

## Chemické procesy a jejich bezpečnost

Každý chemik obvykle ví, které chemické látky jsou zdraví škodlivé, a proto také s nimi patřičně a bezpečně nakládá. Jiná situace nastává, pokud se výrobky, obsahující takové látky, dostanou do nepovolaných rukou laiků. Pak snadno může docházet k jejich úniku do životního prostředí. Třeba výskyt takových situací v domácnostech určitě nejde na vrub chemického průmyslu.

Ekonomická úroveň každého státu se mimo jiné posuzuje podle průmyslové výroby, kam samozřejmě patří také chemický průmysl. Chemické procesy v těchto rozměrech se nedají provozovat v žádných zkumavkách, ale ve složitých, sofistikovaných aparaturách, vyžadujících správné a odpovědné řízení, vysoce kvalifikovanou obsluhu a dohled. Podnikání v chemickém průmyslu musí být samozřejmě podloženo také patřičným legislativním rámcem, předpisy a pravidly. Přitom je nezbytné posuzovat nejen procesy, vedoucí k hlavnímu produktu chemické syntézy. Při vlastní chemické přeměně molekul na žádané produkty mohou totiž v chemických reaktorech vznikat, a často také vznikají, vedlejší látky, a proto je v každé technologii část zařízení zaměřená na separaci vzniklé reakční směsi. Čistota produktu samozřejmě zvyšuje kvalitu takového výrobku, na druhé straně zpracování odpadních proudů je často nemyslitelné bez dalších navazujících chemických procesů.

Chemický průmysl si své produkty nevyrábí pro své vlastní potěšení, ale na základě objednávky vlastně všech ostatních nechemických resortů. Budou-li tato odvětví vyžadovat alternativní chemické suroviny v závislosti na jejich požadavcích, chemický průmysl se pak jistě takovým podmínkám přizpůsobí.

Kampaně vedené proti chemickým podnikům jsou často účelově motivovány, neboť i v tomto sektoru průmyslu vládne konkurenční soutěž v globálních rozměrech. Riziko chemických procesů je trvale snižováno výzkumným úsilím tak, jak se shromažďují technické informace a jejich důkladné poznání. Ovšem selhání lidského faktoru, jak se někdy eufemisticky říká, nelze nikdy stoprocentně zabránit. Statisticky v našem státě dojde ročně naštěstí jen k velmi malému počtu vážných nehod v chemické výrobě. Můžeme si ovšem představit, že řízení procesů svěříme počítačovým systémům. Pak ale výpadek počítače, či chyba v řídicím programu může mít také fatální důsledek.

Chemické procesy se zvýšenou nebezpečností obsahují obvykle vícefázové reakční soustavy. Na základě publikovaných statistických dat představují procesy přípravy chemických specialit, plastických hmot a kaučuků a také syntézy základních organických meziproduktů s využitím oxidací, hydrogenací a dalších silně exotermních procesů zvýšené riziko možnosti havárie spojené s výbuchem či požárem. Z chemického hlediska jsou významně rizikové polymerace, dále pak nitrace a sulfonace organických látek. Riziko chemické výroby samozřejmě narůstá s její rostoucí kapacitou.

Zvláštní pozornost zasluhují jak procesy, prováděné za zvýšeného a vysokého tlaku, tak parametricky citlivé systémy, z nichž nejvýznamnější je citlivost reakční soustavy k teplotě. Ve vícefázových reakčních soustavách často dochází k dramatickým rozdílům teplot v jednotlivých fázích, způsobených především interakcí probíhajících reakcí s přenosovými jevy (sdílení hmoty, tepla a hybnosti) a v různých místech reaktoru, které mohou za neustálých, či nestabilních podmínek lokálně urychlit chemickou reakci a následně vyvolat až havárii reaktoru. Skutečně velkých katastrof je naštěstí relativně málo. Tato problematika je však předmětem zájmu nejen odborné, ale i laické veřejnosti a medií a stává se tak nepřímou vysoce společensky zajímavá (má negativní vliv na zdraví populace, životní prostředí a obvykle dochází i k významným ekonomickým ztrátám).

Úsilí v oblasti prevence ztrát („loss prevention science“) jak materiálních a ekonomických, tak i na zdraví populace, potenciálně vyplývajících z aplikace chemických a biochemických technologií, bylo již v minulosti dokumentováno mj. i založením Center for Chemical Process Safety při Americké společnosti chemických inženýrů AIChE. U nás již desítky let funguje příslušná odborná skupina při České společnosti chemického inženýrství a rovněž Česká společnost průmyslové chemie svými akcemi podporuje dialog o bezpečnosti chemických procesů a o předcházení škodám a ztrátám. Obě společnosti jsou aktivní zejména v rámci pořádání specializovaných akcí v rámci národních a mezinárodních kongresů CHISA i každoročních konferencí APROCHEM.

Již několik desetiletí jsou vyvíjeny expertní systémy pro analýzu rizik, v poslední době zahrnující i posouzení ekologických rizik (registrace chemikálií REACH, Environmental Impact Assessment, EIA). Jako součást „loss prevention“ se stala strategie minimalizace odpadů, environmentální management a čistší produkce. Je propagován integrovaný manažerský systém bezpečnosti, zdraví a životního prostředí (integrated safety, health and environment, tzv. SHE systém, resp. hazard and operating studies, HAZOP). Hlavním problémem SHE posuzování je však nedostatek údajů o chemických vlastnostech a chování látek během daného procesu, včetně jejich možných interakcí. Ovšem není žádným tajemstvím, že takto přísná kritéria nejsou uplatňována globálně. Dopady jsou především ekonomické, protože nahrazování látek škodlivých resp. nebezpečných je doprovázeno růstem vlastních nákladů. Důsledkem potom může být významný pokles cenové konkurenceschopnosti. Vcelku veřejně známou podobností mohou být např. tzv. „ekologické potraviny“.

Z kritického posouzení dostupných pramenů lze dedukovat, že je nemožné předložit návrh technologie, který by maximalizoval bezpečnost (tj. minimalizoval rizika) a minimalizoval současně náklady. Jde přitom i o náklady,

kteřé vstupují do cenové analýzy nepřímo: změnou pracovních podmínek, resp. zdrojů surovin za účelem zvýšení bezpečnosti mohou výrazně stoupnout náklady, vyplývající z tzv. životního cyklu jednotlivých komodit (Life Cycle Assessment, LCA). V České republice jsou organizace provádějící EIA (ze zákona existuje vyjmenovaný postup provádění) i LCA, které jsou pak posuzovány, např. v rámci Ministerstva životního prostředí. Lze se však domnívat, že relevantní podklady pro realistické posuzování a identifikace potenciálních rizik při realizaci konkrétních procesů jsou zcela nedostatečné a posuzování probíhá bez relevantní podpory vědních poznatků, které jsou obvykle nedostupné.

Snížování pravděpodobnosti případné havárie je samozřejmě finančně značně náročné. Jednu z cest, jak přispět ke zvyšování bezpečnosti chemických procesů, představují výzkumné programy zaměřené na studium zvyšování bezpečnosti chemických procesů, zvyšování kvalifikace a odbornosti pracovníků v chemickém průmyslu, náročné zkoušky zařízení, atestační a validační zkoušky technologického procesu, v neposlední řadě pak také kvalitnější výuka chemie na všech stupních škol, především ale na příslušných odborných školách a fakultách.

Většina preventivních vzdělávacích a výcvikových metodik používaných v rámci chemického průmyslu v ČR je zaměřena na identifikaci a zhodnocení mimořádných situací, přičemž je tradičně upozorňováno na význačné havárie. Odborná pozornost by měla být především zaměřena na metody posuzování bezpečnosti jednotlivých procesů, na způsoby rychlé identifikace nebezpečných situací

a odpovídající reakci na ně, a dále na prevenci nestandardních provozních událostí s možným havarijním následkem. Mezi důležitá témata patří především:

- testování a posuzování tepelné stability látek,
- tepelné exploze, mikrokolorimetrie pro charakterizaci rychlých exotermních reakcí,
- dynamické vlastnosti chemických procesů (fluktuační reakčních podmínek, najiždění, odstavování procesů).

V současné praxi bývají často preventivní výukové a výcvikové programy přijímány formálně (na rozdíl třeba od jaderné energetiky), nevyžadují aktivní účast školených pracovníků, porozumění podstatě problému z chemického, fyzikálního a procesního hlediska není vyžadováno. Navíc tyto programy nebývají zaměřeny na procvičení („trénování“) rychlé a adekvátní reakce na nenadálou provozní situaci v podmínkách konkrétního provozu nebo jeho modelu. Implementace moderních preventivních výukových a výcvikových postupů, vyvíjených a používaných na příklad ve Švýcarsku (viz SWISSI Process Safety GmbH, Basel, <http://www.swissi.ch>), by mohla napomoci výrazně prohloubit míru všeobecné bezpečnosti procesů v chemických firmách.

Současným trendem v rozvoji procesního inženýrství by měl být bezesporu též hlubší příklon k problematice, spojené se syntézou operačních procedur, ovlivňujících bezpečnost a případné ztráty. Řešení prevence ztrát představuje nesporný společenský přínos i v souvislosti s rychlým rozvojem nových technologií, jako jsou biotechnologie, mikro- a nanotechnologie.

Jiří Hanika