zbiroh.....5 Balner Dalibor, Hora Jan, Strakošová Eva	Investigation of the Influence of Nozzle Inclination Angle and Output on the Size of Sprinkling Area and Intensity of the Spray.....64 Gałąj Jerzy, Bąk Sławomir
Odstupové vzdálenosti a vliv jejich velikosti na ekonomiku investičního procesu stavby.....12 Bojda Tomáš, Thomitzek Adam, Ondruch Jan	Komplexná metodika hodnotenia protipožiarnych zásahov v mestských sídliskách.....70 Gašpercová Stanislava, Polorecká Mária, Kozák Peter
Fire Resistance Testing of Glazed Building Elements..15 Borowy Andrzej	Spôsoby a možnosti efektívnej prípravy krízových štábov.....74 Grega Matúš, Andrassy Vladimír
Využití vysokotlaké diferenční snímací kalorimetrie (HP-DSC) při popisu chování pevných látek a materiálů při zahřívání.....18 Bursíková Petra, Buřičová Hana, Suchý Ondřej	Dispersion Conditions of Combustible Dusts for Determination of Minimum Ignition Energy (MIE)....79 Havelková Jana, Lepík Petr
Požiarovosť v Ruskej federácii za obdobie 2012 - 2008.....21 Coneva Iveta	Bezpečnost a ekonomika provozu stabilních hasicích zařízení.....83 Hošek Zdeněk
Posouzení šíření kouře v koridorech s využitím modelu požáru.....26 Cvejn Tomáš, Pokorný Jiří	Přístup EU, NATO k ochraně obyvatelstva.....87 Chalupa Jiří
Požární bezpečnost objektů věznic.....29 Česelská Tereza	Nové poznatky při odběru vzorků akceleraantů z požářiště.....88 Charvátová Vlasta, Růžicka Milan
Velkorozměrová požární zkouška v Rýmařově.....31 Česelská Tereza, Filipi Bohdan	Využitie monitora Ambassador 1x6 (2x6) pri hasení veľkoobjemovej nádrže ropy.....93 Chromek Ivan
Flash-Point Prediction for Binary Mixtures of Alcohols.....35 Dolníček Petr, Skřínský Jan, Lukešová Petra, Skřínská Mária, Marek Jan, Bartlová Ivana	Zhodnocení účinnosti NV č. 91/2010 Sb., o podmínkách požární bezpečnosti při provozu komínů, kouřovodů a spotřebičů paliv.....97 Chudová Dana, Mitrenga Karel
Study of Flow Characteristic of in-Line Foam Concentrate Inducers Used in Fire Protection.....39 Drzymala Tomasz, Gałąj Jerzy, Binio Joanna	Modelování tepelné degradace pevných materiálů z hlediska reakční kinetiky.....101 Ira Jiří, Hasalová Lucie, Jahoda Milan
Nové poznatky v oblasti zkoušení dřevěných konstrukcí.....45 Dufková Magdaléna, Kuklík Petr, Rada Václav	Hmotnostní úbytek těkavých kapalin při hoření - experiment a modelování.....105 Jahoda Milan, Hasalová Lucie, Roučková Eva
Modelovanie ekonomických škôd pri požiaroch v Žilinskom kraji.....48 Dvorský Ján, Klučka Jozef	Evaluation of Fire Appliances on Renault Midlum Chassis with Brigades of Fire and Rescue Service of the Zlin Region.....108 Jánošík Ladislav
Statistické úvahy k normovaným metodám verifikace zkušebních aparatur pro stanovení PTCH.....52 Dvořák Otto	Protipožární obklad sloupů sádrokartonem nebo nástřikem protipožární omítkou Knauf Vermiplaster...112 Janoušek Radek
Interakce elektrického pole s plameny.....55 Dvořák Otto, Staněk Jan, Koller Jan, Hrzina Pavel	

Thermogravimetric Analysis of Chosen Species of Wood which are Used for Floor.....	114
Jaskółowski Wademar, Chmielewska - Łukaszek Aneta	

Hodnocení parametrů mobilních protipovodňových systémů.....	116
Ježková Pavlína, Chmelíková Karolína	

Zásahový tablet pro výjezdová vozidla HZS.....	120
Jirouš David, Procházka Boris	

Tlakové lahve v podmínkách požáru ve vnitřním prostoru.....	123
Karl Jan, Hora Jan	

Zkušební vysokotlaké laboratoře pro stanovení PTCH za technologických podmínek.....	128
Karl Jan, Ševčík Libor, Suchý Ondřej	

Efektivnost vzdělávání v oblasti bezpečnosti.....	131
Klaban Vladimír	

Provedení analýzy zranitelnosti lokality na úrovni obce s rozšířenou působností ve vazbě na stanovení souborů indikátorů místní soběstačnosti.....	135
Klaban Vladimír, Stošek Pavel	

Tepelná stabilita grafen-oxidu a jeho vybraných derivátů.....	137
Klouda Karel, Friedrichová Romana, Lach Karel, Zemanová Eva	

Fire Spread on Walls with ETICS.....	148
Kolbrecki Andrzej	

Význam simulační podpory krizových štábů obcí s rozšířenou působností.....	151
Kovářík František	

Požárně bezpečnostní zařízení, vztah k ceně objektu.....	155
Kratochvíl Václav, Kratochvíl Michal, Navarová Šárka	

Bezpečnost a ekonomika provozování požárních vodovodů.....	163
Kročová Šárka	

Retention Time during Fire Suppression in the Enclosure by Inert Gases.....	167
Kubica Przemysław, Wnęk Waldemar, Boroń Sylwia	

Šíření plamene po fasádě - výsledky zkoušek na vzorcích středního a velkého rozměru, funkce požárních bariér.....	170
Kubů Marcela	

Ověření návrhu nuceného odvodu kouře a tepla sportovní haly.....	172
Kučera Petr, Dvorská Hana	

The Role of Games in the Contemporary World and Their Impact on the Development of Computer Simulators Designated for Training Rescue Services....	177
Kukfisz Sławomir, Ptak Szymon	

Protivýbuchová prevence a průmyslové pojištění - povinnosti, zkušenosti a poznatky z praxe.....	181
Kulich Martin, Volejníček Oldřich, Šebek Jakub	

Omítky a nástřiky z požárního hlediska.....	185
Kupilík Václav	

Vyhodnocení průběh objektové evakuace při evakuačním cvičení.....	190
Kutilová Kristýna, Kučera Petr, Šíma Stanislav	

Vliv rozvířovacího tlaku na maximální výbuchové parametry prachu.....	195
Lepík Petr, Havelková Jana, Serafin Jiří	

Zásady navrhování budov odolných na účinky venkovního výbuchu.....	199
Makovička Daniel, Makovička Daniel	

Hodnotenie rizika chemických látok používaných na hasenie.....	203
Marková Iveta	

Vzájemné závislosti v oblasti kritické infrastruktury..	207
Markuci Jiří, Řehák David	

Projekt „Zabezpečení přípravy lektorů dalšího vzdělávání v oblasti ochrany obyvatelstva při mimořádných událostech v Moravskoslezském kraji“.....	211
Martínek Bohumír	

Požáry osobních automobilů způsobené filtry pevných částic aneb souboj ekologie, ekonomiky a bezpečnosti.....	213
Michut Petr	

Porovnanie niektorých druhov sadrokartónových dosiek z hľadiska úbytku na hmotnosti po vystavení účinku plameňa.....	217
Mitrenga Patrik, Michalovič Roman	

Stanovení požárně-technických charakteristik na vybraných zařízeních.....	220
Mokoš Ladislav, Lepík Petr, Serafin Jiří	

Technické zabezpečenie hasenia lesných požiarov v sťažených terénnych podmienkach.....	224
Monoši Mikuláš, Kapusniak Jaroslav	

Rýchlosť rozvoja požiaru z pohľadu noriem požiarnej bezpečnosti.....	228
Mózer Vladimír	

Stanovenie dolnej medze výbušnosti drevných prachov čerešne a borovice vo výbuchovej komore VK 100	233	Vzdělávání v krizovém řízení.....	295
Mračková Eva		Richter Rostislav	
Výpočtové metody na stanovenie dolnej medze výbušnosti uhl'ovodíkových plynov.....	237	Zajištění vnějších zdrojů požární vody v Libereckém kraji.....	298
Mračková Eva		Rosina Martin, Vízner Jaroslav, Zmrhal Ondřej	
Hodnotenie nebezpečenstiev pri dopravných nehodách vozidiel na alternatívny pohon.....	241	Aplikovatelnost stávajících průřezových kritérií na oblast teplárenství.....	302
Mulica Adrián, Bradáčová Isabela		Rostek Petr, Novotný Petr	
Efektivní průběžné vzdělávání jako nástroj k ekonomickému výkonu SPD.....	246	Odběr a úpravy pevných vzorků z požárů pro účely hodnocení toxického zatížení prostředí vlivem požárů.....	306
Nejtek Pavel		Růžička Milan, Hovorka Martin	
Experimentální měření povrchových teplot v současné době používaných žárovek.....	250	Cvičení krizového štábu ORP s využitím počítačové simulace.....	311
Nejtková Miroslava		Řezáč David	
Historical development of requirements according to Norm STN 73 0802 and ETICS (External Contact Thermal Insulation System) in Slovak Republic.....	255	Odborná příprava hasičů HZS Libereckého kraje se zaměřením na psychologii a zvládání stresu.....	315
Olbřímek Juraj, Leitnerová Soňa, Tkáč Ján, Jankovič Dušan		Schneiderová Martina, Baláž Pavel	
Aplikácia vyhodnocovacích programov pri úniku chemických nebezpečných látok v SR.....	258	Zkvalitnění služeb na úseku požární prevence - požární prevence je řešení, které se každému vyplácí.....	318
Orinčák Michal		Skalská Květoslava a kolektiv	
Model hodnotenia ekonomickej efektívnosti protipožiarnych opatrení.....	264	Bis(2-ethylhexyl) Sulfosuccinate Sodium as a Reference when Evaluating the Wetting Ability of the Foam-Forming concentrate.....	320
Panáková Jaroslava, Klučka Jozef, Mózer Vladimír		Sobolewski Mirosław, Gancarczyk Dominika, Jakubiec Jakub	
Zpracování statistických údajů využitelných pro požárně inženýrské aplikace.....	267	Tepelná degradace znečištěné vrchní vrstvy zásahového oděvu.....	325
Pokorný Jiří, Nanek Martin, Pliska Martin, Šlachta Zdeněk		Strakošová Eva, Dudáček Aleš, Filipi Bohdan	
System for 3D Mapping the Fire Scene.....	270	Ekonomika protipožárních opatření na kulturních památkách.....	329
Półka Marzena, Kukfisz Bożena, Kotulek Grzegorz, Starzynski Eligiusz, Baranowski Dariusz, Osciłowska Barbara		Svoboda Petr, Polatová Eva	
Akceschopný krizový plán pro obce s rozšířenou působností.....	272	Výběr metod vhodných k posuzování spolehlivosti lidského činitele.....	333
Procházka Jan, Procházková Dana		Syručková Martina	
Výsledky analýzy havárií s kyselinou dusičnou v České republice.....	277	Burning Behavior of a Passenger Car.....	337
Procházka Zdenko, Procházková Dana		Szajewska Anna	
Plány řízení rizik pro veřejné i soukromé subjekty....	282	Study on Burning Behaviour of Soil Cover.....	339
Procházková Dana		Szajewska Anna	
Postup skúšania dverí proti prieniku dymu a výpočet prieniku dymu.....	291	Vývoj hasiva na bázi metakaolínu.....	343
Reháková Martina, Olbřímek Juraj		Ševčík Libor, Karl Jan, Růžička Milan, Suchý Ondřej	

Využití kouřové komory podle ČSN EN ISO 5659-2 pro stanovení požadavků na vlastnosti materiálů používaných na drážních vozidlech.....346
Ševčík Libor, Růžička Milan, Suchý Ondřej

Poznatky ze zkoušek přenosu elektrického náboje přes vodní proud..... 349
Trčka Martin, Thomitzek Adam, Ondruch Jan, Baudišová Barbora, Raška Zdeněk

Únik zemního plynu a tvorba výbušné směsi v uzavřeném prostoru.....352
Tulach Aleš, Mynarz Miroslav, Kozubková Milada

Kształcenie specjalistów na potrzeby systemu zarządzania kryzysowego w Instytucie Bezpieczeństwa Narodowego Akademii Pomorskiej w Słupsku.....357
Urbanek Andrzej, Rogowski Krzysztof, Zaorski Maciej

Vybrané požiaro - technické charakteristiky horľavých priemyselných prachov..... 365
Vandlíčková Miroslava

Účinnosť požiaro - technických zariadení.....368
Vandlíčková Miroslava

Práškové barvy a jejich hořlavost v procesu lakování.....371
Veličková Eva, Štroch Petr, Velička Richard

Studie modelu doby služby v jednotkách HZS ČR v návaznosti na směrnici 2003/88/ES.....375
Volf Oldřich

Numerická simulácia vplyvu ventilácie na šírenie dymu počas požiaru v podzemnej garáži..... 379
Weisenpacher Peter, Halada Ladislav, Glasa Ján, Valášek Lukáš

Accidents with Ammonia Uncontrolled Release - Water Curtain Efficiency.....385
Węsierski Tomasz, Majder-Lopatka Małgorzata, Salomonowicz Zdzisław, Ciuka Małgorzata, Łukaszek-Chmielewska Aneta

Examination of the Impact of the Ventilation of Room on the Response Time of Fire Detectors.....387
Wnęk Waldemar, Boroń Sylwia, Kubica Przemysław, Kasperowicz Grzegorz, Marszałek Bogusław

Protection of Building against Dust Explosion by Means of Venting.....391
Woliński Marek

Analýza šíření plynného NH₃ ze zimního stadionu v případě malého a velkého havarijního úniku nástroji CFD..... 393
Zavila Ondřej, Bojko Marian, Kozubková Milada, Danihelka Pavel, Maléřová Lenka

Tepelný komfort a limity použitelnosti zásahového oděvu při ochraně proti tepelným účinkům na hasiče při zásahu v uzavřeném prostoru.....398
Žižka Jan, Dudáček Aleš, Bernatíková Šárka, Strakošová Eva

Rýchlosť rozvoja požiaru z pohľadu noriem požiarnej bezpečnosti

Fire Growth Rate from Fire Safety Design Standards Perspective

Ing. Vladimír Mózer, PhD.

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta špeciálneho inžinierstva
Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, Slovenská republika
vladimir.mozer@fsi.uniza.sk

Abstrakt

Rýchlosť rozvoja požiaru má z pohľadu požiarnej bezpečnosti stavieb kľúčový význam pre fázu evakuácie. Čím rýchlejšie prebieha nárast požiaru, tým skôr nastane zadymenie priestoru a teplota priestoru prekročí únosnú mieru; možný čas evakuácie teda so stúpajúcou rýchlosťou nárastu požiaru úmerne klesá. Súčasné vyjadrenie rýchlosti nárastu požiaru v Slovesných a Českých normách požiarnej bezpečnosti stavieb je empirického, respektíve, štatistického charakteru (súčiniteľ a a resp. pravdepodobnosť p_1), ktoré neumožňujú presné stanovenie vplyvu na dostupný evakuačný čas. Príspevok pojednáva o možnosti vyjadrenia rýchlosti rozvoja požiaru štandardizovanou a medzinárodne akceptovanou formou t^2 - modelom požiaru. Sú analyzované možnosti prevodu a doplnenia existujúcich veličín vyjadrujúcich rýchlosť nárastu požiaru na formu t^2 - požiaru. Hlavným dôvodom pre navrhovanú zmenu je fakt, že pre súčiniteľ a a pravdepodobnosť p_1 nie sú dostupné exaktné metódy ich stanovenia a nie je možné kvantifikovať ich vplyv na evakuačný čas. Zároveň ich hodnoty, ktoré boli stanovené pred 30 až 40 rokmi nemusia zodpovedať súčasnemu charakteru stavieb a ich vybaveniu.

Kľúčové slová

Rýchlosť rozvoja požiaru, súčiniteľ horľavých látok, t^2 - model požiaru, evakuácia, požiarne bezpečnosť stavieb.

Abstract

The rate of fire growth is of key importance from a fire safety point of view, particularly for the evacuation phase. The faster the fire grows, the sooner the space is filled with smoke and temperature exceeds tenable levels; the available evacuation time decreases proportionally with the increasing rate of fire growth. The current expression of fire growth rate in Slovak and Czech standards is respectively of empiric and statistical (probabilistic) nature (coefficient a and probability p_1), which does not allow for a precise determination of their effect on the available evacuation time. The paper deals with the possibility of expressing the fire growth rate by the utility of a standardised and internationally accepted form t^2 - fire model. The possibilities of converting and updating the existing quantities expressing fire growth rate to the t^2 - fire model form are investigated. The main reason for the proposed change is the fact that there is insufficient information available with regard to the theoretical background of coefficient a and probability p_1 , and no exact methods of their quantification is available; their influence on evacuation time is also empirically set. Moreover, their values, which were set 30 - 40 years ago may not be valid for current buildings and their contents.

Keywords

Fire growth rate, combustibles coefficient, t^2 fire model, evacuation, fire safety design.

Úvod

Problematika rýchlosti rozvoja požiaru - fázy medzi iniciáciou a plne rozvinutým požiarom - má z pohľadu riešenia požiarnej bezpečnosti stavieb zásadný význam. STN 92 0201-1 [1]

(ekvivalent ČSN 73 0802 a 04) využíva na zohľadnenie rýchlosti rozvoja požiaru súčiniteľ horľavých látok a pre nevýrobné a pravdepodobnosť vzniku a rozšírenia sa požiaru p_1 pre výrobné stavby. Rýchlosť rozvoja požiaru má pre výrobné aj nevýrobné stavby rozhodujúci vplyv na maximálny dostupný čas evakuácie [2] a veľkosť požiarneho úseku [1]. V oboch prípadoch je však tento vplyv zohľadnený empiricky (viď napr. [3, 4]), čo v kombinácii s empirickým, respektíve štatistickým (pravdepodobnostným) charakterom vyjadrenia rýchlosti rozvoja požiaru môže viesť k nepresnostiam.

Predchádzajúca práca [5] potvrdila sporné využitie súčiniteľa a a pri stanovovaní výpočtového požiarneho zaťaženia a z neho vyplývajúcich požiadaviek na požiaru odolnosť stavebných konštrukcií. Vzhľadom na vyššie uvedené fakty je v rámci tejto práce analyzovaná možnosť využitia alternatívneho prístupu vyjadrenia rýchlosti rozvoja požiaru a to jednotným spôsobom pre výrobné a nevýrobné stavby.

1 Rozbor súčasne používaných spôsobov vyjadrenia rýchlosti rozvoja požiaru a ich vplyvu na maximálny dovolený evakuačný čas

Aj napriek tomu, že analyzované veličiny súčiniteľ a a pravdepodobnosť p_1 , priamo nedefinujú fázu rozvoja požiaru, majú vplyv na maximálny dovolený evakuačný čas v hodnotenom priestore alebo stavbe. Keďže v platných normách radu STN 92 0201 (ekvivalent ČSN 73 0802/04) nie je uvedená iný spôsob charakterizovania fázy rozvoja požiaru, budú v tomto príspevku rozoberané vyššie spomínané činitele.

1.1 Nevýrobné stavby - súčiniteľ horľavých látok a

Súčiniteľ horľavých látok a je relatívnym vyjadrením rýchlosti ich odhorievania z hľadiska charakteru horľavých látok (druh, tvar, rozmery, zoskupenie a uloženie) [1]. Za referenčné palivo, vo vzťahu ktorému sa rýchlosť odhorievania vyjadruje je drevená hranica s rozmermi hranolov 2,5 až 4 cm, pre ktorú sa $a = 1$. Súčiniteľ a nadobúda hodnoty v rozsahu 0,5 - 1,5 [1], čo v praxi znamená, že hodnotená látka môže horieť minimálne polovičnou a maximálne 1,5-násobnou rýchlosťou ako referenčné palivo.

Zároveň však autor uvádza [6], že súčiniteľ a je využiteľný pre požiare riadené povrchom paliva, t.j. s prebytkom vzduchu. V rámci riešenia nevýrobných stavieb podľa STN 92 0201-1 [1] (ekvivalent ČSN 73 0802) je však uvažované s jeho aplikáciou pre požiar riadený odvetraním, pretože tento model požiaru je použitý pri stanovovaní výpočtového požiarneho zaťaženia p_v ; požiar riadený povrchom paliva pre nevýrobné stavby normový výpočet nepozná. Túto nezrovnalosť rozoberá bližšie [5].

Z pohľadu stanovenia hodnoty súčiniteľa a však nie je zrejmé, aký parameter charakterizujúci odhorievanie je považovaný za referenčný. Podľa [7] sa jedná o približné zatriedenie do skupín viď obr. 1. Vo svojej neskoršej práci [8] uvádza Reichel nasledovný výpočet, ktorý dáva súčiniteľ a do vzťahu s pomerom koeficientov vyjadrujúcim veľkosť odhorievajúcej povrchovej plochy pripadajúcej na 1 kg paliva:

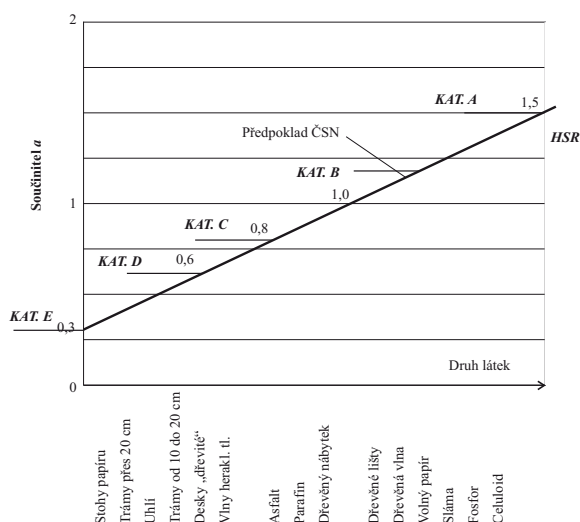
$$k_r = \frac{S_{pr}}{p_r} \quad (1)$$

$$k_j = \frac{S_{pj}}{p_j} \quad (2)$$

$$a_{mj} = \frac{k_j}{k_r} \quad (3)$$

kde

- k_r koeficient povrchovej plochy referenčného paliva [$\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$],
 S_{pr} povrchová plocha referenčného paliva umožňujúca odhorovanie [m^2],
 p_r množstvo referenčného paliva [kg]; vid' kapitolu 3.7 v [8],
 k_j koeficient povrchovej plochy j -tého paliva [$\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$],
 S_{pj} povrchová plocha j -tého paliva umožňujúca odhorovanie [m^2],
 p_j množstvo j -tého paliva [kg]; vid' kapitolu 3.7 v [8].



Obr. 1 Schéma závislosti súčiniteľa a na druhu látky v požiarom úseku [7]

V prípade, že budeme porovnávať rovnaké množstvá paliva, teda $p_r = p_j$, potom platí:

$$a_{mj} = \frac{\frac{S_{pj}}{p_j}}{\frac{S_{pr}}{p_r}} = \frac{S_{pj}}{S_{pr}} \quad (4)$$

čo v podstate znamená, že súčiniteľ a je v podstate závislý, len na povrchovej ploche, na ktorej je palivo v danej konfigurácii schopné odhorovať.

Hore uvedený spôsob vyjadrenia súčiniteľa a_{mj} je však problematický z dôvodu, že nezohľadňuje druh, resp. chemické zloženie paliva, ktoré má zásadný vplyv na rýchlosť a spôsob jeho odhorovania. Platí teda len pre prípady celulóзовého typu paliva v rôznych konfiguráciách. Rovnako je pre väčšinu bežne vyskytujúcего sa požiarneho zaťaženia náročné stanoviť plochu, na ktorej je palivo schopné odhorovať.

Z definície súčiniteľa a vyplýva, že by mal charakterizovať rýchlosť odhorovania za podmienok dostatočnej ventilácie, teda požiaru riadeného povrchom paliva. Z tohto dôvodu by mala existovať určitá forma závislosti medzi súčiniteľom a_m a hmotnosťou horľavej látky, ktorá odhorí na 1 m^2 jej povrchu za 1 minútu m_i . Dôvodom je charakterizovanie procesu horenia pre ten istý druh požiaru - požiar riadený povrchom paliva. Pri bližšom porovnaní hodnôt, vid' tab. 1, tomu však tak nie je. Porovnávané sú tie konkrétne druhy palív, pre ktoré norma [1] uvádza hodnoty a_m a m_i . Uvedené hodnoty potvrdzujú fakt, že súčiniteľ a nie je v súlade s experimentálne získanými rýchlosťami odhorovania paliva m_p , a teda jeho platnosť je obmedzená.

Tab. 1 Porovnanie súčiniteľa a a m_i pre vybrané druhy palív (hodnoty podľa [1])

Palivo	a_m [-]	m_i [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$]
Hnedé a čierne uhlie, koks	0,5	0,1
Papier v kotúčoch	0,6	0,5
Knihy	0,7	0,35
Drevené uhlie	0,9	0,1
Koža	0,9	0,45
Drevo s hrúbkou $\geq 40 \text{ mm}$	0,9	0,4
Drevo s hrúbkou $< 40 \text{ mm}$	1	0,5
Lisovaná slama	1,1	0,95
Slama voľne sypaná	1,3	1
Seno voľne sypané	1,3	0,4
Polystyrén napenený	1,5	1,5
Polystyrén húževnatý	1,1	2,1
Polyuretán napenený	1,5	1,9

1.2 Výrobné stavby - pravdepodobnosť vzniku a rozšírenia sa požiaru p_1

Hodnota p_1 vyjadruje pravdepodobnosť vzniku a rozšírenia požiaru pripadajúcu na 1 m^2 pôdorysnej plochy požiarneho úseku za rok; p_1 sa pohybuje ráde 10^{-6} [9]. Údaje o požiarovosti vychádzajú zo štatistiky z rokov 1974 - 1984 [9, 10]. Už zo samotnej povahy daného činiteľa vyplýva, že v žiadnom prípade nepostihuje fyzikálno-chemickú podstatu fázy rozvoja požiaru. V zásade sa danou hodnotou vyjadruje s akou pravdepodobnosťou v konkrétnej stavbe o danej pôdorysnej ploche dôjde.

Z dostupných zdrojov nie je možné identifikovať do akej miery a v akom rozsahu k rozšíreniu požiaru v hodnotenom priestore. Zároveň by aj v prípade, že by bola k dispozícii informácia o limitnom rozšírení sa požiaru, nie je možné určiť, ako rýchlo k tomuto rozšíreniu došlo. Opäť je nutné pripomenúť, že z hľadiska dostupného času evakuácie nie je dôležitá finálna plocha postihnutá požiarom ale rýchlosť jeho rozvoja, t.j. doba, za ktorú sú dosiahnuté podmienky, pri ktorých evakuácia už nie je možná.

Na základe vyššie uvedeného tvrdenia je teda otázna platnosť závislosti evakuačného času na pravdepodobnosti vzniku a rozšírenia požiaru p_1 , resp. kategórie prevádzky.

1.3 Zhodnotenie súčasne používaných spôsobov vyjadrenia rýchlosti rozvoja požiaru a ich vplyvu na maximálny dovolený evakuačný čas

Predchádzajúce dve podkapitoly priblížili a zhodnotili súčasne platné spôsoby vyjadrenia rýchlosti rozvoja požiaru a ich vplyvu na maximálny dovolený evakuačný čas.

Prvým zásadným poznatkom je, že hodnotené parametre - súčiniteľ a a pravdepodobnosť p_1 - vo svojej podstate rýchlosť rozvoja požiaru ako takú nevyjadrujú, resp. nezohľadňujú. V prípade súčiniteľa a sa jedná o popis správania sa paliva pri podmienkach plne rozvinutého požiaru riadeného povrchom paliva. Pravdepodobnosť p_1 už vôbec nehovorí o fyzikálno-chemických dejoch sprevádzajúce jednotlivé fázy požiaru.

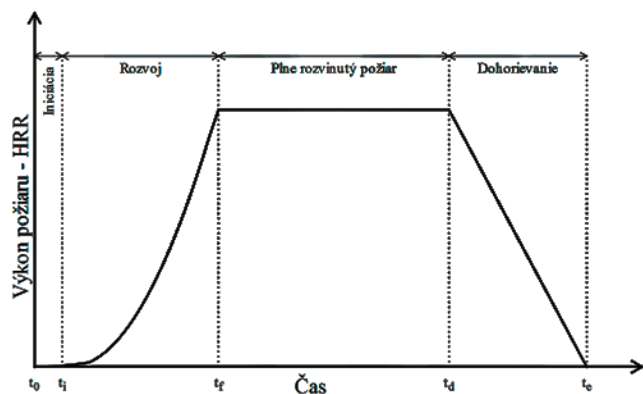
Z uvedeného teda vyplýva, že v súčasnosti používané prostriedky - súčiniteľ horľavých látok a a pravdepodobnosť vzniku a rozšírenia požiaru p_1 - sa na stanovenie maximálneho dovoleného evakuačného času nehodia. V ďalšej časti tejto práce bude priblížený spôsob vyjadrenia rýchlosti rozvoja požiaru, ktorý v priamej návaznosti na druh a konfiguráciu paliva umožňuje kvantifikovať priebeh tejto fázy a tým aj stanoviť maximálny dostupný čas bezpečnej evakuácie.

Maximálny dostupný čas evakuácie, je primárne ovplyvnený nástupom kritických teplotných podmienok a úrovňou zadymenia spolu s toxicitou sploďín. Táto doba je závislá na geometrickom a dispozičnom riešení stavby a rýchlosti rozvoja požiaru. Geometrické a dispozičné riešenie stavby je dané projektovou dokumentáciou a nesúvisí s druhom paliva. Samozrejme existujú spôsoby zohľadnenia geometrického a dispozičného riešenia stavby napríklad zadáním kritérií na plochu miestnosti a jej svetlú výšku. Táto možnosť však našich normách v súčasnosti neexistuje; v [4] sa uvádza návrh takéhoto zohľadnenia.

2 Návrh spôsobu vyjadrenia rýchlosti rozvoja požiaru

Tak, ako už bolo uvedené, pre stanovenie maximálneho dovoleného času je nevyhnutné poznať dobu, počas ktorej sa požiar bude rozvíjať až do času, kedy sú prekročené kritické podmienky a evakuácia už nie je možná. Počas tejto doby sa zároveň dá uvažovať aj s požiarom riadeným povrchom paliva, t.j. prebytkom kyslíku v priestore, vzhľadom na obmedzenú časť paliva, ktorá v skutočnosti horeí. Je zrejmé, že po určitom čase, danom hlavne druhom a geometriou paliva, ale taktiež odvetraním, dôjde pri väčšine požiarov k zmene módu horenia na požiar riadený odvetraním. Pri takomto móde horenia však evakuácia nie je možná.

V prípade zidealizovaného priebehu požiaru vyjadreného množstvom uvoľňovaného tepla v čase (obr. 2) sa teda zameriavame na dobu medzi časmi t_i a t_f . Doba medzi časmi t_0 a t_i je závislá hlavne na výkone iniciačného zdroja, a preto ju nepripočítavame k dobe rozvoja požiaru; pri veľkých iniciačných zdrojoch bude t_i blízke nule a pri malých môže byť jeho hodnota relatívne vysoká. Z tohto dôvodu by sa pri samotnom hodnotení rýchlosti rozvoja požiaru nemala hodnota t_i zohľadňovať. Toto je v súlade s t^n - modelom rozvoja požiaru, ktorý budeme ďalej uvažovať.



Obr. 2 Idealizovaný priebeh tepelného výkonu (HRR) v jednotlivých fázach požiaru

2.1 t^n - model požiaru

t^n - model požiaru bol prvý krát zadaný Heskestadom a Delichatsiosom [12] a po menších úpravách [13] sa jeho používanie v rámci požiarneho inžinierstva výrazne rozšírilo vo forme t^2 - modelu požiaru (viď napr. [14 - 17]).

Základom t^n - modelu požiaru je predpoklad, že požiar, respektíve jeho tepelný výkon, vo fáze rozvoja rastie exponenciálne s časom [11]. Ako bolo uvedené, fáza rastu je charakteristická prebytkom vzduchu, teda ventilácia nie je do určitej doby limitujúcim faktorom. Táto doba je daná podmienkami odvetrania, t.j. plochou a umiestnením otvorov v danom priestore. Je teda zrejmé, že rýchlosť rozvoja je primárne daná druhom paliva a jeho geometrickou konfiguráciou. Zároveň je tento scenár aj realistickou najhorším variantom rozvoja požiaru, takže je vhodný na stanovenie vplyvu rozvoja požiaru na dostupný čas evakuácie.

Exponenciálny charakter nárastu tepelného výkonu t^n - modelu požiaru je možné všeobecne vyjadriť nasledovne [18]:

$$\dot{Q} = \alpha t^n \quad (5)$$

kde

- $\dot{Q}$ rýchlosť uvoľňovania tepla (HRR) [kW],
- α súčiniteľ intenzity (rýchlosti rozvoja) požiaru [kW.s⁻ⁿ]; $n = 1, 2, 3, \dots$,
- t čas (doba trvania fázy) rozvoja [s].

V súčasnosti je najrozšírenejšou formou t^n - modelu spomínaný t^2 - model požiaru. V mierne upravenej forme nadobúda vzťah (5) tvar podľa [11]:

$$\dot{Q} = \alpha (t - t_i)^2 \quad (6)$$

kde

- α súčiniteľ intenzity (rýchlosti rozvoja) požiaru [kW.s⁻²],
- t_i čas (doba trvania fázy) iniciácie [s].

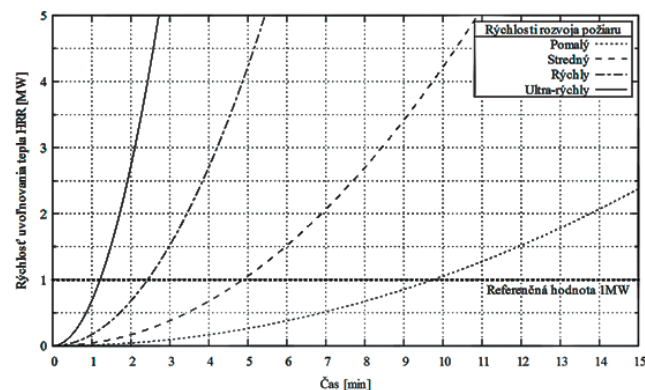
Z hľadiska priebehu tepelného výkonu požiaru v čase (HRR) je teda determinujúcim faktorom súčiniteľ rýchlosti rozvoja požiaru α ; súčiniteľ α v podstate definuje strmlosť stúpania krivky HRR. Pri kvantifikácii sa sleduje, ako rýchlo daný požiar prekročí hodnotu 1 MW [11].

Tento súčiniteľ je možné relatívne jednoducho stanoviť prostredníctvom veľkorozmerovej kalorimetrie [19]. Táto nariadená od štandardného kónického kalorimetra (viď napr. [20, 21]) umožňuje stanovovať parametre požiaru pri zohľadnení skutočnej geometrie a množstva paliva. Zároveň bolo vykonaných množstvo ďalších veľkorozmerových meraní výkonu požiaru v čase, ktorých výsledky sú zosumarizované napr. v [11, 16] a iných.

V priebehu používania t^2 - modelu požiaru v praxi sa ustálili štyri hraničné hodnoty súčiniteľa α ; ich prehľad spolu s príkladmi použitia uvádza tab. 2. Graficky sú znázornené priebehy jednotlivých kategórií požiarov na obr. 3.

Tab. 2 Hodnoty súčiniteľa rýchlosti rozvoja požiaru α [11]

Kategória rýchlosti rozvoja požiaru	Čas do dosiahnutia 1 MW [s]	Súčiniteľ α [kW.s ⁻²]	Príklad užívania stavby [16]
Pomalý	600	0,00293	Galéria
Stredne rýchly	300	0,01172	Kancelária
Rýchly	150	0,0469	Predajňa
Ultra rýchly	75	0,1876	Skladové priestory



Obr. 3 Priebeh rýchlosti uvoľňovania tepla (HRR) pre t^2 - model požiaru

2.2 Vyjadrenie maximálneho dostupného evakuačného času s využitím t^2 - modelu požiaru

Závislosť maximálneho dostupného evakuačného času už bola čiastočne rozoberaná v predchádzajúcich častiach tohto článku. Výhodou využitia t^2 - modelu požiaru pri stanovovaní maximálneho dostupného evakuačného času je jednoduchosť jeho použitia. Stačí poznať súčiniteľ a pre daný druh a konfiguráciu paliva, resp. odhadom stanoviť, do ktorej kategórie patrí a geometriu priestoru. Pri stanovovaní maximálneho dostupného času evakuácie v zásade nie je nutné uvažovať s poškodením okenných výplní a priestor môžeme hodnotiť ako uzavretý.

Úvodná štúdia k tejto problematike [22] poukázala na fakt, že okrem ultra-rýchleho rozvoja požiaru nedochádza k prekročeniu teplotných limitov, ale k zostupu dymovej vrstvy pod kritickú výšku (1,5 m). Uvažovať teda s nepoškodením okien a pod. je teda na mieste a zároveň vystihuje najhorší realistický scenár. Na výpočet potom stačí jednoduchý dvojzónový model požiaru.

Keďže je zrejmé, že požiar bude rásť ako požiar riadený povrchom paliva a je možné vyjadriť rýchlosť tohto nárastu v čase, je možné ho aplikovať do konkrétnych priestorov. Pri určovaní tohto času stačí uvažovať s rastúcim požiarom až do prekročenia stanovených limitov; kritická teplota dymovej vrstvy je 200 °C, čo je omnoho menej než 500 až 600 °C potrebných na celkové vzplanutie - flashover. V súčasnej dobe prebieha výskum na stanovenie závislosti maximálneho dostupného evakuačného času od plochy a výšky priestoru pre všetky štyri kategórie rýchlosti rozvoja požiaru.

2.3 Možnosť aplikácie t^2 - modelu požiaru a spätná kompatibilita

Najdôležitejšou oblasťou, kde je využitie t^2 - modelu požiaru možné, je spomínaný maximálny dovolený evakuačný čas pre nechránené únikové cesty. Keďže súčasne využívané prostriedky na jeho stanovenie - súčiniteľ a a pravdepodobnosť p_1 nepostihujú podstatu problematiky javí sa metóda štyroch kategórií požiaru v t^2 - modeli ako veľmi vhodná alternatíva. Po rozšírení závislosti geometria (veľkosť) priestoru $\times$ maximálny dostupný evakuačný čas pre všetky štyri kategórie rýchlosti rozvoja požiaru bude možné nahradiť súčasne používaný systém; tento vychádza z historického odhadu 2,5 min ako základného času [3, 4]. Obdobný spôsob využitia t^2 - modelu požiaru, ako je navrhovaný v tejto práci, je možné nájsť napríklad v britskej norme BS 9999:2010 [23].

Tab. 3 Príklady hodnôt súčiniteľa rýchlosti rozvoja požiaru a (podľa [11])

Prevádzka/komodita	Súčiniteľ a [kW.s ²]	Kategória rýchlosti rozvoja požiaru
Bar/Nočný klub	0,0045	stredný
Byt (obývacia izba)	0,04	rýchly
Detské ihrisko-vnútorne	0,1	ultra rýchly
Kancelária	0,003	stredný
Knižnica	0,008	stredne rýchly
Parkovisko	0,0101	stredný
Predajňa batožiny	0,6054	ultra rýchly
Predajňa CD a DVD	0,02	rýchly
Predajňa kobercov	0,0238	rýchly
Predajňa odevov	0,308	ultra rýchly
Recepcia	0,003	stredný
Predajňa zmiešaného tovaru	0,184	ultra rýchly
Väzenská cela	0,007	stredný

Na to, aby sa dalo uvažovať nad zavedením takejto zmeny musí byť zabezpečená kompatibilita s existujúcim systémom

zavedeným v našich normách; určitá forma prevodu starých hodnôt na nové. S ohľadom na výhody voči súčasne používaným spôsobom stanovovania maximálneho dostupného evakuačného času by však bolo najvhodnejšie zaradiť existujúce kategórie priestorov a prevádzok do jednej zo štyroch kategórií rýchlosti rozvoja požiaru na základe súčiniteľa rýchlosti rozvoja požiaru a . Prevádzky a kategórie by si mohol došpecifikovať aj špecialista sám na základe znalostí približného zastúpenia jednotlivých druhov paliva v hodnotenom priestore. Využiť sa dajú viaceré databázy s dostupnými výsledkami veľkorozmerových skúšok.

Ako príklad je možné uviesť súbor hodnôt súčiniteľa rýchlosti rozvoja požiaru a uvedených v [11]. Pre všetky uvedené prevádzky, bol súčiniteľ a stanovený prostredníctvom veľkorozmerových testov. Výsledky sú uvedené v tab. 3.

Ako druhá alternatíva prichádza do úvahy priama matematická konverzia. V praxi by to znamenalo rozdelenie hodnôt súčiniteľa a a pravdepodobnosti p_1 do štyroch rovnako veľkých skupín. Rizikom takejto konverzie je prenášanie všetkých potenciálnych chýb zo stanovenia a a p_1 do nového systému. Príklad takejto konverzie je uvedený v tab. 4.

Tab. 4 Návrh priradenia a a p_1 jednotlivým kategóriám požiarov

Kategória požiaru	Súčiniteľ a	Pravdepodobnosť p_1
Pomalý	$a \leq 0,75$	$p_1 \leq 0,9$
Stredne rýchly	$0,75 > a \leq 1,0$	$0,9 > p_1 \leq 1,7$
Rýchly	$1,0 > a \leq 1,25$	$1,7 > p_1 \leq 2,4$
Ultra rýchly	$1,25 < a$	$2,4 < p_1$

Záver

Tento článok rozoberá problematiku vyjadrenia rýchlosti rozvoja požiaru a jeho vplyvu na maximálny dostupný evakuačný čas z pohľadu slovenských noriem požiarnej bezpečnosti stavieb. Analýza poukázala na nedostatky a nejasnosti súvisiace s používaním súčiniteľa horľavých látok a (nevýrobné stavby) a pravdepodobnosti vzniku a rozšírenia požiaru p_1 (výrobné stavby). Ich hlavnou nevýhodou je empirický charakter, platnosť z pohľadu veku a nedostatok informácií potrebných na ich aktualizovanie.

Ako vhodnejšia alternatíva je približená možnosť využitia t^2 - modelu požiaru, ktorý delí požiare podľa rýchlosti ich rozvoja do štyroch kategórií: pomalý, stredne rýchly, rýchly a ultra rýchly. Tento spôsob si našiel široké uplatnenie v oblasti požiarnej bezpečnosti a umožňuje priamu aplikáciu pri matematickom stanovovaní maximálneho dostupného času evakuácie. Zároveň je možné jeho kľúčový parameter rýchlosti rozvoja požiaru a exaktne stanoviť pomocou veľkorozmerových skúšok, z ktorých je k dispozícii viacero obsiahlych databáz.

Z hľadiska prevodu existujúceho systému (súčiniteľ a a pravdepodobnosť p_1) by bolo určite vhodnejšie prikočiť ku kompletnej náhrade aspoň čo sa evakuačného času týka. V prípade potreby je navrhnutá forma konverzie súčiniteľa a a pravdepodobnosti p_1 na súčiniteľ rýchlosti rozvoja požiaru a . Tento postup však prenesie existujúce chyby a nejasnosti do nového systému stanovovania maximálneho dostupného času evakuácie.

Podakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-0727-12.

Použitá literatúra

- [1] STN 92 0201-1. Požiarne bezpečnosť stavieb - Časť 1. Požiarne riziko, Veľkosť požiarneho úseku. B.m.: SÚTN. 2000.
- [2] Vyhláška 94/2004, ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarne bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb

- v znení neskorších predpisov (v znení noviel č. 307/2007 Z.z. a č. 225/2012 Z.z.).
- [3] Reichel, V.: *Navrhování požární bezpečnosti staveb III.* [ZŠ 13]. Praha: Česká státní pojišťovna, 1980.
 - [4] Reichel, V.: *Navrhování požární bezpečnosti výrobných objektů III.* [ZŠ 26]. Praha: Česká státní pojišťovna, 1988.
 - [5] Mózer, V.: Rozvoj požiaru a rýchlosť odhorievania. In *Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí*. Žilina: Žilinská univerzita, 2014.
 - [6] Reichel, V.: *Navrhování požární bezpečnosti staveb I.* [ZŠ 11]. Praha: Česká státní pojišťovna, 1978.
 - [7] Reichel, V.: *Navrhování staveb z hlediska požární bezpečnosti*. Praha: VÚPS, 1978.
 - [8] Reichel, V.: *Stanovení požadavků na stavební konstrukce z hlediska požární bezpečnosti*. Berlín: Svaz požární ochrany ČSSR, 1981.
 - [9] Reichel, V.: *Navrhování požární bezpečnosti výrobných objektů I.* [ZŠ 17]. Praha: Česká státní pojišťovna, 1987.
 - [10] Zoufal, R.: *Požáry v budovách* [ZŠ 14]. 2. vyd. Praha: Česká státní pojišťovna, 1982.
 - [11] Mayfield, C.; Hopkin, D.: *Design fires for use in fire safety engineering*. Bracknell: IHS BRE Press; BRE Trust, 2011. ISBN 9781848061521.
 - [12] Heskestad, G.; Delichatsios, M.A.: *The initial convective flow in fire*. Symposium (International) on Combustion. 1979, roč. 17, č. 1, s. 1113-1123. ISSN 00820784.
 - [13] Heskestad, G.; Delichatsios, M.A.: Update: The initial convective flow in fire. *Fire Safety Journal*. 1989, roč. 15, č. 6, s. 471-475. ISSN 03797112.
 - [14] NFPA 92B Standard for Smoke Management Systems in Malls, Atria, and Large Spaces (2009 edition). Massachusetts: NFPA, 2009.
 - [15] NFPA 72 National Fire Alarm and Signaling Code (2010 edition). Massachusetts: NFPA 2010.
 - [16] PD 7974-1. Part 1 Initiation and development of fire within the enclosure of origin. London: BSI, 2003.
 - [17] Dinunno, P.J., ed.: *SFPE handbook of fire protection engineering*. 4th ed. Quincy, Mass: Bethesda, Md: National Fire Protection Association; Society of Fire Protection Engineers, 2008. ISBN 9780877658214.
 - [18] Heskestad, G.: *Similarity Relations for the Initial Convective Flow Generated by Fire*, FM Report 72-WA/HT-17. Factory Mutual Research Corporation, Norwood, MA 1972.
 - [19] ISO 24473:2008 Fire tests - Open calorimetry - Measurement of the rate of production of heat and combustion products for fires of up to 40 MW. Geneva: ISO, 2008.
 - [20] Martinka, J.; Chrebet, T.; Balog, K.: An assessment of petrol fire risk by oxygen consumption calorimetry. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 2014, roč. 117, č. 1, s. 325-332. ISSN 1388-6150.
 - [21] Xu, Q.; Zachar, M.; Majlingová, A.; Jin, C.; Jiang, Y.: Evaluation of plywood fire behaviour by ISO tests. *European Journal of Environmental and Safety Sciences*. 2013, roč. 1, č. 1, s. 1-7. ISSN 1339-472X.
 - [22] Mózer, V.: An analysis of factors affecting available safe escape time. *European Journal of Environmental and Safety Sciences*. 2014, roč. 2, č. 2. ISSN 1339-472X. - v tlači.
 - [23] BS 9999. Code of practice for fire safety in the design, management and use of buildings. London: BSI, 2008.