

ZMENY V URČOVANÍ PRIESTOROV S NEBEZPEČENSTVOM VÝBUCHU VO VONKAJŠOM PROSTREDÍ

CHANGES IN THE CLASSIFICATION OF AREAS – EXPLOSIVE GAS ATMOSPHERES IN OUTSIDE AREAS

Martina SKLENÁROVÁ¹, Petr ŠTROCH²

ABSTRACT:

The article summarizes the changes of the updated European Standard STN EN 60079-10-1 compared to its previous version. In the next part of the article, there is a summary and an elaborated procedure for determining hazardous areas. The basis is the correct classification of a leakage source and a leakage rate. An important factor in the determination of explosion hazard areas is the determination of the rate of leakage of the combustible substance, which mainly depends on the radius of the leakage hole. The assessment of ventilation and the dispersion of leaking flammable material contributes significantly to determining the zone type and zone range. The whole article is an interpretation of the updated Standard and it offers a basic procedure for determining the type and range of zones.

KEYWORDS: Hazardous area (on account of explosive atmospheres). Source of release. Grade of release. Release rate. Lower flammable limit. Grade of dilution. Reliability of ventilation. Type of zone. Extent of zone.

ÚVOD

V priestore s nebezpečenstvom výbuchu sa musia realizovať opatrenia na jeho zníženie. Pre hodnotenie nebezpečenstva výbuchu horľavých plynov alebo pár je možné využiť základné kritériá a postupy obsiahnuté v uvedenom postupe normy. Ovplynvením parametrov vstupujúcich do posúdenia nebezpečenstva výbuchu je možné dosiahnuť aj zníženie rizika výbuchu. Európska norma EN 60079-10-1 bola schválená Európskym výborom pre normalizáciu v elektrotechnike (CENELEC) dňa 13.10.2015. Slovenská technická norma ako verzia európskej normy „STN EN 60079-10-1 - Výbušné atmosféry. Časť 10-1: Určovanie priestorov. Výbušné plynne atmosféry.“ je účinná od 13.10.2018, čím sa nahrádza norma z decembra 2009 [1, 2].

1 ZMENY V AKTUALIZOVANEJ NORME OPROTI PREDCHÁDZAJÚCEJ VERZII

Norma uvádza postupy pre zaraďovanie nebezpečných priestorov, v ktorých môže vzniknúť nebezpečenstvo výbuchu od horľavých plynov alebo pár a môže byť použitá pre

správny výber a inštaláciu zariadení v určených priestoroch.

Pre článok platia nasledovné definície [1]:

Nebezpečný priestor je priestor, v ktorom je alebo môže byť prítomná výbušná plyná atmosféra v takom množstve, že sú potrebné špeciálne opatrenia na konštrukcie, inštaláciu a používanie zariadení.

Zdroj úniku je bod alebo miesto, z ktorého môžu uniknúť do atmosféry horľavé plyny, pary, hmly alebo kvapaliny a môže tak vzniknúť výbušná plyná atmosféra.

Vetranie je pohyb vzduchu a jeho výmena za čerstvý vzduch vplyvom účinku vetra, teplotných rozdielov alebo technických prostriedkov.

Zóny sú nebezpečné priestory, ktoré sa rozdeľujú na základe početnosti a doby prítomnosti výbušnej plynnej atmosféry.

Rozsah zóny je vzdialenosť v akomkoľvek smere od zdroja úniku do miesta, v ktorom bude zmes plynu so vzduchom rozriedená na

¹ Martina Sklenárová, Ing., VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, 17. listopadu 2172/15, Ostrava-Poruba, tel.: +421 903 340 200, e-mail: martina.sklenarova.st@vsb.cz.

² Petr Štroch, doc. Ing., Ph.D., VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, 17. listopadu 2172/15, Ostrava-Poruba, tel.: +420 596 252 170, e-mail: petr.stroch@vsb.cz.

koncentráciu pod dolnú medzu výbušnosti.

Normálna prevádzka je stav, kedy zariadenie pracuje v medziach svojich konštrukčných parametrov.

Aktualizovaná norma prináša aj nové, významné zmeny. K rozšíreniu oproti predchádzajúcej verzii dochádza najmä v týchto častiach:

- novej prílohy pre stanovenie rozsahu zóny,
- postupového diagramu pre zaradenie nebezpečných priestorov podľa stupňov únikov,
- prílohy pre vodík, ktorej obsahom sú jeho základné vlastnosti spojené s nebezpečenstvom výbuchu a jeho správanie sa pri úniku a horení, ako aj odporúčané bezpečnostné opatrenia pre zdroje úniku,
- novej prílohy pre hybridné zmesi, ktorá uvádza návod pri zohľadňovaní vetrania, koncentračných medzí, vzájomnej chemickej reakcie, teplotnému obmedzovaniu a požiadaviek na zóny, ak sú prítomné hybridné zmesi,
- novej prílohy s doplnkovými rovnicami pre rozriedovanie úniku horľavých látok so vzduchom [1, 2].

K rozšíreniu a zásadným technickým zmenám oproti predchádzajúcej verzii dochádza najmä:

- v časti pre postup pri určovaní priestorov, ktorý je založený na metóde klasifikácie podľa zdrojov úniku,
- v prílohe pre znázornenie nebezpečných priestorov ponúka doporučené tvary nebezpečných priestorov, ktoré sú založené na rôznych formách únikov a môžu sa použiť pri príprave výkresov,
- upresnením výpočtov rýchlostí úniku,
- v prístupe posudzovania vetrania založeného na stupni rozriedovania namiesto stupňa vetrania,
- v aktualizácii príkladov pre vysvetlenie celej metodiky použitej v tejto norme [1, 2].

Určovanie priestorov s nebezpečenstvom výbuchu sa vykonáva z dôvodu umožnenia správneho výberu, inštalácie a prevádzkovania zariadení tak, aby mohli byť v tomto prostredí bezpečne používané.

Účelom určovania priestorov je stanoviť typ a rozsah nebezpečnej zóny.

Pri podrobnom prístupe sa vychádza najmä z klasifikácie zdrojov únikov. V rámci tejto metodiky sa využíva výpočet rýchlostí únikov pre dané podmienky, návod pre hodnotenie

vetrania a rozriedovania. Je možné zvoliť aj ďalšie formy hodnotenia, napr. počítačovou moduláciou dynamiky tekutín (CFD), alebo využiť skúsenosti z predchádzajúceho hodnotenia. Okrem metódy klasifikácie podľa zdrojov úniku sa dajú použiť alternatívne metódy klasifikácie prostredia. Ide o použitie:

- priemyselných predpisov a národných noriem (napr. API RP 505),
- zjednodušených metód, najmä pre skupiny podobných zariadení, s rovnakými podmienkami, alebo v prvotnom štádiu projektovania, kedy nie je dostupný dostatok informácií,
- kombinácie metód.

Tieto metódy sú skôr konzervatívne, kedy môže dôjsť k nadhodnoteniu rozsahu zón.

2 POSTUP URČOVANIA PRIESTOROV S NEBEZPEČENSTVOM VÝBUCHU METÓDOU KLASIFIKÁCIE PODĽA ZDROJOV ÚNIKOV

Postup pre určovanie nebezpečných priestorov sa dá zhrnúť do nasledovných krokov:

- identifikovať zdroj úniku (prítomnosť horľavej látky, ktorá je schopná vytvoriť nebezpečné množstvo výbušnej plynnej atmosféry);
- stanoviť rýchlosť úniku a stupeň úniku pre každý zdroj na základe pravdepodobnej početnosti a doby trvania úniku;
- hodnotiť vetranie alebo podmienky rozriedovania a jeho účinnosti, stanoviť spoľahlivosť vetrania;
- stanoviť typ zóny na základe stupňa úniku a vetrania alebo účinnosti rozriedovania;
- stanoviť rozsah zóny s použitím vhodnej smernice alebo pomocou výpočtu.

2.1 Zdroj úniku

Predpokladom pre stanovenie nebezpečnej zóny je prítomnosť horľavej látky vo vnútri technologického zariadenia alebo v jeho okolí, ak sa horľavá látka môže dostať von zo zariadenia. Základom je teda podrobne identifikovať zdroje úniku a stanoviť stupeň úniku.

Za zdroje úniku môžu byť považované napr. potrubné, prírubové spoje, tesnenia čerpadiel, kompresorov, poistné ventily, strechy nádrží, povrchy horľavých kvapalín, atď. Zdrojom úniku však môžu byť aj pracovné procesy, ako napr. odbery vzoriek, prefukovanie, atď. [1]

2.2 Stupeň úniku

Stupeň úniku (trvalý, primárny, sekundárny) sa stanoví na základe pravdepodobnosti výskytu a doby trvania. Každý stupeň vedie zväčša k určeniu typu zóny, môže byť však ovplyvnený aj vlastnosťami vetrania. Pri hodnotení stupňa je potrebné uvažovať najmä nad tým, či únik vzniká alebo nevzniká za normálnej prevádzky. Rovnako je potrebné brať do úvahy aj dĺžku časového obdobia (ako rýchlo bude únik detekovaný a zastavený, čo je potrebné konzultovať a hodnotiť s údržbou). Na jednom zariadení však môže byť aj viac než 1 stupeň

úniku. Následne je potrebné určiť veľkosť otvoru a polomer zdroja, ktorý je faktorom pre určenie rýchlosti úniku horľavej látky. Od veľkosti a tvaru otvoru spravidla závisia aj veľkosti únikov.

Pre určovanie veľkostí otvorov norma zavádza tabuľkové veľkosti (prierezy) otvorov, ktoré sú doporučené pre sekundárne stupne úniku. Pre jednotlivé predmety úniku, napr. príruby so stlačeným vláknovým alebo podobným tesnením sú pre otvory úniku stanovené plochy úniku s definovaným rozsahom [1].

Tabuľka 1 Príklad prierezov otvorov pre sekundárne stupne úniku [1]

Typ predmetu	Predmet	Úvahy o úniku		
		Typické hodnoty pre podmienky, pri ktorých sa otvor úniku nebude zväčšovať S (mm ²)	Typické hodnoty pre podmienky, pri ktorých sa otvor úniku môže zväčšovať, napríklad eróziou S (mm ²)	Typické hodnoty pre podmienky, pri ktorých sa otvor úniku môže zväčšovať až do kritickej poruchy, napr. Vytlačenie tesnenia S (mm ²)
Tesniace prvky na pevných častiach	Príruby so stlačeným vláknovým alebo podobným tesnením	≥ 0,025 až 0,25	≥ 0,25 až 2,5	(sekcia medzi dvomi skrutkami) X (hrúbka tesnenia) obvykle ≥ 1 mm

Pre trvalé alebo primárne stupne únikov sa veľkosti otvorov musia počítať z veľkosti a tvaru otvoru úniku.

Hodnoty z dolného alebo horného rozsahu sa berú podľa prevádzkových podmienok. Ak sú prevádzkové podmienky nepriaznivé, berú sa hodnoty z horného rozsahu [1].

Polomer otvoru je najvýznamnejším faktorom určujúcim rýchlosť úniku horľavej látky.

2.3 Formy úniku

Každý únik a jeho vlastnosti, správanie, závisí aj od fyzikálnych stavov horľavej látky, jej teploty a tlaku. Preto môže ísť o tieto definované fyzikálne stavy:

- plyn, ktorý môže mať vyššiu teplotu alebo tlak;
- tlakom skvapalnený plyn (napr. LPG);
- plyn, ktorý môže byť skvapalnený iba pomocou chladenia (napr. metán);
- kvapalina s príslušným uvoľňovaním horľavých pár;
- aerosóly (hmly) [1].

Každý fyzikálny stav horľavej látky vykazuje iné správanie sa pri úniku.

Vlastnosti rôznych foriem únikov sú určujúce pre tvar a rozsah výbušnej atmosféry. So vzrastajúcou relatívnou hustotou sa zvyšuje horizontálny rozsah zóny. Vertikálny rozsah sa zvyšuje so znižujúcou relatívnou hustotou. Relatívna hustota plynu alebo pár vypovedá o tom, či hustota plynu alebo pary je v pomere s hustotou vzduchu vyššia alebo nižšia, teda či sa bude plyn, para držať na úrovni zeme alebo bude stúpať smerom nahor, alebo bude neutrálna z hľadiska hustoty. Únik horľavej látky nad jej bodom vzplanutia vytvorí horľavé pary alebo mrak plynu, ktorý môže byť spočiatku viac alebo menej hustý ako okolitý vzduch.

Ďalším krokom je stanovenie rýchlosti úniku, ktorý závisí od:

- Povahy úniku, či sa vzťahuje k fyzikálnym vlastnostiam zdroja úniku a látky. Či ide o otvorený povrch, kedy môžeme hovoriť o difúzii (molekulárna, konvektívna), alebo o únik ťažkého plynu, alebo o únik v lúči (z malého otvoru, pod vyšším tlakom).
- Tlaku unikajúcej látky (od procesného tlaku).

- Hmotnosti unikajúcej horľavej látky, ktorá sa zvyšuje s koncentráciou horľavých plynov alebo pár v zmesi.
- Tlaku pár a entalpie odparovania. Tu možno využiť orientačne bod varu/bod vzplanutia.
- Čím je nižší bod vzplanutia, tým môže byť rozsah zóny väčší.
- Teploty kvapaliny – s vyššou teplotou sa zvyšuje rýchlosť úniku [1].

Rýchlosť úniku horľavej látky je najdôležitejším faktorom, ktorý ovplyvňuje rozsah zóny. Pre niektoré prípady únikov sa v prílohe B uvedenej normy určujú rovnice pre výpočet odhadu rýchlosti únikov [1]:

- Odhad rýchlosti úniku kvapalín, ktorá závisí od:
 - odtokového súčiniteľa, ktorého hodnota závisí od vlastností odtokového otvoru a účinkov turbulencie a viskozity,
 - prierezu otvoru, cez ktorý kvapalina uniká (m^2),
 - hustoty kvapaliny,
 - rozdielu tlaku (Pa) na otvore, ktorý spôsobuje únik.

Po jej stanovení sa musí určiť rýchlosť odparovania unikajúcej kvapaliny, ktorá vyjadruje množstvo odparených pár za sekundu (kg/s , resp. m^3/s).

- Odhad rýchlosti úniku plynu alebo pár. Tu sa rozlišujú dva prípady; podľa toho, či plyn uniká pri neobmedzenej alebo obmedzenej rýchlosti. Neobmedzenú rýchlosť môžeme popísať ako neškrtenú rýchlosť plynu. Rozhodujúcim kritériom pre zatriedenie rýchlosti úniku plynu (pary) zo zariadenia je výpočet kritického tlaku p_c a jeho porovnania s tlakom v zariadení. Ak je tlak vo vnútri zariadenia vyšší než p_c , je zrejmé, že sa jedná o obmedzenú rýchlosť.

2.4 Vetrание

Na určenie nebezpečných priestorov má značný vplyv aj hodnotenie vetrania a rozptyľovania.

V postupe sa hodnotí účinnosti vetrania, a to vplyvom rozriedovania a rozptyľovania plynov alebo pár vetraním alebo pohybom vzduchu. Je možné použiť aj počítačovú moduláciu dynamiky tekutín (CFD) [1].

Ako prvé sa berie do úvahy typ vetrania. Ak je pohyb vzduchu spôsobený rozdielom tlaku vplyvom vetra a/alebo rozdielom teplôt, hovoríme o prirodzenom vetraní. Ak je vetranie zaistiťované umelými prostriedkami, hovoríme o nútenom vetraní. Nútené vetranie môže byť

považované za prostriedok zníženia typu a/alebo rozsahu zóny, alebo skrátenie doby prítomnosti výbušnej plynnej atmosféry, alebo prevenciu vzniku výbušnej plynnej atmosféry. Vo vonkajšom prostredí sa berie do úvahy najmä prirodzené vetranie, aj keď v určitých za určitých okolností môžu napr. ventilátory podporovať rozriedovanie atmosféry zvýšenou turbulenciou. S typom vetrania úzko súvisí aj stanovenie jeho rýchlosti. Rýchlosti vetrania vo vonkajšom prostredí závisia od priestorových podmienok, výšky zdroja úniku od úrovne zeme a formy úniku.

Pre otvorené priestory môžu byť použité údaje zo štatistických meraní rýchlosti vetra. Je nutné zohľadňovať aj miestnu geometriu (topografia, budovy, vegetáciu, atď.).

Schopnosť vetrania alebo atmosférických podmienok rozriediť únik na bezpečnú úroveň je vyjadrená stupňom rozriedovania. Rozlišujú sa 3 stupne rozriedovania:

- vysoký stupeň rozriedovania je typický pre prípady, kedy sa koncentrácia v blízkosti zdroja úniku rýchlo znižuje a po jeho zastavení nebude skoro vôbec pretrvávajúť
- stredný stupeň rozriedovania sa dá aplikovať pre prípady, kedy je koncentrácia riadená tak, že vedie k stabilnej hranici zóny pri pokračujúcom úniku a výbušná plyná atmosféra nepretrvávajú príliš dlho po zastavení úniku,
- nízky stupeň rozriedovania sa spája s prípadmi, kedy vzniká významná koncentrácia pri pokračujúcom úniku a/alebo vzniká významné pretrvávanie výbušnej atmosféry aj po zastavení úniku.

Kritériami pre stanovenie stupňa rozriedovania, charakteristické pre akýkoľvek únik sú:

- Určenie relatívnej rýchlosti úniku (pomer rýchlosti úniku a dolnej medze výbušnosti LFL v % hmot.).
- Rýchlosť vetrania (rýchlosť vetra vo vonkajšom prostredí).

Priesečníkom hodnôt v príslušnom grafe sa určí potom príslušný stupeň rozriedovania [1].

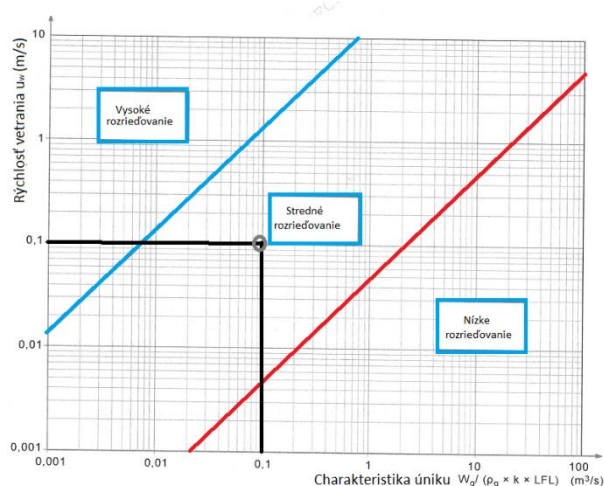
Vo vonkajších priestoroch sa zväčša stanovuje vysoký, stredný stupeň rozriedovania. Ak sa hodnotia priestory s prekážkami (napr. jamy), majú byť posudzované ako uzatvorené priestory.

Ďalší faktor, ktorý vstupuje do hodnotenia vetrania je spoľahlivosť vetrania, ktorá má vplyv na prítomnosť alebo tvorbu výbušnej plynnej atmosféry. Stanovujú sa 3 úrovne spoľahlivosti vetrania:

- výborná, ak je vetranie zaistené prakticky trvalo,
- dobrá, ak je vetranie zaistené za normálnej prevádzky. Vetranie môže byť aj prerušené, ale iba krátko, alebo zriedkavo.
- nízka, ak vetranie nespĺňa požiadavky na výbornú alebo dobrú úroveň, ale ani sa

nepredpokladá, žeby malo byť vetranie prerušené na dlhé časové obdobie [1].

Vo vonkajšom priestore sa môže uvažovať so stredným stupňom rozriedňovania a spoľahlivosť vetra sa môže považovať za výbornú, okrem prípadov priestorov s prekážkami.



Obrázok 1 Príklad určovania stupňa rozriedňovania [1]

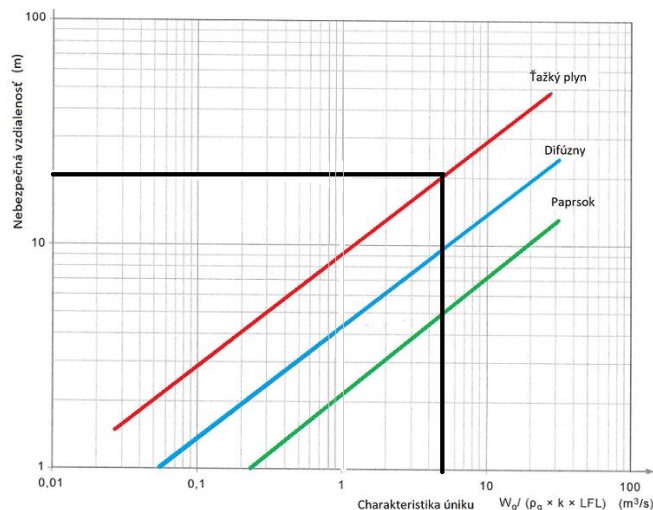
2.5 Typ zóny

Stupeň úniku a vplyv vetrania určuje pravdepodobnosť prítomnosti výbušnej plynnej atmosféry, čo je definíciou zóny. Pre rýchle hodnotenie platí všeobecné pravidlo, podľa ktorého sa dá definovať typ zóny na základe typu zdroja úniku. Trvalý zdroj úniku vedie k zaradeniu do zóny 0, primárny zdroj úniku

vedie k zaradeniu do zóny 1, sekundárny zdroj úniku vedie k zaradeniu do zóny 2. Toto zaradenie je však typické pre stredný stupeň rozriedňovania, nižší alebo vyšší stupeň rozriedňovania vyžaduje prísnejšie alebo menej prísnejšie zaradenie do zón. Znižovanie spoľahlivosti vetrania zvyšuje pravdepodobnosť rozptyľovania výbušných atmosfér [1].

Tabuľka 2 Príklad určovania typu zón na základe vetrania a stupňa úniku [1]

stupeň úniku	účinnosť vetrania						
	vysoké rozried'ovanie			stredné rozried'ovanie			Nízke rozried'ovanie
	spoľahlivosť vetrania						
	výborná	dobrá	nízka	výborná	dobrá	nízka	vysoká, dobrá, nízka
trvalý	bez nebezpečenstva (zóna 0 NE)	zóna 2 zóna 0 NE)	zóna 1 (zóna 0 NE)	zóna 0	zóna 0 + Zóna 2	zóna 0 + zóna 1	zóna 0
primárny	bez nebezpečenstva (zóna 1 NE)	zóna 2 zóna 1 NE)	zóna 2 (zóna 1 NE)	zóna 1	zóna 1 + zóna 2	zóna 1 + zóna 2	zóna 1 alebo zóna 0
sekundárny	bez nebezpečenstva (zóna 2 NE)	bez nebezpečenstva (zóna 2 NE)	zóna 2	zóna 2	zóna 2	zóna 2	zóna 1 a dokonca zóna 0



Obrázok 2 Príklad určovania rozsahu zóny – nebezpečnej vzdialenosti [1]

2.6 Rozsah zóny

Posledným krokom je určenie vzdialenosti, v ktorej výbušná atmosféra bude existovať, predtým, ako bude rozptýlená na koncentráciu vo vzduchu pod LFL. Hovoríme teda o určení rozsahu zóny. Do úvahy je potrebné brať faktory, ako napr. fyzické bariéry, prekážky, pretlak v priestore, prietok vzduchu, fyzikálne, chemické parametre, obmedzené vetranie.

Pre rôzne formy úniku možno použiť graf na stanovenie rozsahu nebezpečnej zóny [1], ktorý bude okrem iného závisieť od charakteristiky úniku, rýchlosti úniku horľavej látky (kg/s), hustoty plynu alebo pár (kg/m³), bezpečnostného koeficientu a LFL.

ZÁVER

Určovanie priestorov s nebezpečenstvom výbuchu sa vykonáva z dôvodu správneho výberu, inštalácie a prevádzkovania zariadení tak, aby mohli byť v tomto prostredí bezpečne používané.

Aktualizovaný postup stanovenia priestorov s nebezpečenstvom výbuchu v praxi potvrdzuje ich exaktnejšie stanovenie, čím sa minimalizuje prístup založený na subjektívnom odhade. Výsledky ich stanovenia sa v niektorých prípadoch môžu prejavovať v zmenách rozsahov priestorov s nebezpečenstvom výbuchu, čomu je následne potrebné prehodnotiť opatrenia.

Norma STN EN 60079-10-1 Výbušné atmosféry- časť 10-1: určovanie nebezpečných priestorov-výbušné plynné atmosféry ponúka základ pre zaraďovanie nebezpečných priestorov, kde môže vzniknúť nebezpečenstvo výbuchu od horľavých plynov alebo pár. Nezahŕňa všetky prípady vyskytujúce sa v praxi pre určovanie priestorov s nebezpečenstvom výbuchu [3, 4]. Pre takéto prípady, ako napr. plnenie, vyprázdňovanie nádrže, jej odplyňovanie, okolie nepriebojných poistiek, únik do pohyblivého alebo nepohyblivého prostredia, je možné využiť iné vhodné matematicko-fyzikálno-chemické postupy, ktoré je potrebné čerpať z odbornej literatúry z oblasti protivýbuchovej ochrany a príslušných noriem.

LITERATÚRA

- [1] STN EN 60079-10-1: 2016 Výbušné atmosféry. Časť 10-1: Určovanie priestorov. Výbušné plynné atmosféry.
- [2] STN EN 60079-10-1: 2009 Výbušné atmosféry. Časť 10-1: Určovanie priestorov. Výbušné plynné atmosféry.
- [3] BARTLOVÁ, I., DAMEC, J. *Prevenca technologických zariadení*. 1.vyd. Ostrava, SPBI 2002, 231 s.
- [4] KOL.AUTOROV, *Koncepcie řešení protivýbuchové prevence v podmínkách průmyslových provozů*. 1.vyd. Ostrava, SPBI 2012, 155 s.