Petr BEBČÁK[1], Jana DRGÁČOVÁ[2]

VYUŽITÍ ZKUŠEBNÍHO AEROSOLU PŘI VIZUALIZACI KOMPLEXNÍCH ZKOUŠEK SILNIČNÍCH TUNELŮ

UTILIZATION OF TEST AEROSOL IN VISUALIZATION OF COMPREHENSIVE TESTS OF ROAD TUNNELS

Abstrakt

Před uvedením tunelu do provozu je nutné funkčními zkouškami prokázat, zda provedení požárně bezpečnostních zařízení odpovídá projekčním a technickým požadavkům na jeho požárně bezpečnostní funkci. Tento příspěvek vznikl v rámci projektu TIP FR TI1/121 „Nová řešení pro vyšší požární bezpečnost v tunelu“ a přináší informaci o možnosti využití zkušebního aerosolu při vizualizaci požárního větrání v rámci komplexních zkoušek silničních tunelů.

Klíčová slova: tunel, aerosol, vizualizace, komplexní zkoušky.

Abstract

Before putting a tunnel into operation, it is necessary to verify by functional tests whether or not the type of fire safety devices satisfies design and technical requirements for its fire safety function. This contribution was prepared in the framework of project TIP FR TI1/121 “Nová řešení pro vyšší požární bezpečnost v tunelu“ (New Solutions for Higher Fire Safety in Tunnel) and brings information on a possibility of utilizing a test aerosol in the visualization of fire ventilation in the framework of comprehensive tests of road tunnels.

Key words: tunnel, aerosol, visualization, comprehensive tests.

Úvod

Požáry v tunelech pozemních komunikací nejsou v praxi častým jevem, nicméně jejich dopady, nejen na životy a zdraví účastníků silničního provozu a materiální škody na majetku účastníků provozu a na infrastruktuře, ale zvláště na postoji široké veřejnosti k možnosti používání tunelu a k jejich provozovatelům.

Z těchto důvodů jsou tunelové stavby v České republice vybavovány požárně bezpečnostními zařízeními a pro provoz tunelové stavby jsou ve snaze o zajištění přijatelné míry rizika pro účastníky provozu ve všech tunelech na pozemních komunikacích přijímána požárně bezpečnostní opatření.

[1] Ing., Ph.D., VŠB - TUO, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Katedra požární ochrany, Lumírova 13, 70030 Ostrava - Výškovice, e-mail: petr.bebcak@vsb.cz

[2] Ing., Ph.D., VŠB - TUO, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Katedra požární ochrany, Lumírova 13, 70030 Ostrava - Výškovice, e-mail: jana.drgacova@vsb.cz

Každá tunelová stavba je z hlediska stavebního řešení, situování i technického řešení jedinečným dílem a rozsah vybavení a opatření je různý pro jednotlivé tunely v závislosti na jejich parametrech.

Rozsah požárně bezpečnostních zařízení je stanoven v technických předpisech vydaných k této problematice: ČSN 73 7507, TP 154, TP 98 a TKP-D-7, které stanovují rozsahy vybavení a opatření pro různé tunely v závislosti na jejich parametrech, např. na délce a intenzitě dopravy (viz TP 98).

Požárně bezpečnostní zařízení

Podle vyhlášky MV č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci) patří mezi požárně bezpečnostní zařízení (dále jen PBZ):

a) zařízení pro požární signalizaci (např. elektrická požární signalizace, zařízení dálkového přenosu, zařízení pro detekci hořlavých plynů a par, autonomní požární signalizace, ruční požárně poplachové zařízení),
b) zařízení pro potlačení požáru nebo výbuchu (např. stabilní nebo polostabilní hasicí zařízení, automatické protivýbuchové zařízení, samočinné hasicí systémy),
c) zařízení pro usměrňování pohybu kouře při požáru (např. zařízení pro odvod kouře a tepla, zařízení přetlakové ventilace, kouřová klapka včetně ovládacího mechanismu, kouřotěsné dveře, zařízení přirozeného odvětrání kouře),
d) zařízení pro únik osob při požáru (např. požární nebo evakuační výtah, nouzové osvětlení, nouzové sdělovací zařízení, funkční vybavení dveří, bezpečnostní a výstražné zařízení),
e) zařízení pro zásobování požární vodou (např. vnější požární vodovod včetně nadzemních a podzemních hydrantů, plnících míst a požárních výtokových stojanů, vnitřní požární vodovod včetně nástěnných hydrantů, hadicových a hydrantových systémů, nezavodněné požární potrubí),
f) zařízení pro omezení šíření požáru (např. požární klapka, požární dveře a požární uzávěry otvorů včetně jejich funkčního vybavení, systémy a prvky zajišťující zvýšení požární odolnosti stavebních konstrukcí nebo snížení hořlavosti stavebních hmot, vodní clony, požární přepážky a ucpávky),
g) náhradní zdroje a prostředky určené k zajištění provozuschopnosti požárně bezpečnostních zařízení, zdroje nebo zásoba hasebních látek u zařízení pro potlačení požáru nebo výbuchu a zařízení pro zásobování požární vodou, zdroje vody určené k hašení požárů.

Podle uvedené vyhlášky jsou vyčleněny ještě vyhrazené druhy požárně bezpečnostních zařízení, za které se považují:

h) Elektrická požární signalizace,
i) zařízení dálkového přenosu,
j) zařízení pro detekci hořlavých plynů a par,
k) stabilní a polostabilní hasicí zařízení,
l) automatické protivýbuchové zařízení,
m) zařízení pro odvod kouře a tepla,
n) požární klapky.

Komplexní zkoušky požárně bezpečnostních zařízení

Komplexní zkoušky jsou součástí první prohlídky tunelů a provádějí se před uvedením tunelu do provozu. Pouze úspěšné provedení komplexních zkoušek dává předpoklad, že tunel bude uveden do zkušebního provozu. Cílem komplexních zkoušek je ověření funkcí jednotlivých systému v napojení na řídící systém včetně stanovených automatických vazeb na ostatní systémy technického vybavení tunelů.

Během komplexních zkoušek u tunelů pozemních komunikací, ve kterých je navrženo požární větrání, resp. zařízení pro odvod tepla a kouře se provádí zkouška horkým kouřem s reálným energetickým zdrojem. Při této zkoušce se měří a monitorují fyzikální vlastnosti, zejména rychlosti proudění a směr proudění vzdušniny pro ověření, zda jsou splněny parametry stanovené schválenou projektovou dokumentací spojené s vizualizací chování kouře.

Komplexní zkoušky požárně bezpečnostních zařízení probíhají dle přesně daného scénáře a jejich cílem je cílem je prověřit všechny funkčnosti integrity požárně bezpečnostních zařízení v souladu s požárně bezpečnostním řešením.

Komplexní zkoušky požárně bezpečnostních zařízení řadíme mezi základní typy zkoušek, které jsou prováděny na tunelových stavbách.

Podle realizační fáze stavby tunelu druhu a způsobu provádění dělíme zkoušky tak, jak uvádí tabulka 1.

Tabulka 1: *Základní typy zkoušek*

<table>
<tr><th colspan="3">ZÁKLADNÍ TYPY ZKOUŠEK</th></tr>
<tr><th>Fáze projektování</th><th>Zkoušky ve stadiu uvedení tunelu do provozu</th><th>Zkoušky v provozu tunelu</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Prověrka projektovaných parametrů systému požárního větrání počítačovou simulací</td><td>Zkoušky u výrobce</td><td>Cvičné zkoušky dispečerů</td></tr>
<tr><td>Individuální zkoušky funkčnosti jednotlivých požárně bezpečnostních zařízení a systémů</td><td>Prověřovací a taktická cvičení složek IZS</td></tr>
<tr><td>Komplexní zkoušky funkčnosti PBZ a integrovaného řídícího systému s možností využití vizualizace teplým kouřem</td><td rowspan="2">Kontroly PBZ a opatření vyplývající z vyhlášky MV č. 246/2001 Sb., o požární prevenci</td></tr>
<tr><td>Kontrola a vedení dokumentace PBZ</td></tr>
</table>

Tyto komplexní zkoušky se provádějí na všech požárně bezpečnostních zařízeních a bezpečnostních systémech a to ve dvou možných variantách:

- bez simulace požáru,
- se simulací požáru osobního vozidla za použití zkušebního aerosolu, který je tvořen netoxickými pevnými částicemi (kouřem) o velikosti 3 -10 μm a plynnou fází tvořenou směsí oxidu uhličitého, vodních par a nitrozních plynů.

Komplexní zkoušky PBZ bez simulace požáru

Během zkoušek se prověřují následující vazby:

- identifikace požáru tlačítkovým hlásičem EPS,
- identifikace požáru lineárním teplotním hlásičem,
- identifikace požáru automatickým hlásičem EPS v záchranných cestách.

Tabulky 2, 3, 4 uvádí příklad protokolu ze zkoušky.

Tabulka 2: *Příklad protokolu ze zkoušky bez simulace požáru - aktivace tlačítkovým hlásičem*

Zkoušky bez simulace požáru: aktivace systému EPS tlačítkovým hlásičem			
Dotčená technologie	**Reakce řídícího systému**	**Průběh algoritmu**	**Výsledek**
Řízení dopravy	Uzavření tunelu	Po aktivaci EPS bude ověřeno uzavření tunelu. Ověření místa požáru (v které tunelové troubě došlo k požáru) provede dispečer pomocí televizního dohledu. Uvedený stav bude jednak ověřen na dopravním značení, dále bude provedeno ověření na všech úrovních ŘS. Správné zapsání do databází a souborů hlášení v souladu s projektem u dispečera tunelu PTO.	
Systém řízení VZT	Automatické (lokalizace místa požáru dispečerem) spuštění proudových ventilátorů v místě vzniku požáru (tunelové troubě)	Po aktivaci EPS tlačítkovým hlásičem dá dispečer pokyn ŘS o identifikovaném požáru. Bude ověřeno spuštění požární ventilace podle pokynů dispečera tunelu, po prověření v které tunelové troubě došlo k požáru (televizním dohledem). Ověří se spuštění proudových ventilátorů, a chod ve správném režimu (normální, nebo reverzní v projektovaných parametrech).	
	Automatické spuštění proudových ventilátorů v sousední troubě tunelu nezasažené požárem	Při spuštění požární ventilace bude ověřeno zda-li současně došlo ke startu ventilátorů v sousední troubě. Ověří se, zda byly spuštěny dvojice ventilátorů a to ve směru souhlasném se směrem proudění v zasažené části tunelu na rychlost v projektových parametrech	
	Vypnutý stav ventilátorů v záchranných cestách TT ve které došlo k požáru	Po aktivaci EPS tlačítkovým hlásičem bude ověřen vypnutý stav ventilátorů v ZC na straně TT, v které byl identifikovaný požár.	
	Automatické uzavření požárních klapek v záchranných cestách TT ve které došlo k požáru	Po aktivaci EPS tlačítkovým hlásičem bude ověřeno uzavření správných, požárních klapek v záchranných cestách.	
	Kontrola otevření klapek v záchranných cestách sousední tunelové trouby, nezasažené požárem	Po aktivaci EPS tlačítkovým hlásičem bude ověřeno otevření správných požárních klapek v záchranných cestách nezasažené trouby.	
	Start ventilátorů v ZC sousední tunelové trouby nezasažené požárem	Po aktivaci EPS tlačítkovým hlásičem bude ověřeno spuštění správných ventilátorů v záchranných cestách nezasažených požárem (t_1).	
Osvětlení tunelových trub a záchranných cest	Ověření osvětlení	Po aktivaci EPS tlačítkovým hlásičem bude ověřeno přepnutí osvětlení tunelu na max. režim (v zasaženém tubusu), a to bez ohledu na časová omezení spínání jednotlivých částí osvětlení. Uvedený přechod bude jednak ověřen vizuálně, dále bude provedeno ověření na všech úrovních. Správné zapsání do databází a souborů hlášení v souladu s projektem. V nezasaženém tubusu standardní režim dle jasoměru.	
	Ověření osvětlení záchranných cest (ZC)	Po aktivaci EPS tlačítkovým hlásičem bude ověřeno osvětlení záchranných cest tunelu. Osvětlení ZC je stále 24 h v režimu nouzového osvětlení.	
	Ověření nouzového osvětlení (bodového)	Po aktivaci EPS tlačítkovým hlásičem bude ověřeno spuštění nouzového osvětlení NUC v tunelových troubách.	
Systém - EPS	Test tlačítkového hlásiče	Po aktivaci EPS tlačítkovým hlásičem bude ověřena funkce detekování požáru tlačítkovým hlásičem instalovaným ve vybraném prostoru. Dále bude ověřeno místo a správná časová odezva na vznik požáru (čas prvního signálu, značícího pravděpodobnost vzniku požáru a čas potvrzení požárního poplachu).	
Videodetekce (televizní dohled)	Vznik mimořádné události	Po aktivaci EPS tlačítkovým hlásičem bude ověřeno automatické přepnutí kamery a monitoru na přenos z místa události (detekce stojících vozidel, vstup do SOS ZC).	

Ozvučovací zařízení	Vyzkoušení modulu digitálního záznamu hlášení	Po aktivaci EPS tlačítkovým hlásičem bude zkontrolováno automatické přehrání zaznamenaných digitálních správ na základě návaznosti mezi EPS/ŘS a systémem ozvučovacího rozhlasu.	
Technologické vybavení - silnoproud (NN)	Komplexní kontrola vazeb na všechny navazující PS (osvětlení, VZT, atd.)	Po aktivaci EPS tlačítkovým hlásičem vyzkoušet vypnutí napájení příslušného napájecího úseku, který bude odpovídat lokalizovanému místu požáru. Sledovat správnou reakci na všech úrovních ŘS a správném zapsání do databází a souborů hlášení v souladu s projektem. Po aktivaci EPS tlačítkovým hlásičem vypnout 22 kV přívod tunelu. Kontrola funkčnosti náběhu diselagregátu a činnosti UPS - rotační pro zařízení s nepřerušovaným napájením: - nouzové osvětlení, - dopravní značení tunelu, - chod ventilátorů pro přetlak v záchranných cestách, - evakuační rozhlas.	
	Vypínací úseky	Po aktivaci EPS tlačítkovým hlásičem vyzkoušet vypínací úseky - vypnutí všech el. zařízení pro možnost požárního zásahu.	
Požární vodovod	Komplexní kontrola funkčnosti požárního vodovodu	V případě, že součástí požárního vodovodu je AT stanice, bude po aktivaci EPS tlačítkovým hlásičem prověřeno, zda AT stanice pro zásobování požární vodou přešla automaticky do režimu požár na požadované tlaky.	

Tabulka 3: *Příklad protokolu ze zkoušky bez simulace požáru - aktivace lineárním hlásičem*

Zkoušky bez simulace požáru: aktivace systému EPS lineárním hlásičem			
Dotčená technologie	**Reakce řídícího systému**	**Průběh algoritmu**	**Výsledek**
Řízení dopravy	Uzavření tunelu	Po aktivaci systému EPS lineárním hlásičem požáru bude ověřeno uzavření tunelu. Ověření místa požáru (v které tunelové troubě došlo k požáru) provede dispečer pomocí televizního dohledu. Uvedený stav bude jednak ověřen na dopravním značení, dále bude provedeno ověření na všech úrovních ŘS. Správné zapsání do databází a souborů hlášení v souladu s projektem u dispečera tunelu PTO.	
Systém řízení VZT	Automatické spuštění proudových ventilátorů v místě vzniku požáru (tunelové troubě)	Po aktivaci systému EPS lineárním hlásičem požáru bude ověřeno spuštění požární ventilace podle pokynů automatického režimu. Ověří se spuštění proudových ventilátorů, a chod ve správném režimu (normal, nebo revers, rychlost proudění v projektovaných parametrech).	
	Automatické spuštění proudových ventilátorů v sousední troubě tunelu	Při spuštění požární ventilace bude ověřeno zda-li současně došlo ke startu ventilátorů v sousední troubě. Ověří se, zda byly spuštěny ventilátory a to ve směru souhlasném se směrem proudění v zasažené části tunelu na rychlost v projektovaných parametrech.	
	Vypnutý stav ventilátorů v záchranných cestách TT ve které došlo k požáru	Po aktivaci systému EPS lineárním hlásičem požáru bude ověřen vypnutý stav ventilátorů v ZC na straně TT, v které byl identifikovaný požár.	
	Automatické uzavření požárních klapek v záchranných cestách TT ve které došlo k požáru	Po aktivaci systému EPS lineárním hlásičem požáru bude ověřeno uzavření správných, požárních klapek v záchranných cestách.	
	Kontrola otevření klapek v záchranných cestách sousední tunelové trouby, nezasažené požárem	Po aktivaci systému EPS lineárním hlásičem požáru bude ověřeno otevření správných požárních klapek v záchranných cestách nezasažené trouby.	
	Start ventilátorů v záchranných cestách sousední tunelové trouby	Po aktivaci systému EPS lineárním hlásičem požáru bude ověřeno spuštění správných ventilátorů v záchranných cestách nezasažených požárem (t_1).	

Osvětlení tunelových propojek	Ověření osvětlení	Po aktivaci systému EPS lineárním hlásičem požáru bude ověřeno přepnutí osvětlení tunelu na max. režim (v zasažené troubě), a to bez ohledu na časová omezení spínání jednotlivých částí osvětlení. Uvedený přechod bude jednak ověřen vizuálně, dále bude provedeno ověření na všech úrovních. Správné zapsání do databází a souborů hlášení v souladu s projektem. V nezasažené troubě standardní režim dle jasoměru.	
	Ověření připínání osvětlení záchranných cestách	Po aktivaci systému EPS lineárním hlásičem požáru bude ověřeno osvětlení záchranných cest tunelu. Osvětlení ZC je stále 24 h v režimu nouzového osvětlení.	
	Ověření nouzového osvětlení (bodového)	Po aktivaci systému EPS lineárním hlásičem požáru bude ověřeno spuštění nouzového osvětlení NUC v tunelových troubách.	
Systém EPS	Test teplotních hlásičů	Po aktivaci systému EPS lineárním hlásičem požáru bude ověřena funkce detekování změny teploty pomocí teplotních hlásičů instalovaných ve vybraném prostoru tunelové trouby. Dále bude ověřeno místo a správná časová odezva na vznik požáru (čas prvního signálu, značícího pravděpodobnost vzniku požáru a čas potvrzení požárního poplachu).	
Videodetekce (televizní dohled)	Vznik mimořádné události	Po aktivaci systému EPS lineárním hlásičem požáru bude ověřeno automatické přepnutí kamery a monitoru na přenos z místa události (detekce stojících vozidel, vstup do SOS ZC).	
Ozvučovací zařízení	Vyzkoušení modulu digitálního záznamu hlášení	Po aktivaci systému EPS lineárním hlásičem požáru bude zkontrolováno automatické přehrání zaznamenaných digitálních správ na základě návaznosti mezi EPS/ŘS a systémem ozvučovacího zařízení.	
Technologické vybavení - silnoproud (NN)	Komplexní kontrola vazeb na všechny navazující PS (osvětlení, VZT, atd.)	Po aktivaci systému EPS lineárním hlásičem požáru vyzkoušet vypnutí napájení příslušného napájecího úseku, který bude odpovídat lokalizovanému místu požáru. Sledovat správnou reakci na všech úrovních ŘS a správném zapsání do databází a souborů hlášení v souladu s projektem. Po aktivaci systému EPS lineárním hlásičem požáru vypnout 22 kV přívod tunelu. Kontrola funkčnosti náběhu diselagregátu a činnosti UPS - rotační pro zařízení s nepřerušovaným napájením: - nouzové osvětlení, - dopravní značení tunelu, - chod ventilátorů pro přetlak v záchranných cestách, - evakuační rozhlas.	
	Vypínací úseky	Po aktivaci systému EPS lineárním hlásičem požáru vyzkoušet vypínací úseky - vypnutí všech el. zařízení pro možnost požárního zásahu.	
Požární vodovod	Komplexní kontrola funkčnosti požárního vodovodu	V případě, že součástí požárního vodovodu je AT stanice, bude po aktivaci systému EPS lineárním hlásičem požáru prověřeno, zda AT stanice přešla automaticky do režimu požár na požadované tlaky.	

Tabulka 4: *Příklad protokolu ze zkoušky bez simulace požáru - aktivace automatickým hlásičem v záchranné cestě*

Zkoušky bez simulace požáru: aktivace systému EPS automatickým hlásičem v záchranné cestě			
Dotčená technologie	**Reakce řídícího systému**	**Průběh algoritmu**	**Výsledek**
Řízení dopravy	Uzavření tunelu	Po aktivaci EPS bude ověřeno uzavření tunelu (postupné vyklizení obou trub). Uvedený stav bude jednak ověřen na dopravním značení, dále bude provedeno ověření na všech úrovních ŘS. Správné zapsání do databází a souborů hlášení v souladu s projektem u dispečera tunelu na PTO.	
Systém řízení VZT	Manuální spuštění (dispečerem) proudových ventilátorů na základě rozhodnutí dispečera tunelu pomocí videodetekce	Po aktivaci EPS bude ověřeno spuštění požární ventilace podle pokynů dispečera, po prověření, v které tunelové troubě se objevily zplodiny hoření, které byly identifikovány pomocí videodetekce. Ověří se spuštění ventilátorů, a chod ve směru pístového efektu na úroveň kritické rychlosti (rychlost proudění v projektovaných parametrech).	
	Automatické spuštění proudových ventilátorů v sousední troubě tunelu	Při spuštění požární ventilace bude ověřeno zda-li současně došlo ke startu ventilátorů v sousední troubě. Ověří se, zda byly spuštěny ventilátory a to ve směru souhlasném se směrem proudění v provětrávané tunelové troubě na rychlost v projektovaných parametrech.	
	Kontrola ventilátorů v záchranných cestách TT	Po aktivaci EPS bude zkontrolováno zda ventilátory v záchranných cestách nejsou spuštěny.	
	Kontrola uzavření požárních klapek v záchranných cestách	Po aktivaci EPS bude zkontrolováno uzavření všech požárních klapek v záchranných cestách a v rozvodnách.	
Osvětlení tunelových záchranných cest	Ověření osvětlení	Po aktivaci EPS bude ověřeno přepnutí osvětlení tunelu na max. režim, a to bez ohledu na časová omezení spínání jednotlivých částí osvětlení. Uvedený přechod bude jednak ověřen vizuálně, dále bude provedeno ověření na všech úrovních ŘS. Správné zapsání do databází a souborů hlášení v souladu s projektem.	
	Ověření připínání osvětlení záchranných cest	Po aktivaci EPS bude ověřeno osvětlení záchranných cest tunelu. Osvětlení ZC je stále 24 h v režimu nouzového osvětlení	
	Ověření nouzového osvětlení (bodového)	Po aktivaci EPS bude ověřeno spuštění nouzového osvětlení NUC v tunelových troubách.	
Systém EPS	Test automatických hlásičů požárů (optickokouřových)	Po aktivaci EPS bude ověřena funkce detekování automatických hlásičů instalovaných ve vybraném prostoru (záchranné cestě, el. rozvodně). Dále bude ověřeno místo a správná časová odezva na vznik požáru (čas prvního signálu, značícího pravděpodobnost vzniku požáru a čas potvrzení požárního poplachu).	
Ozvučovací zařízení	Vyzkoušení modulu digitálního záznamu hlášení	Po aktivaci EPS bude zkontrolováno automatické přehrání zaznamenaných digitálních správ na základě návaznosti mezi EPS/ŘS a systémem ozvučovacího zařízení.	
Technologické vybavení - silnoproud (NN)	Komplexní kontrola vazeb na všechny navazující PS (osvětlení, VZT, atd.)	Po aktivaci EPS náhodně vyzkoušet vypnutím napájení pro podružný rozvaděč správnou signalizaci ztráty napětí nahodile pro všechny profese napájené ze souboru NN (MaR, SOS, značky, osvětlení VZT, rozhlas, TVD, řídící sytém atd.) Sledovat správnou reakci na všech úrovních ŘS a správném zapsání do databází a souborů hlášení v souladu s projektem. V rámci simulace vypnout hlavní napájení tunelu. Kontrola funkčnosti náběhu diselagregátu a přepnutí UPS - rotační pro zařízení s nepřerušovaným napájením: - nouzové osvětlení, - dopravní značení tunelu, - evakuační rozhlas.	
Požární vodovod	Komplexní kontrola funkčnosti požárního vodovodu	V případě, že součástí požárního vodovodu je AT stanice, bude po aktivaci systému EPS prověřeno, zda AT stanice přešla automaticky do režimu požár na požadované tlaky.	

Komplexní zkoušky se simulací požáru zkušebním aerosolem

Zkouška je zahájena iniciací etanolu v ocelových vanách s předpokládaným celkovým tepelným výkonem požáru cca 3 MW a vývojem kouře cca 20 $m^3.s^{-1}$ (parametry při požáru osobního vozidla). Po identifikaci požáru teplotním hlásičem elektrické požární signalizace jsou řídicím systémem tunelu provedeny operace, které jsou v systému přednastaveny a spouštěny bez zásahu obsluhy tunelu.

Řídicí systém tunelu provede:

- Uzavření tunelu pomocí dopravního značení;
- Aktivaci zařízení dálkového přenosu elektrické požární signalizace;
- Automatické spuštění proudových ventilátorů v požárem zasažené tunelové troubě pro dosažení kritické rychlosti proudění vzdušnin ve směru jízdy vozidel;
- Automatické spuštění proudových ventilátorů v požárem nezasažené tunelové troubě pro dosažení souhlasného směru proudění jako v požárem zasažené troubě;
- Kontrolu otevřených požárních klapek v záchranných cestách v požárem nezasažené tunelové troubě;
- Uzavření požárních klapek v záchranných cestách v požárem zasažené tunelové troubě;
- Spuštění ventilátorů v záchranných cestách v požárem nezasažené tunelové troubě pro vytvoření přetlaku cca 30 Pa v záchranných cestách (propojkách);
- Přepnutí osvětlení tunelu na maximální režim v požárem zasažené tunelové troubě, včetně spuštění nouzového osvětlení v tunelových troubách a záchranných cestách;
- Spuštění evakuačního hlášení v tunelových troubách a záchranných cestách pro informaci účastníků silničního provozu o vzniku požáru.

Při komplexních zkouškách je také simulován výpadek elektrické energie z veřejné distribuční sítě, čímž je prověřeno napájení vybraných zařízení prostřednictvím nepřerušeného zdroje elektrické energie (UPS) a dieselagregátu.

V průběhu komplexní zkoušky se simulací požáru jsou sledovány následující fyzikální parametry:

- rychlost proudění vzduchu včetně zplodin hoření v zasažené tunelové troubě stacionárními a mobilními anemometry;
- rychlost proudění vzduchu v nezasažené tunelové troubě stacionárními a mobilními anemometry;
- rychlost proudění vzduchu v otevřených dveřích vstupu do záchranných cest (propojek);
- průběžné měření teplot v zasažené tunelové troubě;
- průběžné měření optické hustoty kouře.

Komplexní zkouška provozuschopnosti požárně bezpečnostních systémů - s aerosolem

Následující tabulka 5 uvádí příklad protokolu ze zkoušky s využitím aerosolu.

Tabulka 5: *Příklad protokolu ze zkoušky se simulací požáru - aktivace lineárním hlásičem*

Zkoušky se simulací požáru: aktivace systému EPS lineárním hlásičem			
Dotčená technologie	**Reakce řídicího systému**	**Průběh algoritmu**	**Výsledek**
Řízení dopravy	Uzavření tunelu	Po vyhlášení požární poplachu bude ověřeno uzavření tunelu. Ověření místa požáru (v které tunelové troubě došlo k požáru) provede dispečer pomocí televizního dohledu. Uvedený stav bude jednak ověřen na dopravním značení, dále bude provedeno ověření na všech úrovních ŘS. Správné zapsání do databází a souborů hlášení v souladu s projektem u dispečera tunelu PTO.	
Systém řízení VZT	Automatické spuštění proudových ventilátorů v místě vzniku požáru (tunelové troubě)	Po vyhlášení požárního poplachu bude ověřeno spuštění požární ventilace podle pokynů automatického režimu. Ověří se spuštění proudových ventilátorů, a chod ve správném režimu (normál, nebo revers, rychlost proudění v projektovaných parametrech).	
	Automatické spuštění proudových ventilátorů v sousední troubě tunelu	Při spuštění požární ventilace bude ověřeno zda-li současně došlo ke startu ventilátorů v sousední troubě. Ověří se, zda byly spuštěny ventilátory a to ve směru souhlasném se směrem proudění v zasažené části tunelu na rychlost v projektovaných parametrech.	
	Vypnutý stav ventilátorů v záchranných cestách TT ve které došlo k požáru	Po vyhlášení požárního poplachu bude ověřen vypnutý stav ventilátorů v ZC na straně TT, v které byl identifikovaný požár.	
	Automatické uzavření požárních klapek v záchranných cestách TT ve které došlo k požáru	Po vyhlášení požárního poplachu bude ověřeno uzavření správných, požárních klapek v záchranných cestách.	
	Kontrola otevření klapek v záchranných cestách sousední tunelové trouby, nezasažené požárem	Po vyhlášení požárního poplachu bude ověřeno otevření správných požárních klapek v záchranných cestách nezasažené trouby.	
	Start ventilátorů v záchranných cestách sousední tunelové trouby	Po vyhlášení požárního poplachu bude ověřeno spuštění správných ventilátorů v záchranných cestách nezasažených požárem.	
Bude provedeno měření rychlosti a směr proudění vzdušnin při otevřených dveřích v záchranných cestách.			
Osvětlení tunelových propojek	Ověření osvětlení	Po vyhlášení požárního poplachu bude ověřeno přepnutí osvětlení tunelu na max. režim (v zasažené troubě), a to bez ohledu na časová omezení spínání jednotlivých částí osvětlení. Uvedený přechod bude jednak ověřen vizuálně, dále bude provedeno ověření na všech úrovních. Správné zapsání do databází a souborů hlášení v souladu s projektem. V nezasažené troubě standardní režim dle jasoměru.	
	Ověření připínání osvětlení záchranných cest	Po vyhlášení požárního poplachu bude ověřeno osvětlení záchranných cest tunelu Osvětlení záchranné cesty je stále 24 h v režimu nouzového osvětlení.	
	Ověření nouzového osvětlení (bodového)	Po vyhlášení požárního poplachu bude ověřeno spuštění nouzového osvětlení nouzové únikové cesty v tunelových troubách.	
Videodetekce (televizní dohled)	Vznik mimořádné události	Po vyhlášení požárního poplachu bude ověřeno automatické přepnutí kamery a monitoru na přenos z místa události (detekce stojících vozidel, vstup do SOS záchranné cesty).	

Obrázek 1: *Vizualizace požárního větrání horkým kouřem pomocí aerosolu (foto Ing. Petr Bebčák, Ph.D.)*
a) Příprava před zkouškou, b) Iniciace etanolu, c) Stratifikace kouře v tunelové troubě, d) Pohled do zakouřené tunelové trouby

Zkušební aerosol

Vzniká ze směsi v generátoru z jednotlivých vyvíječů při teplotách kolem 1200 °C - 1300 °C. Aerosol je směsí pevné a plynné fáze:

- ***Pevná fáze*** je tvořena částicemi o velikosti řádově 3 μm až 5 μm. Částice jsou směsí uhličitanu draselného, hydrogenuhličitanu draselného a uhlíku.
- ***Plynná fáze*** je směsí oxidu uhličitého, oxidu uhelnatého, vodních par, nitrózních plynů, dusíku a amoniaku.

Hodnoty pevné fáze aerosolu chloridu draselného KCl a uhličitanu draselného K_2CO_3 v činí v průměru 0,16 $g.m^{-3}$, což je zanedbatelné množství s ohledem na množství proudícího vzduchu a dobu expozice. Vezmeme-li v úvahu, že usazení pevné fáze aerosolu probíhá v řádu desítek minut, lze s jistotou konstatovat, že převážné množství této kompozice se dostane do okolního prostředí mimo prostor tunelu, aniž by se stačilo usadit na vozovce nebo na jeho ostění. Tuto skutečnost potvrdily předchozí zkoušky např. na tunelech Panenská, Borik atd., kde ani vizuálně ani mechanicky nebyly zjištěny žádné stopy po usazeném aerosolu.

Při provedení komplexních zkoušek požárně bezpečnostních zařízení tunelu za použití vizualizace požárního větrání horkým kouřem pomocí aerosolu s reálným energetickým zdrojem nevzniká z hlediska ustanovení Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, žádné nebezpečí z hlediska toxicity. Koncentrace škodlivých látek se pohybuje na hodnotách řádově 100 až 600 krát nižších než jsou stanovené přípustné expoziční limity.

Rovněž z hlediska působení anorganických pevných částic obsažených v aerosolu nehrozí ani lidem ani zařízením žádné nebezpečí jednak s ohledem na nízké koncentrace těchto látek ve vzduchu - řádově 160 $mg.m^{-3}$ a jednak vzhledem k povaze výše uvedených látek, které nejsou ve smyslu zákona č. 356/2003 Sb. o chemických látkách a přípravcích klasifikovány jako nebezpečné.

Vzhledem k tomu, že převážné množství těchto látek se dostane mimo vnitřní prostory tunelu, nejsou nutná žádná opatření týkající se ochrany vozovky nebo ostění tunelu z hlediska jejích poškození či dokonce znečištění.

Parametry zkušebního generátoru

Vlastní generátor pro vývoj teplého zkušebního aerosolu je složen z ocelových van naplněných etanolem a vyvíječů horkého aerosolu, které jsou umístěny v ocelových vanách a postupně dálkově aktivovány. Každý vyvíječ je konstruován na vývin cca 40 m^3 aerosolu o koncentraci 25 - 30 $g.m^{-3}$. Možnost tedy konstatovat, že z jedné ocelové rampy je zajištěn vývin 360 m^3 zkušebního aerosolu v časovém režimu cca 2 minuty.

Obrázek 2: *Iniciace ethanolu v ocelových vanách a následný simulovaný požár (foto Ing. Petr Bebčák, Ph.D.)*

Obrázek 3: *Simulovaný požár (foto Ing. Petr Bebčák, Ph.D.)*

Závěr

Závěrem lze říci, že na základě provedení komplexních zkoušek a vizualizace požárního větrání v tunelu je znám stav připravenosti celého systému a vazeb mezi jednotlivými částmi v systému v případě požáru nebo nežádoucího stavu a je možno konstatovat, že navržené scénáře pro zkoušení požárního větrání za použití aerosolu se jeví jako vhodná metoda pro náhradu kouře uhlovodíkových plynů.

Použitá literatura

[1] Norma ČSN 73 7507 „Projektování tunelů na pozemních komunikacích“, Eltodo EG, vyd. ČNI, Praha, 2006.

[2] Zkoušky požárně bezpečnostních zařízení tunelů pozemních komunikací, Metodický pokyn, Ministerstvo dopravy, Odbor silniční infrastruktury.

[3] PŘIBYL, P.; JANOTA A.; SPALEK J.: *Analýza a řízení rizik v dopravě - Tunely na pozemních komunikacích a železnici*, BEN, Praha 2008, str. 527, ISBN: 978-80-7300-2140-0.

[4] *„Technologické vybavení tunelů na pozemních komunikacích“*, TP98, Eltodo EG, Praha, 2006.

[5] *„Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikacích“*, TP154, Eltodo EG, Praha, 2002, ISBN: 80-238-8361-5.

[6] BEBČÁK, P.: Komplexní zkouška PBZ tunelu na *„Dálnici D8 Praha - Ústí nad Labem - státní hranice ČR/SRN“;* firemní materiál firmy K.B.K. fire s.r.o.

[7] BEBČÁK, P.; DRGÁČOVÁ, J.; PETEREK, J.; ULMANN, J.: Komplexní zkoušky požárně bezpečnostních zařízení v tunelech, Sborník mezinárodní konference In *Požární ochrana 2010*, Ostrava 2010, Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, s. 21 - 26, ISBN: 978-80-7385-087-6.