



AKTÍVNE SYSTÉMY PROTPOŽIARNEJ OCHRANY – SYSTÉMY VODNEJ HMLY

Miroslav Betuš¹

ABSTRAKT

Systémy vodnej hmly boli v poslednej dobe podrobené širokému spektru výskumu a vedeckému skúmaniu, avšak k ďalšiemu vývoju je potrebné sa zamerať viac na pochopenie vzťahu medzi druhom horľavej látky, podmienkami v miestnosti, kde požiar prebieha a vlastnosťami použitého aktívneho systému protipožiarnej ochrany.

Klasické sprinklerové zariadenia nie je možné v mnohých prípadoch plne nahradiť hmlovými zariadeniami a to v prípadoch, kde je najdôležitejší parameter množstvo vody pre hasenie. Sú však prípady, kde vodná hmla výrazne konkuruje ostatným zariadeniam a to predovšetkým objemom potrebnej hasiacej látky, kde v mnohých prípadoch hasiaca látka odtečie do okolia a neplní svoju základnú funkciu, inštaláciou potrubných rozvodov a cenou. To je dôvod na uprednostnenie hmlového zariadenia najmä v priestoroch s výskytom hodnotného technologického zariadenia, vnútorného vybavenia a pri objektoch historickej hodnoty.

Kľúčové slová:

Stabilné hasiace zariadenie, hmlové systémy ochrany, požiar

ABSTRACT

Water mist system have recently been subjected to a wider and geof research and scientific research, but further development needs to focus more on understanding the relationship between the type of combustible substance, the conditions in the room where the fire is taking place and the properties of the active fire protection system used. Conventional sprinkler systems cannot be replaced in many cases by fogging devices in cases where the amount of water used for extinguishing is the most important parameter. However, there are cases where the water fog significantly competes with other equipment, especially the volume of the necessary extinguishing agent, where in many cases the extinguishing agent flows into the environment and does not fulfill its essential function, install at ion of pipework and price. This is the

¹Miroslav Betuš, mjr., Ing., PhD., Krajské riaditeľstvo Hasičského a záchranného zboru v Košiciach, Požiarnická 4, Košice, 0917 433 352, m.betus@centrum.sk.

reason why the fog device is preferred, especially in areas where valuable technological equipment, interior equipment and objects of historic value are present.

Keywords:

Water mist system, fire protection, sprinkler system

1 ROZDELENIE HMLOVÝCH HASIACICH ZARIADENÍ

Základné rozdelenie hmlových hasiacich zariadení je podľa pracovného tlaku – tlaku v potrubí v prípade aktivácie zariadenia.

- Nizkotlakové $< 12,5$ barov (1,25 MPa).
- Stredotlakové 12,5 – 35 barov (1,25 – 3,5 MPa).
- Vysokotlakové ≥ 35 barov (3,5 MPa).

Podľa spôsobu vytvárania vodnej hmly:

- Jednofázové – hasiace médium privádzané ku koncovým prvkom samostatným potrubím.
- Dvojfázové – zariadenia vytvárajúce vodnú hmlu v koncových prvkoch pomocou vody a plynu. Obe média sú privádzané samostatným potrubím.

Podľa koncových prvkov:

- S otvorenými hlavicami.
- S uzavretými hlavicami.

Podľa charakteru chráneného priestoru:

- Systémy pre lokálne aplikácie.
- Systémy pre objemové hasenie.

Podľa doby hasenia:

- Zariadenia pre uhasenie požiaru.
- Zariadenia pre uvedenie požiaru pod kontrolu (lokalizáciu požiaru). [1]

1.1 PRINCÍP HASENIA HMLOVÝMI ZARIADENIAMI

Vodnú hmlu možno definovať ako vodný sprej, v ktorom je 99% celkového objemu obsiahnutých v kvapôčkach s priemerom do 1 mm pri minimálnom pracovnom tlaku dýzy vodnej hmly, ktorá ju vytvára. Vodná hmla ako hasiaca látka je relatívne nová koncepcia. Obchodné prekážky sa objavili až na začiatku 90. rokov hlavne vďaka postupnému opúšťaniu halónov, ktoré sa zdali byť dokonalým hasiacim médium pre všetky druhy horľavých látok. [1]

Voda je najrozšírenejšou hasiacou látkou a využíva sa najmä pre svoju dostupnosť, jednoduchú distribúciu a nízku cenu. Jednou z dôležitých vlastností je jej možnosť zmiešania s mnohými substanciami, čím sa zlepšuje hasiaci účinok. Hasiaci účinok možno vo všeobecnosti rozdeliť na primárny a sekundárny. [1]

1.2 PRIMÁRNY ÚČINOK HASENIA HMLOVÝMI ZARIADENIAMÍ

Ochladzovanie:

V tomto prípade sa ochladzovanie týka priameho ochladzovanie plameňa horúcich plynov a pár, čo má za následok zvyšovanie teploty častíc vody na teplotu varu a následného odparovania. Tento účinok sa zlepšuje pri používaní systémov vodnej hmly v porovnaní s klasickými konvenčnými systémami z dôvodu zníženej veľkosti častíc vody, ktoré zvyšujú povrchovú plochu pri určitom objeme, čím sa maximalizuje prenos tepla a rýchlosť odparovania.

Dve tepelné technické parametre určujú schopnosť absorbovať teplo. Prvý technický parameter sa označuje ako merná tepelná kapacita a udáva sa ako hodnota $4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ pri 20°C , táto hodnota je závislá na počiatočnej teplote, pričom z tejto definície sa jedná o teplo spotrebované na ohriatie 1 kg látky jedným Kelvinom (na ohriatie 1g vody jedným $^\circ\text{C}$ sa spotrebuje 1 cal.).[2]

Druhý technický parameter je latentné teplo alebo tiež merné skupenské teplo. Je to energia spotrebovaná len na zmenu skupenstva látky bez zmeny teploty. Latentné teplo vody pri premene na paru sa udáva 2257 kJ/kg . Matematicky možno celkové množstvo vodou absorbovaného tepla spočítať ako:

$$e = k_1.w.(t_2-t_1)+k_2.w \quad (1)$$

Kde:

e = celková absorbovaná energia [cal]

k_1 = merná tepelná kapacita [cal/g. $^\circ\text{C}$]

w = hmotnosť [g]

t_2 = počiatočná teplota [$^\circ\text{C}$]

t_1 = teplota bodu varu [100°C]

k_2 = latentné teplo [cal/g]

Vytlačanie kyslíka

Po odparovaní sa objem vodnej pary rozširuje vo všetkých smeroch a môže priamo a nepriamo ovplyvňovať zánik požiaru. Pri priblížení sa vodnej pary k požiaru, objemová expanzia vodných pár môže zriediť prítomné horľavé plyny a pary a znížiť ich strhávanie do plameňa, čím priamo ovplyvňujú prítomnosť tvorby horľavej zmesi.

Zväčšenie objemu vodnej pary je závislé na koncovej teplote plynu (pary). Pokiaľ bude výsledná teplota pary blízka teplote 100°C , zväčší svoj objem oproti kvapalnej fázy 1700 krát, pokiaľ bude výsledná teplota okolo 800°C , expanduje až 4700 krát. Pri zväčšovaní objemu plynná fáza prakticky vytlačí vzduch a izoluje tak horľavé látky od prístupu kyslíka.

Výsledky výpočtov ukazujú, že koncentrácia kyslíka v miestnosti o objeme 100m^3 môže klesnúť približne na 10%, keď sa 5,5l vody premení na paru. Zníženie

koncentrácie kyslíka je závislé na veľkosti požiaru, dobe rozhorievania požiaru pred začatím hasenia, objemu miestnosti a podmienkach ventilácie.

Pokiaľ dôjde k začatiu hasenia požiaru v počiatkovej fáze požiaru, premení sa na paru len malé množstvo vody a k vytlačaniu kyslíka takmer nedochádza. V pokročilej fáze požiaru je premena na paru a tým aj efekt vytlačania podstatnejší. [2]

1.3 SEKUNDÁRNY ÚČINOK HASENIA HMLOVÝMI ZARIADENIAMI

Zabránenie transportu tepla radiáciou

Ak dochádza k obaleniu horiaceho predmetu oblakom vodnej hmly, vytvorí sa tak bariéra brániace transportu tepla radiáciou a tým pádom aj šíreniu požiaru. Miera obmedzenia radiácie závisí na hustote hmlového prúdu a veľkosti kvapiek. Vodná hmla dopadajúca na predmety nezasiahnuté požiarom ochladzuje a zvlhčuje ich povrch a zvyšuje tak intenzitu sálavého tepla potrebnú k ich zapáleniu. [3]

Kinetická energia hmlového prúdu

Kinetickú energiu možno využiť k zrazeniu horenia tam, kde sa uvažujú krátke vzdialenosti medzi koncovými prvkami rozvodu a chráneným zariadením. Experimenty vykonávané pri veľkorozmerových skúškach dokazujú, že poddimenzovaný návrh hmlového systému vedie k vyššej rýchlosti uvoľňovaného tepla ako je rýchlosť uvoľňovania tepla bez navrhovaného systému. Táto skutočnosť je spôsobovaná kontaktom rýchlo sa pohybujúceho hmlového prúdu s hladinou horľavej kvapaliny, čím dochádza k zväčšovaniu objemu, v ktorom sa zmiešavajú horľavé pary s kyslíkom a tým k rýchlejšiemu rozvoju uvoľňovaného tepla. [3]

Vplyv veľkosti kvapiek

Celkové množstvo kvapiek uvoľnených do chráneného priestoru možno rozdeliť na:

- kvapky odklonené prúdom horúcich plynov mimo miesta požiaru,
- kvapky, ktoré preniknú cez plamene až k horiacemu povrchu,
- kvapky dopadajúce na okolité konštrukcie,
- kvapky premenené na vodnú paru za súčasného ochladzovania horiaceho objektu,
- kvapky ochladzujúce okolité predmety a zabraňujúce ich vzplanutiu. [3]

Veľkosť kvapiek má vplyv na merný povrch vzťahnutý k objemovej jednotke vody. Čím väčší je merný povrch, tým rýchlejšia a efektívnejšia je premena vody na paru. Tabuľka poukazuje vplyv veľkosti kvapiek na ich merný povrch. Drobnejšie veľkosti jednoduchšie vyplnia priestor, oproti tomu väčšie veľkosti jednoduchšie prenikajú cez prúdiace horľavé plyny a pary. [3]

Tabuľka 1 Merný povrch kvapiek vytvorených z 1l vody [3]

veľkosť kvapky [mm]	6	1	0,1
množstvo kvapiek [ks]	$8,8 \cdot 10^3$	$1,9 \cdot 10^6$	$8,8 \cdot 10^9$
merný povrch [m ²]	1	6	60

1.4 KONŠTRUKCIA

Koncové prvky hmlového hasiaceho zariadenia možno rozdeliť podľa spôsobu aktivácie na:

- Hlavice – trysky uzatvorené poistkou reagujúce na teplotu okolia, pracujú na podobnom princípe ako klasické sprinklerové systémy s tavnou poistkou alebo sklenenou ampulkou (obrázok 1).
- Hubice – otvorené hlavice, ktoré sú spúšťané iným zariadením ako vlastnou hubicou, spravidla elektrickou požiarou signalizáciou alebo detekčným zariadením, ktoré je súčasťou systému (obrázok 2).



Obrázok 1 Hlavice uzatvorené poistkou (HI-FOG sprinklerhead)[3]



Obrázok 2 Otvorené hubice (HI-FOG spray head)[3]

2 POROVNANIE JEDNOTLIVÝCH SYSTÉMOV

Stabilné hasiace zariadenia, ako už bolo spomenuté sú systémy, ktoré aktívnym spôsobom zabráňujú vzniku a šíreniu požiaru. Existujú dva základné technológie vodných prúdov, ktoré sa bežne využívajú, nízkotlakové systémy (sprinklerové systémy) a systémy vodnej hmly. Terminologicky sa odlišujú ako systémy záplavové a systémy vodnej hmly, kde princíp funkcie je ich aktivácia buď automatickým spôsobom prostredníctvom detekčného zariadenia alebo prostredníctvom poistky.[3]

2.1 NÍZKOTLAKOVÉ SYSTÉMY

Nízkotlakové systémy zvyčajne využívajú otvorené sprinklerové hlavice, pričom ich prevádzkové tlaky sú nižšie ako 12 barov. Tieto systémy pracujú s relatívny veľkými veľkosťami kvapiek s nízkou kinetickou energiou, ak sú vypúšťané cez sprinkler. Veľkosť kvapiek možno znížiť, ak sa použijú vyššie tlaky a špeciálne trysky. Každý typ trysky má odlišnú charakteristiku rozprašovanie z hľadiska rozloženia kvapiek a oblasti pokrytia. Aplikačné dávky sa uvádzajú na základe rýchlosti pokrytia povrchu v l/min/m². [3]



Obrázok 3 Nízkotlakový systém na ochranu transformátora New York

2.2 VYSOKOTLAKOVÉ SYSTÉMY

Systém vysokotlakovej vodnej hmly pracuje s tlakom nad 35 barov. Tento systém využíva vodu s výrazne menšími kvapkami ako systémy klasické nízkotlakové, navyše sú kvapky vypúšťané vysokou rýchlosťou a kinetickou energiou na vyplnenie chráneného priestoru. Kvapky dosahujú výbornú úroveň pokrytia celého priestoru, súčasne vyplňujú celý chránený prierez nad a pod tryskami. Každý typ trysky má rozdielne charakteristiky rozprašovania a systémy sú zvyčajne navrhnuté ako objemové, kde sa ako parameter uvádza liter za minútu na meter kubický. [3]



Obrázok 4 Vysokotlakový systém na ochranu objektov historickej hodnoty

2.3 POROVNANIE TESTOV

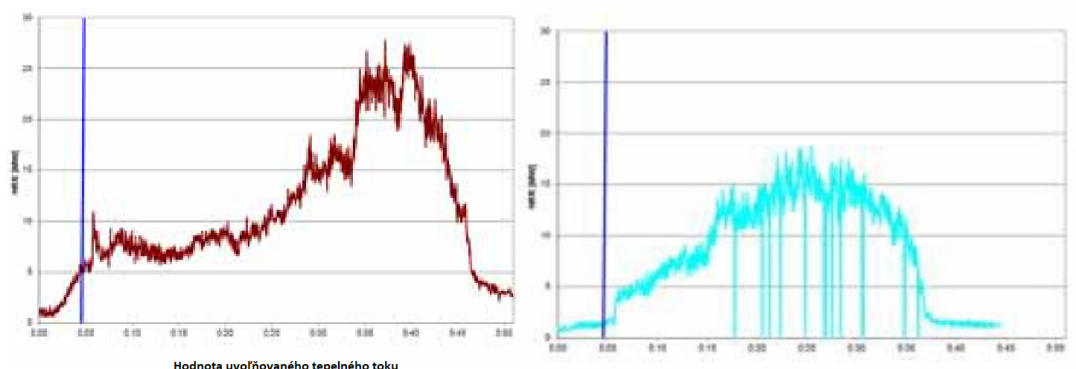
Existuje množstvo porovnaní týchto systémov, pre ukážku je v práci analyzovaný test v tuneli Asturias v Severnom Španielsku, ktorý vykonala IFAB (inštitút pre aplikovaný výskum požiarnej bezpečnosti). Testovanie zahŕňalo rôzne aplikačné dávky, pričom pre účely testu sú tu uvedené výsledky 12 litrov za minútu na m^2 pri nízkotlakovom systéme pri rovnakom požiarom scenári a vysokotlakovým systémom, kde prietok bol menší o 30% $\sim 0,65 \text{ l/min}^{-1}/m^2$ ($<3,5 \text{ l/min}/m^2$).

Ako horľavá látka boli použité euro drevené palety prikryté plávajúcou plachtou. Celkovo bolo použitých 408 paliet (9600kg a energetický obsah 140 GJ), pri teste bola použitá pozdĺžna ventilačná rýchlosť 3m/s a horľavý materiál bol zapálený 40l benzínu.

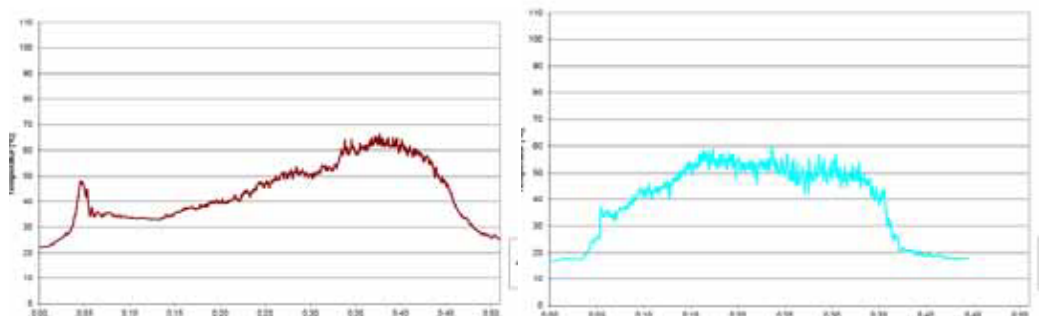
Klasický nízkotlakový systém (sprinkler) bol aktivovaný v 4. minúte požiaru bez ohľadu na nameranú hodnotu HRR (hodnota uvoľňovaného tepelného toku), v tomto čase sa hodnota HRR pohybovala v rozmedzí 2-5 MW.

Vysokotlakový hmlový systém bol tiež aktivovaný v 4. minúte od vzniku požiaru.

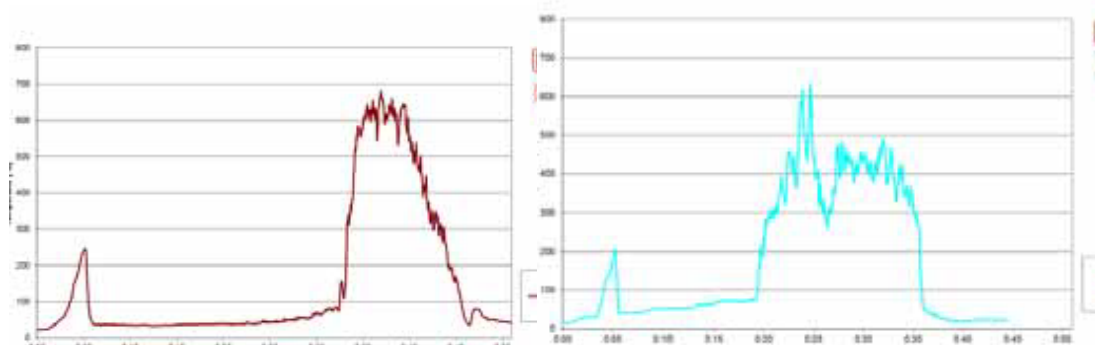
V grafoch je na ľavej strane znázornený (červenou farbou) klasický systém a na pravej strane (modrou farbou) znázornený hmlový systém. [4]



Obrázok 5 Hodnota tepelného toku pri klasických systémoch a hmlových systémoch [4]



Obrázok 6 Teplota plameňa pri použití klasických systémoch a hmlových systémoch [4]



Obrázok 7 Teplota v centre plameňa pri použití klasických systémoch a hmlových systémoch [4]

Tabuľka 2 Porovnanie aspektov pri jednotlivých systémov [4]

	Nízkotlakové systémy	Vysokotlakové systémy
Vytlačanie plameňa	+	+
Ochladzovanie okolia do výšky 2m	+	+
Zníženie sálavého tepla	+	+
Prevencia šírenia plameňa na okolie	+	+
Zlepšenie viditeľnosti	+	+
Zabránenie šíreniu dymu	udržateľné podmienky	udržateľné podmienky
Spätné vrstvenie dymu	žiadne	žiadne
Redukcie teploty v závislosti na čas	+	+
Zabránenie šíreniu požiaru	+	+
Zmočenie povrchu	+	-
Ochrana stropnej konštrukcie	-	+

3 ZÁVER

Najpopulárnejšie a najzákladnejšie typy stabilných hasiacich zariadení na lokalizáciu požiaru sú nízkotlakové klasické sprinklerové systémy a vysokotlakové systémy na báze vodnej hmly. Oba typy systémov pri skúškach prešli skúškami v plnom rozsahu, kde obidva typy systémov pracujú pri prevádzke s otvorenými hlavicami a vo väčšine prípadov používajú čistú vodu. Hlavný rozdiel je pri týchto systémov v prietoku vody, rozdelení kvapiek vody a kinetická energia pri spustení.

Nízkotlakové klasické systémy fungujú viac na princípe ochladzovania a zmáčania povrchu paliva, zatiaľ čo vodná hmla funguje aj na princípe trojrozmerného vplyvu na horľavé plyny a pary, čiže na princípe zriedovania a izolácie horľavých plynov a pár. Obe systémy preukázali výborné schopnosti na zabránenie šírenia sálavého tepla a plameňa, kde systémy na báze vodnej hmly preukázali nižšiu spotrebu vody a ochladzovanie horných častí konštrukcií.

Záverom možno konštatovať, že systémy vodnej hmly poskytujú dobrú alternatívu pre ochranu objektov, priestorov a materiálov, kde sú kladené nároky na ochranu objektov a materiálov historickej hodnoty, kde by veľké prietoky záplavových systémov spôsobili ďalšie materiálne škody.

LITERATÚRA

- [1] ZHIGANG, L., KIM, A., 2015. A review of water mist fire suppression system – fundamental studies., Canada: National Research Council Canada, [K1A0R], s. 14-18.
- [2] LAKKONEN, M., SPRAKEL, D., FELTMANN, A., 2014. Comparison of deluge and mist system from a performance and practical point of view., 7th International Conference ‘Tunnel Safety and Ventilation’ 2014, Graz, s. 203-212.
- [3] QIN, J., CHOW, W., K., 2016. Experimental data on water mist suppression., Hong Kong: The 9th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology, International Association for Fire Safety Science, Published by Elsevier Ltd. S. 868 – 877.
- [4] DWI, A., YUNINDAR, R., P., 2016. Analysis of Water Mist Fire Suppression System Applied on Cellulose Fire., Indonesia, Fire Safety Engineering Research Group, Department of Mechanical Engineering, Universitas Indonesia, Kampus UI Depok, 16424, Indonesia, Engineering Physics International Conference, EPIC 2016. s. 344 – 351.