

Závažné havárie výroby, dopravy i skladování nebezpečných látek v chemickém průmyslu a jejich jevy

I. Zapletalová

V chemickém průmyslu, kde rizika tzn. pravděpodobně následky jsou nejmarkantnější, lze možné havárie rozřídit do několika dominantních skupin:

- mechanické poškození, zřícení objektů
- dopravní nehody
- popálení žiravými látkami při rozstřiku
- únik toxických látek způsobujících otravu
- požáry
- výbuchy
- uvolnění významných toxických látek.

Právě posledně tři uvedené skupiny mohou způsobit nárůst závažných havárií se značnými následky (ohrožení zdraví a životů lidí, znečistění životního prostředí, vysoké ekonomické ztráty). Je třeba si uvědomit, že požár a výbuch může být rovněž startujícím, tzn. počátečním stádiem závažné environmentální havárie.

Specifickým rysem požáru je možnost nekontrolovatelného šíření do okolního prostředí. Průvodní jevy, jako je tvorba zplodin hoření, nebezpečných zbytků po hoření, teplé působení, např. na zásobníky a technologické prvky, zvyšují riziko havárie s dlouhodobou kontaminací životního prostředí.

Environmentálním haváriím je věnována zvýšená pozornost od 70. let. Celá řada z nich způsobuje dlouhodobé znečištění životního prostředí, avšak jsou to zejména náhodné úniky, které nejvíce přispívají k následkům vedoucím k znečištění ovzduší, půdy i vodních toků.

Rozvoj v posledních 20–30 letech vede k stálému poklesu průměrného počtu smrtelných nehod. Nicméně ve stejném období dochází k trvalému zvyšování míry úniku toxických i hořlavých látek a průměrných ztrát především v chemických a petrochemických závodech.

Chemické a petrochemické výroby představují zvýšené nebezpečí **vzniku požáru a výbuchu** z důvodu koncentrace vysoce hořlavých a výbušných látek, růstu kapacit výrob i používání složitějších procesů a zařízení.

K požáru kapalin dochází nejčastěji při úniku z přírub, netěsnostmi čerpadel, z důvodu korozivního porušení potrubí i nádob nebo při přečerpání nádrží. Má-li uniklá kapalina teplotu vyšší než je její teplota vznícení, dochází okamžitě k iniciaci. Vyjimečně představují požáry vzniklé vytěčením hořlavé kapaliny hrozbu pro okolí závodu.

Při úniku hořlavé kapaliny z potrubí za vysokého tlaku dochází buď k rozstřikování nebo k úniku proudem, což pak vede k tzv. **jet fire** (požár výronu kapaliny). Tyto po-

žáry mohou být velmi intenzivní s překvapivě dlouhými plameny, mohou působit na zařízení a způsobit poškození vedoucí k ještě větším únikům.

V poslední době je opakován zdůrazňováno, že toxicité zplodiny, vznikající při požáru, představují závažný problém. V mnoha případech se nad hladinou kapaliny vytváří množství toxických zplodin způsobujících akutní otravu. Požáry, ale i hasební akce s použitím velkého množství vody, představují jednu z vážných hrozeb pro životní prostředí. Např. požár skladu a provozu pesticidů v Basileji (1986) způsobil znečištění celé délky toku Rýna.

Jedním z velmi závažných typů havárií je tzv. jev BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion). Začíná požárem v okolí tlakové nádoby obsahující zkapalněné uhlovodíkové plyny nebo hořlavé kapaliny s podobnými vlastnostmi. V důsledku nárůstu tlaku dojde k otevření pojistného ventilu. Jestliže nádoba není chlazena, dochází k jejímu přehřátí a poškození. Značná část obsahu uniká ve tvaru velkého oblaku plynů a par kapaliny, směšujícího se prudce se vzduchem. Literární prameny uvádějí, že obsah velké nádoby se může vznítit do 40 s.

Úniky hořlavých plynů a par hořlavých kapalin, při teplotě nižší než je jejich teplota varu, se chovají zcela odlišně. Při výronu se mísí se vzduchem turbulentně a vytvářejí koncentrace zpravidla pod dolní hranicí výbušnosti, na rozdíl od vroucích kapalin nebo zkapalněných plynů, kdy je taková situace nepravděpodobná.

Jakmile je únik ukončen, plyn se bude rozptylovat ve směru proudění vzduchu. Zemní plyn, amoniak a podobné lehké plyny stoupají vzhůru a šíří se vzdušnou turbulencí. Vyšší uhlovodíky (propan, butan a pod.) a většina zkapalněných plynů, jejichž směsi jsou těžší než vzduch, se šíří jako oblak při zemi a jejich rozptyl je mnohem pomalejší. Hořlavé plyny mohou být iniciovány buď přímo u zdroje úniku nebo zpravidla na okraji oblaku.

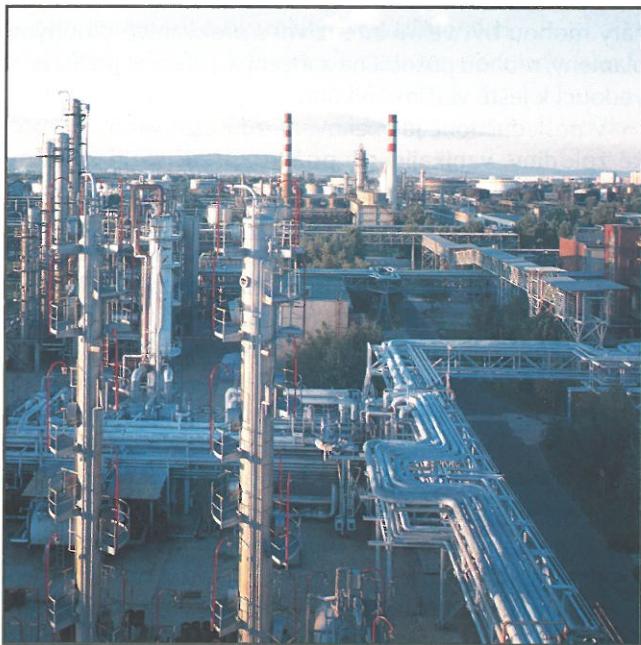
Druh požáru závisí značně na množství vzduchu, který je k dispozici pro směšování s plynem. Je-li totiž množství nízké (úniky za nízkých tlaků, úniky do ohraničených prostor, úniky kryogenních kapalin), pak k iniciaci dojde zpravidla na okraji oblaku.

Častěji se požár šíří zvyšující se turbulencí a směšováním se vzduchem. Je-li hořící množství velké, může vytvořit ohnivou kouli.

Úniky toxických kapalin z potrubí, při výrobě, nebo během dopravy jsou téměř vždy nebezpečné pro životní prostředí, např. pro vodní zdroje, nebo pro zemědělskou půdu.

Úniky toxických plynů lze obecně charakterizovat následovně. Lehké plyny, např. amoniak zpočátku stoupají vzhůru (šíří se nahoru), později difundují neutrálně. Uniklé zkapalněné plyny při směšování se vzduchem tvoří studené těžké směsi. Těžké plyny a směsi se šíří horizontálně a mohou být větrem zaneseny do obydlených oblastí nebo se hromadí v prohlubních, takže riziko je mnohem větší.

Zařízení chemických výrob mohou vybuchovat v důsledku runaway reakcí (nežádoucí reakce nebo příliš rychlý průběh žádoucích reakcí), nebo při vniknutí vzduchu do zařízení. Ve většině případů následuje požár. Některé výbuchy mohou být velmi prudké a ovlivní okolí závodu (například při nitraci). K výbuchu potrubí dinitritoluenu došlo



v r. 1972 ve Virginii v důsledku přehřátí a následného rozkladu. Tato událost způsobila vážné poškození okolních zařízení.

Oblaka hořlavých plynů a výrony plynů v budovách mohou za určitých podmínek vybuchovat velmi prudce. V uzavřeném prostoru je podmínkou vytvoření výbušné směsi plynu se vzduchem. Na volném prostranství musí být splněno více podmínek, ale pro uhlovodíkové plyny je nejdůležitější skutečností přítomnost velkého množství plynu.

Neohraničená oblaka plynu nebo páry v mnoha případech zcela zničí chemické provozy, jak tomu bylo např. ve Flixborough (Velká Británie, 1974), kdy vybuchlo 60 tun cyklohexanu. Došlo ke zničení závodu a k usmrcení 26 lidí.

Při vzniku velkých požárů a výbuchů v provozu je možné, že jsou zasaženy i jiné provozy a havarie se šíří z provozu na provoz. Tato situace je nazývána DOMINO efektem. Příkladem může být výbuch zásobníků zkapalněných uhlovodíkových plynů v rafinerii (Texas City, 1986). Výbuch se rozšířil na polovinu rafinerie a zničil ji. Na počátku došlo k roztržení jedné nádrže ve slabém sváru a k následné iniciaci. Výsledkem byly požáry okolních nádrží a několik BLEVE jevů.

Právě zmíněné kapacity výrobních jednotek, technologie s extrémními pracovními podmínkami, prováděné rekonstrukce způsobující nárůst potenciálního nebezpečí technologií látek toxicických, hořlavých a výbušných, kladou stále naléhavější a náročnější požadavky v oblasti zabránění vzniku havárií. Z uvedeného vyplývají vysoké nároky na kvalitu projektování i provozování, obojí musí zajistovat odpovídající bezpečnost a spolehlivost provozu, protože v případě havárie se jedná nejen o hmotné škody, ale dochází také k ohrožení zdraví a životů lidí i životního prostředí.

K závažným haváriím (především v chemických provozech) dochází zpravidla tehdy, když se seče řada chyb, jež se samy o sobě zdají nepodstatné. Systematický postup při

analýze rizika technologických procesů umožnuje identifikovat nebezpečí (příčiny vzniku havárií) a stanovit opatření k omezení a odvrácení nebezpečí a souvisejících rizik (pravděpodobných následků). Důležité vstupní údaje pro provedení analýzy jsou vždy vlastnosti a technicko-bezpečnostní parametry nebezpečných látek, provozní vlastnosti a podmínky procesu. Prováděné úvahy by měly respektovat:

1. Podchycení běžných poruch a odchylek od technologického procesu a jejich důsledků pro zařízení, jimiž zpravidla jsou:

- možné běžné poruchy či odchylky a předpokládaná životnost kritických součástek
- technické důsledky jednotlivých poruch či odchylek na celý systém.

2. Zobrazení následků pro okolí:

- rozsah hořlavosti a výbušnosti při úniku látek pro různé případy poruch, různé rychlosti proudění vzduchu a při uvolňování maximálních množství
- rozsah působení (zóny zamoření) při úniku toxicických látek.

Analýza rizika je vlastně systematickou aplikací metod identifikace a hodnocení nebezpečí, včetně posouzení přijatelnosti rizik. Metody používané pro identifikaci a hodnocení nebezpečí a jejich aplikace v chemických procesech jsou předmětem dalších uvedených pojednání. ■

Literatura

1. Lars Harms – Ringhal: Safety Analysis – Principle and Practice in Occupation Safety, England, Elsevier Science Publishers, Ltd, 1993.
2. Taylor, J. R.: Risk Analysis for Process Plant, Pipelines and Transport. 1. Edition, London, E a FN Spon Imprint Chapman and Hall, England 1994.

Ing. Ivana Zapletalová

*Institut bezpečnostního inženýrství
VŠB-TU Ostrava*

Ing. Ivana Zapletalová, CSc.

– absolventka VŠCHT Pardubice – působí na Institutu bezpečnostního inženýrství, katedře Techniky požární ochrany a bezpečnosti průmyslu, VŠB – Technické univerzity v Ostravě od roku 1974 jako pedagogicko-vědecká pracovnice. Ve výukovém procesu se zabývá problematikou identifikace a hodnocení nebezpečí technologických procesů a jejich prevencí, analýzou průmyslových rizik, havarijným plánovaním. V rámci vědecko-výzkumné činnosti věnuje pozornost především toxicitě zplodin hoření, studiu jejich účinků na člověka i životní prostředí.

Autorka 6 vysokoškolských učebních textů, 43 publikací v odborných časopisech a na konferencích, autorka a spoluautorka 24 výzkumných zpráv a řady různých posudků.