

ODVOD TEPLA VZNIKAJÍCÍHO PŘI POŽÁRECH TAVITELNÝMI KONSTRUKCEMI

Danuše Kratochvílová¹⁾

ABSTRAKT

Ve stavbách, zejména většího rozsahu, jsou instalovány konstrukce, které se působením tepla vytaví a tím umožní odvod tepla mimo stavební objekt. Odvodem tepla dochází ke snížení tepelného namáhání stavebních konstrukcí. Příspěvek charakterizuje „tavitelné konstrukce“, metodu výpočtu pro stanovení doby jejich narušení a ukázkou aplikace prezentovaného postupu na zvoleném příkladu. Jsou srovnávána pozitiva a negativa této formy odvodu tepla z objektů a jejich praktická využitelnost.

Klíčová slova:

tavitelné konstrukce, odvod tepla, požár

ABSTRACT

In buildings, especially in larger-scale ones, special constructions are installed, which are melted by heat and this enables the outlet of heat from the building construction. The outlet of heat reduces the thermal strain of building structures. This presentation describes "fusible constructions", the method of calculation to determine the period of disruption and the application of the presented method on the selected example. The pros and cons of this form of outlet of heat from objects are compared and their practical feasibility is specified.

Keywords:

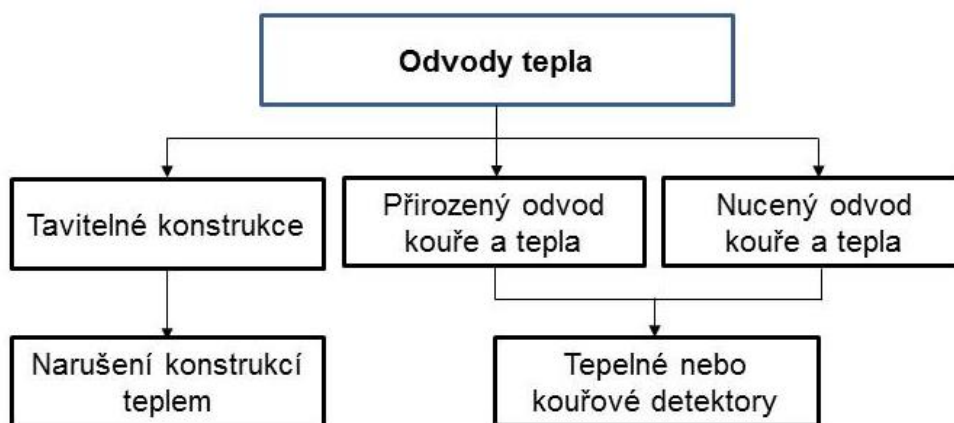
fusible constructions, heat removal, fire

¹⁾ Ing. Danuše Kratochvílová, Česká asociace hasičských důstojníků, Výškovická 40, 700 30 Ostrava – Zábřeh, kratochvilova@hzsmsk.cz

1 ÚVOD

Při požárech v uzavřených prostorách dochází zpravidla k uvolňování a kumulaci značného množství tepla. Teplo působí negativně v celé řadě směrů, např. na osoby, uložené materiály i vlastní konstrukce staveb. Řešením může být odvod tepla mimo prostor nebo objekt, kde dochází k rozvoji požáru.

Vhodnými zařízeními pro odvod tepla jsou zařízení pro přirozený nebo nucený odvod kouře a tepla. Kromě těchto, v České republice standardně využívaných zařízení, může být určitým řešením použití tzv. „tavitelných odvodů tepla“ (viz obr. 1).



Obrázek 1 Zařízení pro odvod tepla a způsob jejich uvedení do činnosti

Tavitelnými odvody tepla rozumíme část stěny nebo střechy stavby, která se při určitém tepelném působení požáru „samovolně naruší“ a umožní odvod tepla mimo objekt (viz obr. 2).



Obrázek 2 Ukázka tavitelných konstrukcí narušených působením tepla **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

2 TAVITELNÉ KONSTRUKCE

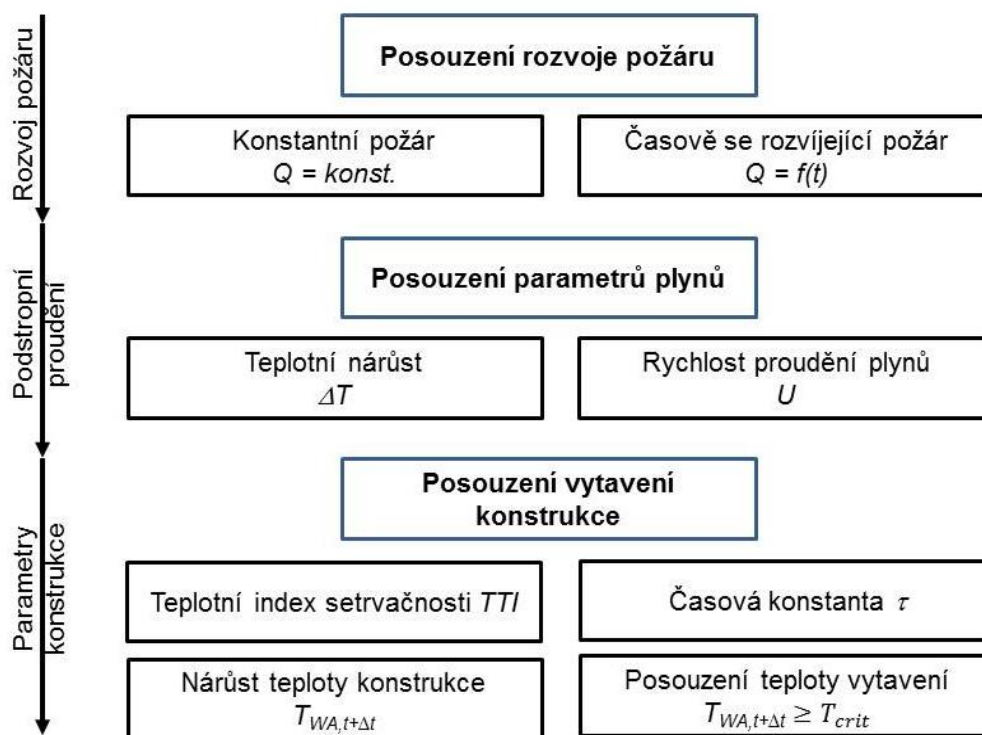
Tavitelné konstrukce tvoří plasty s teplotou tavení do 300°C (např. polykarbonátové světlíky). Vlastnosti některých konstrukcí tohoto charakteru jsou uvedeny v tabulce 1. [2], [3].

Tabulka 1 Fyzikální vlastnosti vybraných tavitelných konstrukcí

Materiál	Tepelná vodivost ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)	Hustota ($kg \cdot m^{-3}$)	Měrná tepelná kapacita ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$)	Teplota tavení ($^{\circ}C$)
Polymethylmetakrylát	0,18	1180	1500	240
Polykarbonát	0,21	1200	1170	225
Polyvinylchlorid	0,15	1400	850	240
Styrol-Acrylnitril	0,17	1080	1200	106

3 POSTUP STANOVENÍ DOBY VYTAVENÍ TAVITELNÝCH KONSTRUKCÍ

Schematický postup pro hodnocení vytavení tavitelných odvodů tepla je znázorněn na obr. 3.



Obrázek 3 Postup hodnocení vytavení tavitelných konstrukcí²

4 STANOVENÍ RYCHLOSTI A TEPLoty PODSTROPNÍHO PROUDĚNÍ PLYNŮ

Pro stanovení rychlosti U a nárůstu teploty ΔT podstropního proudění (Ceiling Jet Flow) je možné volit některou z vhodných metod, které byly široce publikovány. Mezi nejznámější patří metoda dle Evanse a Stroupa (využitelná zejména pro prostory o velkých půdorysných plochách), metoda dle Mowrera (využitelná především pro prostory o jednom převažujícím geometrickém rozměru, např. koridory) nebo metoda

²Symbole v obrázku jsou vysvětleny v kapitole 5 článku.

podle ISO 16736, která zohledňuje vliv virtuálního počátku Fire Plume.[2], [3], [4],[5], [6]

Popis metod pro posouzení podstropního proudění není dále předmětem tohoto příspěvku.

5 METODA VÝPOČTU TEPLOTNÍHO NÁRŮSTU TAVITELNÝCH KONSTRUKCÍ

Teplotu tavitelné konstrukce je možné stanovit na základě hodnoty teplotního indexu setrvačnosti TTI (Temperature Time Index). Teplotní index setrvačnosti TTI je obdobou hodnoty RTI (Response Time Index), která charakterizuje tepelnou citlivost sprinklerů.

Teplotní index setrvačnosti TTI charakterizuje specifické materiálové vlastnosti tavitelné konstrukce, se zohledněním některých parametrů horkých plynů, jejichž působení je vystavena. Na základě hodnoty TTI je stanovena tzv. časová konstanta τ , která je jedním z evstupních údajů pro hodnocení teplotního nárůstu tavitelné konstrukce. Hodnotu teplotního indexu setrvačnosti TTI ovlivňuje hmotnost a měrná tepelná kapacita materiálu, součinitel přestupu tepla, plocha vystavená působení horkých plynů a rychlost proudění plynů pod konstrukcí.

Hodnotu teplotního indexu setrvačnosti TTI a časové konstanty τ lze stanovit následujícími rovnicemi [2]:

$$TTI = \frac{\sqrt{U} \cdot (m \cdot c_p)}{(\alpha \cdot A)} \quad (1)$$

$$\tau = \frac{TTI}{\sqrt{U}} \quad (2)$$

Teplotní nárůst odvodů tepla lze stanovit rovnicí [2]:

$$T_{WA,t+\Delta t} = (T_{RS,t+\Delta t} - T_{WA,t}) \left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{\tau}}\right) + (T_{RS,t+\Delta t} - T_{WA,t}) \left(\frac{\tau}{\Delta t}\right) \left(e^{-\frac{\Delta t}{\tau}} + \frac{\Delta t}{\tau} - 1\right) + T_{WA,t} \quad (3)$$

V okamžiku, kdy teplota konstrukce dosáhne teploty vytavení, dojde k jejímu narušení a dochází k odvodu tepla mimo objekt. Platí tedy, že k vytavení konstrukce dochází, pokud:

$$T_{WA,t+\Delta t} \geq T_{crit} \quad (4)$$

kde

Q	uvolňovaný tepelný tok (kW)
ΔT	teplotní nárůst při podstropním proudění plynů (K)
U	rychlost proudění plynů při podstropním proudění (m.s ⁻¹)
TTI	teplotní index setrvačnosti (m.s) ^{1/2}

τ	časová konstanta (s)
$T_{WA,t+\Delta t}$	teplota odvodu tepla v čase $t + \Delta t$ (K)
T_{crit}	teplota vytavení odvodu tepla (kritická teplota) (K)
m	hmotnost (kg)
c_p	měrná tepelná kapacita ($J.kg^{-1}.K^{-1}$)
α	součinitel přestupu tepla ($W.m^{-2}.K^{-1}$)
A	plocha (m^2)
$T_{RS,t+\Delta t}$	teplota plynů v čase $t + \Delta t$ (K); $T_{RS} = \Delta T + T_a$
$T_{WA,t}$	teplota odvodu tepla v čase t (K)
T_a	teplota okolí (K)
Δt	časový interval (s)

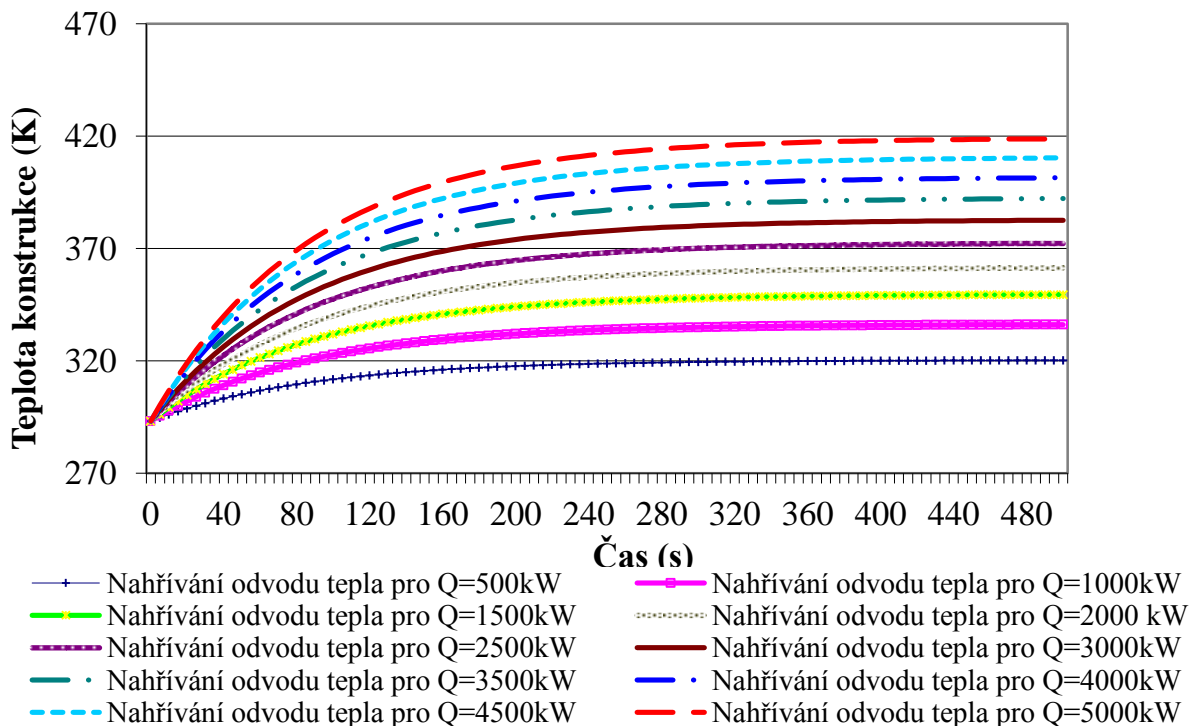
6 STANOVENÍ DOBY VYTAVENÍ KONSTRUKCÍ

V následujících odstavcích bude aplikován prezentovaný postup na příkladech nerozvíjejícího se požáru ($Q = konst.$) a rozvíjejícího se požáru ($Q = f(t)$).

6.1 STANOVENÍ TEPLoty TAVITELNÉ KONSTRUKCE PRO NEROZVÍJEJÍCÍ SE POŽÁR

Nárůst teploty tavitelných odvodů tepla byl stanoven pro polykarbonátovou konstrukci o hmotnosti $m = 11,2$ kg, měrné tepelné kapacitě $1170 J.kg^{-1}.K^{-1}$, ploše $A = 4 m^2$, součiniteli přestupu tepla $\alpha = 25 W.m^{-2}.K^{-1}$, výšce prostoru $H = 6$ m, radiální vzdálenosti od osy Fire Plume $r = 3$ m a různé hodnoty tepelného toku.

Nárůst teploty odvodu tepla pro různé hodnoty uvolňovaných tepelných toků je znázorněn na obr. 4.



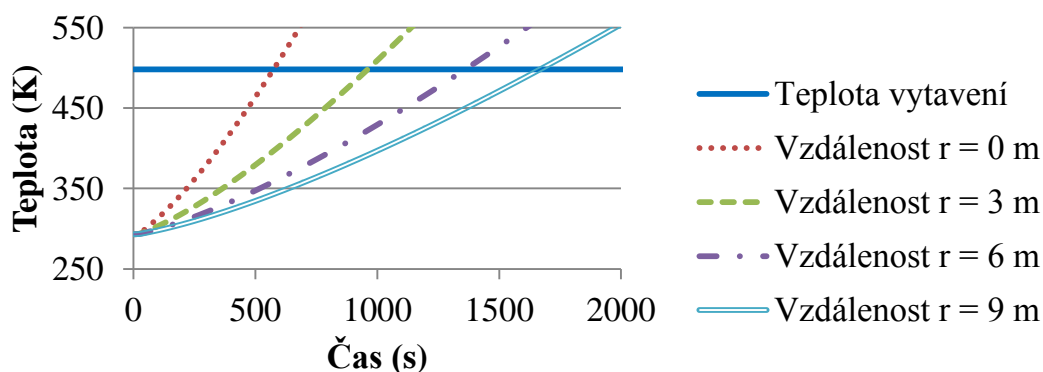
Obrázek4 Teplotní nárůst odvodu tepla pro různé hodnoty tepelných toků [1]

6.2 STANOVENÍ TEPLoty TAVITELNÉ KONSTRUKCE PRO ROZVÍJEJÍCÍ SE POŽÁR

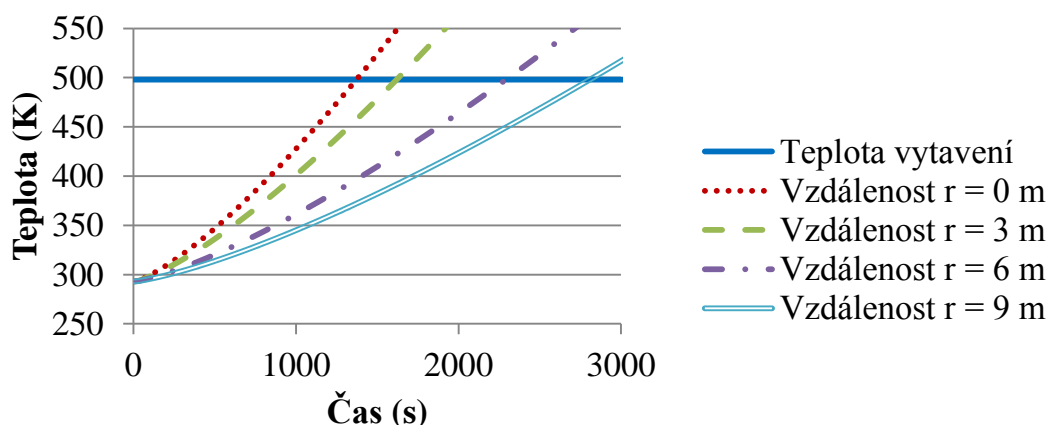
Teplota konstrukce a doba vytavení byly stanoveny pro střešní polykarbonátovou konstrukci. Byla zvolena konstrukce o rozměru 1 x 1 m, měrné tepelné kapacitě $c_p = 1170 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$, hmotnosti $m = 1,7 \text{ kg}$, součiniteli přestupu tepla $\alpha = 25 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ a teplotě okolí $T_a = 293,15 \text{ K}$.

Hodnocení bylo provedeno pro různé světlé výšky prostoru (3, 6, 9 a 12 m), různé osové vzdálenosti mezi ohniskem požáru a středem světlíků (0, 3, 6 a 9 m) a doby potřebné pro dosažení referenční rychlosti, tj. 75 s (velmi rychlý rozvoj požáru), 150 s (rychlý rozvoj požáru), 300 s (střední rozvoj požáru) a 600 s (pomalý rozvoj požáru)³. Některé z výsledků hodnocení pro výšky prostoru 6 a 12 m jsou znázorněny na obrázcích 5 a 6.

V daném případě se jedná o tzv. střední rychlost rozvoje požáru (doba potřebná pro dosažení referenční rychlosti činí 300 s).



Obrázek5 Nárůst teploty tavitelné konstrukce při výšce $H = 6\text{m}$ Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.]



Obrázek6 Nárůst teploty tavitelné konstrukce při výšce $H = 12\text{m}$ Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.]

³ Tato veličina je v některých literárních zdrojích označována také jako parametr vyjadřující dynamiku požáru (např. ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty).

7 DISKUSE K VÝSLEDKŮM

Prezentovaná výpočtová metoda umožňuje posoudit nárůst teploty tavitelné konstrukce $T_{WA,t+\Delta t}$ a s vazbou na její teplotu vytavení T_{crit} stanovit okamžik narušení konstrukce.

S rostoucí výškou prostoru a zvětšující se vzdáleností mezi ohniskem požáru a tavitelnou konstrukcí se prodlužuje doba vytavení konstrukce.

S narůstající dynamikou požáru dochází ke zkrácení doby vytavení konstrukce.

Využití tavitelných konstrukcí pro odvod tepla při požárech, představuje jinou formu využití konstrukcí, které jsou primárně instalovány z důvodů zlepšení prosvětlení nebo větrání objektů. V tomto smyslu se jedná o ekonomicky velmi výhodnou variantu řešení.

Diskutabilní je však účinnost těchto zařízení. Pro výměnu plynů v prostoru nebude zpravidla zajištěn dostatečný přívod vzduchu (dochází pouze k otevření otvorů pro odvod tepla). Účinnost těchto systémů pro odvod tepla by měla být předmětem navazujících prací.

8 ZÁVĚR

V příspěvku jsou popsány konstrukce využitelné pro odvod tepla při požárech a specifikovány tzv. tavitelné odvody tepla. Pozornost byla zaměřena na prezentaci výpočtové metody pro stanovení teploty a doby vytavení tavitelných konstrukcí. Metody byla aplikována na zvolených příkladech a je možné ji považovat za využitelnou.

Některé z poznatků jsou diskutovány v závěrečné části příspěvku.

LITERATÚRA

- [1] POKORNÝ, J., ŠAMAJ, M. Tavitelné konstrukce staveb, základy výpočetních postupů pro jejich posouzení. In Sborník přednášek XX. ročníku mezinárodní konference Požární ochrana 2011. Ostrava: VŠB-TUO, FBI, SPBI ve spolupráci s ČAHD, 2011. s. 275 - 277, ISBN: 978-80-7385-102-6, ISSN: 1803-1803.
- [2] DIN 18232-7. Rauch- und Wärmefreihaltung – Teil 7: Wärme abzüge aus schmelzbaren Stoffen; Bewertungsverfahren und Einbau. Berlín: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 2008. 40 s.
- [3] ULRICH, M. Wärmeabzüge im Brandfall. Eine Information des FVLR Fachverband Tageslicht und Rauchschutz e. V. [online]. 2007, Heft 19 [cit. 2014-03-29]. Dostupné z WWW: <http://fvlr.de/downloads/FVLR-Hefte/FVLR_Heft_19.pdf>.
- [4] FVLR [online]. 2010 [cit. 2014-03-29]. Wärmeabzug. Dostupné z WWW: <<http://fvlr.de/waermeabzug.htm>>.
- [5] ISO 16736:2006. Fire safety engineering – Requirements governing algebraic equations – Ceiling jet flows. Geneva, International Organization for Standardization ISO/TC 92/SC 4, 2006. pp 17.

- [6] ALPERT, R.L., Ceiling Jet Flows. The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 4th Edition, Editor, National Fire Protection Association, Quincy, USA, pp. 2-21 to 2-53, 2008. ISBN-10:0-87765-821-8, ISBN-13:978-0-87765-821-4.
- [7] KUČERA, P., KAISER, R., PAVLÍK, T., POKORNÝ, J. Požární inženýrství dynamika požáru. 1. vydání. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2009. 152 s. ISBN 978-80-7385-074-6.
- [8] ŠAMAJ, M., POKORNÝ, J. Využitelnost tavitelných konstrukcí staveb pro odvod tepla při požáru. In Sborník přednášek XXII. ročníku mezinárodní konference Požární ochrana 2013. Ostrava: VŠB-TUO, FBI, SPBI ve spolupráci s ČAHD, 2013. s. 271 - 273, ISBN: 978-80-7385-127-9, ISSN: 1803-1803.

Článek recenzovali dvaja nezávislí recenzenti.