

ÚLOHA CHEMICKÉHO INŽENÝRSTVÍ VE ZVYŠOVÁNÍ BEZPEČNOSTI CHEMICKÝCH VÝROB

FRANTIŠEK KAŠTÁNEK a JIŘÍ HANIKA

Ústav chemických procesů, Akademie věd České republiky,
Rozvojová 135, 165 00 Praha
kastanek@icpf.cas.cz

Došlo 25.3.04, přijato 25.10.05.

Klíčová slova: chemické inženýrství, bezpečnost chemických výrob

Obsah

1. Úvod
2. Vývoj chemického inženýrství v minulém století
3. Aktuální výzvy pro chemické inženýrství
4. Zneškodňování a úprava odpadů, úprava procesů a jejich režimů k ochraně prostředí
5. Současné trendy v oblasti bezpečnosti chemických výrob
6. Analýza rizika
7. Aktivity v oboru zvyšování bezpečnosti chemických procesů v ČR
 - 7.1. Konference a sympozia
 - 7.2. Výuka na vysokých školách
8. Možnosti výzkumu předcházení ztrátám na Ústavu chemických procesů AV ČR
9. Závěr

1. Úvod

Zvyšování bezpečnosti chemických výrob je oborem, jehož význam roste. Pozornost mu věnují vedoucí pracovníci chemických podniků i veřejnost a nevládní aktivistické organizace. Tento obor je chápán především jako ochrana před haváriemi. České označení tohoto oboru se však ještě neustálilo. Při Evropské federaci chemického inženýrství je zřízena pracovní skupina „Loss prevention“, tento název je překládán jako „Předcházení ztrátám“. Český název plně nevystihuje zaměření a cíle oboru. Odráží především skutečnost, že každá havárie představuje pro výrobce významnou finanční a morální ztrátu. V současné době je cílem tohoto oboru nejen zabránit ztrátám, ale i ochránit zdraví občanů v okolí podniku a životní prostředí a vytvářet příznivý vztah mezi obyvateli a podnikem. V USA se problematice věnuje pracovní skupina s názvem

„Chemical Process Safety“, což je možné převést do češtiny jako „Bezpečnost chemických procesů“. Na některých vysokých školách je přednášen předmět s názvem „Safety Engineering“, což v češtině znamená „Bezpečnostní inženýrství“. Tento název by mohl být vhodným označením oboru, protože je analogický názvům Chemické inženýrství, Reaktorové inženýrství, Molekulové inženýrství. Který název se v českém jazyku ustálí, závisí asi hlavně na tom, pod jakým názvem bude tento obor vyučován na českých vysokých školách. Pod tímto názvem je obor vyučován na technických vysokých školách. Pro tuto práci bude tento termín používán jako pracovní označení oboru.

Zde je nutné poznamenat, že přesto, že hlavní pozornost oboru je soustředěna na havárie, které jsou i středem pozornosti sdělovacích prostředků, pojem „Bezpečnost chemických výrob“ musí být chápán širě. Druhým aspektem bezpečnosti výroby je vliv činnosti výroby na okolí a životní prostředí v běžném nehavarijním režimu, tj. úniky látek do ovzduší, např. i úniky pachových látek, úniky látek do vodních toků, obtěžování okolí hlukem, bezpečná likvidace všech odpadů a další problémy.

Cílem této práce je diskuse úlohy chemického inženýrství v zajištění bezpečnosti chemických výrob v širším smyslu a upozornit na výzkumné aktivity v Ústavu chemických procesů (ÚCHP) Akademie věd České republiky zaměřené na tento obor.

2. Vývoj chemického inženýrství v minulém století

Chemické inženýrství jako obor se dramaticky vyvíjelo již zhruba od 50. let minulého století. Původní a převratná koncepce tzv. jednotkových operací jasně vymezovala cíle tohoto oboru, který zcela nezastupitelným způsobem přispěl v první řadě k rozvoji petrochemického průmyslu, průmyslu získávání strategických surovin, potravinářského průmyslu a k masovému rozvoji farmaceutického průmyslu na bázi tradičních antibiotik. Jeho postupná metamorfóza od symbiózy poznatků empirické průmyslové chemie a chemického strojírenství na kvalitativně nový vědní obor logicky vyžadovala vybudování nezbytných teoretických základů pro poznání a kvantitativní popis transportních jevů spojených s přestupem hybnosti, hmoty a energie v jednofázových a vícefázových soustavách, tvůrčí aplikaci chemické termodynamiky a vybudování základů reakční kinetiky. Se vstupem počítačů do výzkumu a technické praxe vznikl obor matematického modelování chemických reaktorů, separačních technik a jiných procesů a aparátů chemického průmyslu obecně, s cílem optimalizovat jejich výkony a účinnosti, včetně teoretických základů jejich řízení. Široké zázemí vědních základů oboru otevřelo tak i další možnosti v mnoha interdisciplinárních oblastech jako je katalýza, koloidní vědy, spalovací procesy, elektrochemické inženýrství, polymerní technologie, speciální potravinářská výroba a produkce průmyslových enzymů, biotechnologie obecně a technologie ochrany životního prostředí.

V současnosti ideální platformu pro další produktivní aplikace chemického inženýrství v ostatních vědních a inženýrských disciplínách poskytuje zacílení chemického inženýrství na molekulární transformace a kvantitativní analýzy jednotlivých chemicko-technologických procesů na různých úrovních jejich realizace, dále pak postupné vybudování vědeckých základů a aplikace zejména v hraničních „bílých místech“ mezi jednotlivými vědními obory, které jsou v současné době nejvíce nadějnými prostory pro získání nových vědních poznatků. Příkladem jsou biotechnologie, hledání nových netradičních zdrojů energie, procesy v moderním farmaceutickém průmyslu, v environmentálním a biomedicínálním inženýrství.

3. Aktuální výzvy pro chemické inženýrství

Aplikovatelnost vědeckých základů chemického inženýrství ve většině vědních a technických oborů je typickým rysem této disciplíny. Všechny změny, kterými tento obor v posledních desetiletích prochází, umožňují pozitivně reagovat na měnící se potřeby průmyslu a dosahovat významných přínosů pro společnost. V současné době většina inženýrských problémů spojených s produkcí paliv na bázi ropy, tradičních potravinářských a farmaceutických produktů je v podstatě vyřešena. Petrochemie je komoditním průmyslovým odvětvím a problematika spojená s bývalým klasickým zaměřením chemických inženýrů na výpočty a optimalizace průmyslových zařízení s využitím experimentálního zázemí jednotlivých operací je již převážně záležitostí investorů a dodavatelských firem.

V případě, že se řeší výstavba nové jednotky, sleduje se především komplexní pohled optimalizace výroby jako celku ve vzájemných interakcích. Po vstupu ČR do EU bude pravděpodobně příležitostí výstavby nových chemických výroben v České republice ubývat. Firmy se však budou moci uplatnit při výstavbě nových výroben v rozvojových zemích, s využitím zkušeností z technologických aktivit v minulosti.

Klasické chemické inženýrství se stává uzavřeným oborem, nicméně, relevantní experimentální data pro optimalizace jednotlivých uzlů chemické výroby nejsou stále ještě často samozřejmá a budou žádaná, ale zdá se, že poptávka po nich je pouze příležitostná, i když badatelské problémy jsou stále otevřené. Stále ještě existují výzkumné a vývojové prostory pro řadu aplikací chemického inženýrství. Namátkou lze zmínit studium transportních jevů ve vícefázových systémech a jejich vlivu na konverzi a selektivitu chemických reakcí, studium fázových jevů za vysokých tlaků a nová řešení reaktorů pro vysoké tlaky a vysoké teploty, pracujících za super a supra kritických podmínek, např. na bázi superkritické vody nebo oxidu uhličitého. Dalším problémem je intenzifikace transportních jevů za zvláštních podmínek, chybí např. kvantitativní poznatky o míchání práškových směsí a jejich segregaci při jejich následném zpracování či použití, dále chybí např. termodynamické údaje nezbytné pro modelování pohybu a osudu kontaminantů v životním prostředí, nejsou dostateč-

ně věrohodné stavové rovnice pro těžké uhlovodíky a polymery, bylo by účelné doplnit znalosti o termodynamice aplikované na polymerní směsi, bylo by účelné doplnit znalosti o optimálních způsobech separace biomolekul, např. v pohyblivých adsorpčních vrstvách. Jinou oblastí je využití potenciálu počítačů. Je např. poptávka po nových algoritmech a strategiích pro optimalizaci procesů v chemickém a farmaceutickém průmyslu, pro modelování toku vysoce vazkých směsí a kaší, jsou stále nedostatečné poznatky o tvorbě a stabilitě pěnových vrstev a o mezifázových interakcích, morfologii a dynamice mezifázových povrchů, jsou žádané poznatky inženýrského netradičního řešení intenzifikace přestupu hmoty různým zařízením, otevřena je otázka využití plasmových technologií.

Aplikace chemického inženýrství v biologii

Jako jeden z rozhodujících trendů současného chemického inženýrství se ukazuje orientace na řešení jevů na mezifázových plochách, kdy cílem je porozumět procesům na mezifázových površích na molekulární úrovni, zejména v systému tuhá látka-tekutina, kde se starými představami o transportních jevech nelze zejména v biochemických aplikacích a nanotechnologiích vystačit (jde např. o studium mezifázových jevů a povrchových vlastností polymerů a biologických matic). Nové možnosti se otvírají obecně také v katalýze, kde je velmi perspektivní příprava strukturovaných katalyzátorů, v podstatě miniaturizovaných vysoce selektivních čipů.

Jestliže původní role chemického inženýrství v petrochemickém a obecně zpracovatelském průmyslu, na které se v minulosti etablovalo, přestává být dnes dominantní, dožrála doba kriticky přehodnotit cíle chemického inženýrství. Zdá se, že budoucnost chemického inženýrství je v pokračujících trendech směrem k větší diverzitě této disciplíny. Vývoj biologie jako molekulární vědy v posledních dvou dekadách poskytuje dnes přirozené spojení mezi biologií a chemickým inženýrstvím. Příležitosti aplikovat znalosti z problematiky molekulárních interakcí pro poznání a popis přeměn v biologických systémech a jejich přenos do řešení společenských aspektů technologické důležitosti jsou početné (např. biokatalýza, bioreaktorové inženýrství, ochrana životního prostředí, integrované mikrochemické systémy pro aplikace v oblasti získávání netradičních paliv a energií). Rýsují se tak čtyři základní pilíře chemického inženýrství: chemie, fyzika, matematika a biologie.

Tento trend potvrzuje i postupná orientace vědeckého a výukového zaměření chemicko-inženýrských pracovišť na významných vědeckých zahraničních centrech na aplikace mimo chemický průmysl, zejména na aplikace v biotechnologiích. Proces je označován jako „curriculum revitalization“. Často se mění i názvy pracovišť, např. na „chemické inženýrství a molekulárně biologické inženýrství“. Řešená tematika je orientována na ochranu životního prostředí, na vývoj nových zdrojů energie. Jsou sledovány procesy v mikroměřítku, v neposlední řadě vývoj směřuje k nanotechnologiím. Nanotechnologie jsou

považovány jako strategicky důležité pro Evropu a jsou brány jako nejdůležitější výzva pro vědecké pracovníky v nejbližších dekádách. Za nejslibnější se považují aplikace, inovace a aktivity v oblastech jako je zásobování a skladování energií, identifikace, měření a testování látek, aplikace a technologie výrobků v oblasti elektroniky, v bioanalýze. Zajímavé jsou metody cílené dopravy léčiv k orgánům, aplikace v robotice a protetice, obecně v oblasti tzv. „chytrých“ materiálů.

Aplikace v nanotechnologiích

V současné době se rozvíjí obor označovaný názvem „nanotechnologie“. Předpokládá se, že zvládnutí nanotechnologií a výroby nanomateriálů umožní rozšíření čistých technologií, redukci environmentálních dopadů a obecně, že zcela rozhodujícím způsobem přispějí ke zvýšení a udržení vysoké kvality života v nejbližší budoucnosti.

Je možno namítnout, že chemické inženýrství v jeho klasickém pojetí by nemělo šanci hrát významnější úlohu v tomto trendu. Teoretické vybavení současného chemického inženýrství, jeho příklon k řešení základů chemických procesů na molekulární úrovni, k biochemické problematice a ochraně životního prostředí, jistě umožní zapojit se tvůrčím způsobem i v oblasti nanotechnologií, kde zejména reaktorové inženýrství svým přístupem řešení problematiky na molekulární úrovni a povrchových fenoménů nalezne jistě žádané uplatnění i zde. Řešení transportních jevů na úrovni nanočástic pak představuje pro chemické inženýrství jednu z možností jeho dalšího směřování. Nicméně jeho úloha proniknout plně do této problematiky bude jistě nesnadná.

Zaměření chemického inženýrství na biotechnologie, chápeme-li biotechnologii jako integrované použití chemického inženýrství a biologických věd za katalytického působení biokatalyzátorů, má jeden specifický rys. Moderní biotechnologie je dnes orientovaná na vývoj a výrobu vysoce cenově lukrativních výrobků v relativně malých množstvích, perspektivně s využíváním geneticky modifikovaných mikroorganismů (GMO). V těchto výrobcích jsou přínosy plynoucí z efektivních chemicko-inženýrských řešení překryty vysokou cenou výrobků. Zda je jejich příprava řešena chemicko-inženýrsky dobře či nikoliv, může pak být i podružné.

Uplatnění separačních technik v nových procesech

Při vývoji procesů nelze opominout značné zkušenosti chemického inženýrství v oblasti separačních technik, katalýzy a povrchových jevů. V poslední době se světový trend ubírá směrem k vývoji reaktivně-separačních procesů, integrujících reakční soustavu a separační zařízení do jednoho sofistikovaného aparátu. Vývoj směřuje také k integrovaným procesním jednotkám se strukturovanými elementy¹.

Ve vstupu chemického inženýrství do biotechnologií budou žádána především nová sofistikovaná řešení, např.

separace na bázi využívání membránových technologií, bioseparací, elektroforézy a selektivních adsorpcí s cílem další miniaturizace zařízení. Rozhodující pro další rozvoj biochemického inženýrství bude podíl chemického inženýrství v oblastech proteinového inženýrství, biokatalýzy spojené s řešením problematiky chemických vlastností povrchu biokatalyzátoru a strukturou nukleačních míst, techniky „lab-on chip“, apod.

4. Zneškodňování a úprava odpadů, úprava procesů a jejich režimů k ochraně prostředí

V posledních letech je patrný vstup chemického inženýrství i do problematiky technologií spojených se zachycováním a likvidací nebezpečných odpadů (nové separační metody na bázi adsorpce a extrakce, netradiční separační a desorpční metody, reakční kinetika rozkladných reakcí, výzkum termodynamických vlastností komplexních směsí polutantů, apod.). Možnosti vstupu chemického inženýrství do této oblasti jsou značné. Jestliže však společnost nepřijme skutečnost, že vedlejším „výrobkem“ je i čistá voda, čistý vzduch a čistá půda, pak finanční injekce do této orientace budou omezené. Navíc, se vstupem České republiky do EU poptávka po národních řešeních zřejmě rychle odpadne a podniky se budou orientovat na nákup techniky na mezinárodním trhu.

Omezování vzniku odpadů

V budoucnosti se dá očekávat, že ochrana životního prostředí bude vycházet, spíše než z instalace koncových technologií (řešení *end-of-pipe*) ze zavedení úprav vlastního technologického režimu, technologických postupů a sledu operací, jimiž je možné vznik nebezpečných látek minimalizovat. Zkušenosti chemického inženýrství budou jistě v tomto procesu nezastupitelným způsobem využitelné. Jsou to zejména zkušenosti s optimalizací sledu jednotlivých uzlů, metodami optimalizace separačních zařízení a reaktorů využívající znalosti reakční kinetiky, zkušenosti z práce s mikroemulzí a použitím povrchově aktivních látek jako náhrady nebezpečných rozpouštědel, atd.

Kombinace moderních separačních a destruktivních metod s biochemickými postupy (biodegradace) pak představuje nové možnosti v orientaci chemického inženýrství ve zpracování a likvidaci odpadních proudů.

Jak je patrné z trendu vývoje chemického inženýrství jako disciplíny a nezastupitelného nástroje pro zvládnutí procesů chemického průmyslu v minulosti, kdy konečným cílem vždy bylo a je uspokojování a zvýšení kvality životních potřeb společnosti, jeho nová současná úloha jako samostatného vědního oboru je nepochybně vstoupit i jako teoretický základ, umožňující kvantifikace a matematické modelování do oblastí bioinženýrství, molekulárních biotechnologií, environmentálních technologií, případně do vybraných oblastí nanotechnologií.

5. Současné trendy v oblasti bezpečnosti chemických výroby

Péče o životní prostředí musí být nesporně v souladu s opatřeními k zábraně možných úniků látek do životního prostředí v důsledku havárií, s ochranou zdraví na pracovišti i ochranou okolí před účinky výroby. Další oblastí ochrany je ochrana při využívání výrobků.

Ze zpracování informačních zdrojů a posouzením náplní činností výzkumných pracovišť a ze zpráv z průmyslu, lze vystopovat současné zaměření tohoto oboru, které je dost široké. V následujícím přehledu jsou uvedena některá aktuální témata.

Přehled vybraných, teoreticky a experimentálně řešených problémů:

- metody testování a posuzování tepelné stability substancí a směsí,
- teorie tepelných explozí (odpadní plyny s podílem organických látek),
- výzkum a posuzování „výjimečných“ pracovních podmínek (zakolísání tlaku a teplot),
- LCA (Live Cycle Analysis) analýza životního cyklu výrobku,
- čistá produkce, (změny reakční cesty při výrobě, náhrady rozpouštědel),
- jevy při spalování směsí uhlovodíků za zvýšených teplot a tlaků, spalování plynů s organickými látkami (vznik toxických produktů, např. dioxinů),
- analýzy možných explozí hořlavých látek v chemickém průmyslu, i při jejich skladování, převozu,
- tepelné charakteristiky směsí za přítomnosti organických peroxidů, vliv stopových nečistot na reakční rychlosti,
- externí dopady (modelování atmosférické disperze nebezpečných emisí),
- mikrokolorimetry pro charakterizaci rychlých exothermních reakcí v kapalinách,
- nové typy víceúčelových mikrokolorimetrů pro reakční kalorimetrii,
- minimální zápalné teploty pro průmyslové mraky prachů (při mletí, sušení, a pod.),
- dynamické vlastnosti systémů s chemickou reakcí (najíždění, odstavování procesů).

Většina starších i současných prací je stále zaměřena na identifikaci mimořádných situací v chemickém průmyslu (hazard identification), přičemž je upozorňováno na význačné havárie (Flixborough, Seveso, Bhopal, Toulouse, apod.). Je skutečností, že běžných problémů omezeného dopadu je v chemických provozech řada. Skutečně velkých katastrof je naštěstí relativně málo. Tato problematika je však předmětem zájmu nejen odborné, ale i laické veřejnosti a médií a stává se tak nepřímou vysoce společensky zajímavou (má negativní vliv na zdraví populace, život-

ní prostředí a zejména dochází k významným ekonomickým ztrátám). Velké havárie mají významný vliv na vztah veřejnosti k chemickému průmyslu.

6. Analýza rizika

Pod vlivem havárií, ke kterým ve světě došlo, byla zavedena legislativa spojená s administrativními zásahy, jejich součástí je i zhodnocení možných rizik. Výsledky jsou schvalovány i odpovídajícími správními orgány (hygienou, požárníky, apod.). Odborná pozornost je zaměřena na metody posuzování nebezpečnosti a rizik (hazard and risk assessment), metody identifikace a prevence možných rizik (risk management).

Pro analýzu rizik jsou vyvíjeny i expertní systémy, v poslední době zahrnující i posouzení ekologických rizik (Environmental Impact Assessment, EIA). Součástí zajištění „bezpečnosti chemických výroby“ (loss prevention) se stala i strategie minimalizace produkce odpadů, bezpečné likvidace odpadů (environmentální management) a metody čistší produkce. Je propagován integrovaný manažerský systém bezpečnosti, ochrany zdraví a životního prostředí (Integrated Safety, Health and Environment, tzv. systém SHE). Hlavním problémem posuzování SHE je však často nedostatek údajů o chemických vlastnostech a chování látek během daného procesu, včetně jejich možných interakcí.

Z kritického posouzení dostupných pramenů lze dedukovat, že je nemožné předložit návrh technologie, který by maximalizoval bezpečnost (tj. minimalizoval rizika) a současně minimalizoval náklady. Jde přitom i o náklady, které vstupují do cenové analýzy nepřímou: změnou pracovních podmínek, resp. zdrojů surovin za účelem zvýšení bezpečnosti, mohou výrazně stoupnout celospolečenské náklady, vyplývající z tzv. analýzy životního cyklu jednotlivých komodit (Life Cycle Assessment, LCA). V České republice jsou organizace provádějící jak analýzu vlivu výroby na životní prostředí (Environmental Impact Assessment, tzv. EIA), tak organizace vyhodnocující životní cyklus výrobku, LCA. Postup provádění analýzy rizika je určen zákonem. Analýza je pak posuzována 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 přiměřené podpory vědních poznatků, které jsou obvykle nedostupné. Aktuálním problémem je tedy získávání dat, a to v celosvětovém měřítku.

7. Aktivity v oboru zvyšování bezpečnosti chemických procesů v ČR

7.1. Konference a sympozia

Obrovský rozmach chemického průmyslu v posledních desetiletích byl spojen s růstem určitých rizik poško-

zení majetku, životního prostředí a zdraví. Úsilí v oblasti prevence ztrát vedlo k založení „Center for Chemical Process Safety“ při AICHE. U nás již desítky let pracuje příslušná odborná skupina při České společnosti chemického inženýrství a rovněž Česká společnost průmyslové chemie svými akcemi podporuje dialog v oboru bezpečnosti chemických procesů a předcházení škodám a ztrátám. Obě společnosti jsou aktivní zejména v rámci pořádání specializovaných akcí v rámci národních a mezinárodních kongresů CHISA, pravidelných konferencí APROCHEM. Dalším dobrým příkladem je Konference o bezpečnosti v chemickém průmyslu, Ústí nad Labem v roce 2003 a 2005. Na konferencích byly předneseny příspěvky z tohoto oboru jak z vysokých škol, tak z průmyslu a dokumentují i odborný zájem průmyslu (např. koncern Unipetrol, Spolana a.s. Neratovice, Spolchemie Ústí nad Labem, BC-MCHZ Ostrava). Takové odborné akce jsou nepochybně velmi dobrou příležitostí pro výměnu zkušeností z oboru analýzy rizik, výměně poznatků z oblasti legislativy a praktických zkušeností při prevenci a zvládnutí průmyslových havárií. Významnou akcí, která proběhla v Praze v květnu 2004, bylo mezinárodní symposium Loss Prevention and Safety Promotion 2004, které bylo jedním z impulsů zvyšování zájmu o problémy bezpečnosti chemických výrob.

7.2. Výuka na vysokých školách

Programy věnované bezpečnosti práce se přednášejí v magisterském a bakalářském studiu na řadě českých vysokých škol, např. na VŠCHT Praha, na Univerzitě Pardubice, VŠB-TU Ostrava, VUT Brno). Např. na Ústavu organické technologie VŠCHT Praha je výuka zajišťována kolektivem vedeným prof. J. Horákem, základem jsou zkušenosti kolektivu především z reaktorového inženýrství a matematického modelování chemických reaktorů z hlediska jejich bezpečného provozu. K rozvoji oboru u nás dále velmi přispěl prof. F. Babinec z VUT Brno, který má rozsáhlé praktické zkušenosti s analýzou rizika získané spoluprací s chemickými podniky. Další kolektiv zaměřený na tento obor je kolektiv vedený prof. P. Danilhelkou z VŠB-TU Ostrava. Další pracovní skupina, která se věnuje oboru bezpečnosti chemických výrob pracuje na Ústavu energetických materiálů Univerzity Pardubice (Ing. Ferjenčík a doc. Janovský).

Je nesporné, že při řešení problematiky, kterou lze též vyjádřit jako teorie zajištění bezpečnosti („loss prevention science“), je nutno získat nové poznatky o vlastnostech a chování látek v reálných situacích a syntetizovat řadu poznatků, ke kterým byl a je cílen chemicko-inženýrský výzkum. Je nutné takové poznatky využívat, přičemž prohlubujícím se trendem v rozvoji současného chemického inženýrství by měl být bezesporu též hlubší příklon k problematice spojené s aplikací a syntézou operačních procedur, ovlivňujících bezpečnost a ztráty. Řešení prevence ztrát představuje nesporný společenský přínos a v souvislosti i s rychlým rozvojem nových technologií (biotechnologie, nanotechnologie) též možnost získání nových vědních poznatků.

8. Možnosti výzkumu předcházení ztrátám na ÚCHP AV ČR

Ústav chemických procesů AV ČR (viz <http://icpf.cas.cz>) má jako jednu z významných složek výzkumu vývoj metod zvyšování bezpečnosti chemických výrob. Pojem bezpečnost chemických výrob je v této výzkumné činnosti pojímán v širším smyslu, tj. není zaměřen jen na snížení pravděpodobnosti havárií, ale i na snižování vlivu výroben na životní prostředí v bezporuchovém provozu. Jsou tedy sledovány procesy bezpečné likvidace plynných, kapalných i pevných odpadních proudů, jsou vyvíjeny procesy bezpečné likvidace nebezpečných odpadů a nebezpečných vedlejších produktů chemických výrob.

Za hlavní cíl první etapy výzkumu v této oblasti lze považovat využití chemicko-inženýrských a chemických zkušeností vědeckých pracovníků ústavu k základnímu i aplikovanému výzkumu v oblasti prevence ztrát a bezpečnosti v chemickém průmyslu, zejména z komplexního hlediska potřeb ochrany zdraví lidí a ochrany životního prostředí. Ústav chemických procesů AV se, jako jediný chemicko-inženýrský ústav AV ČR, v současnosti výrazně orientuje i na nové trendy v chemickém inženýrství a na problematiku bezpečnosti chemických procesů. Při řešení se velice příznivě uplatní složení komplexních řešitelských týmů ústavu, v nichž jsou zastoupeni jak chemičtí inženýři, tak chemici.

V Ústavu chemických procesů AV ČR bude dále rozvíjen program výzkumné činnosti v tomto směru, v návaznosti na zde již řešenou problematiku transportních jevů, difuzních procesů, reaktorového inženýrství, katalýzy, chemické termodynamiky, bioinženýrství a environmentálního inženýrství. V následujícím přehledu uvádíme některé vybrané projekty, které se týkají bezpečnosti při vedení konkrétních procesů zaměřených na ochranu životního prostředí a procesů k likvidaci problematických látek a odpadů, tedy procesů, které přímo nebo nepřímo přispívají k tvorbě nástrojů, využitelných při ochraně životního prostředí:

Vývoj katalytických procesů pro likvidaci persistentních látek, např. oxidace chlorovaných uhlovodíků

- získávání dat pro návrh reaktoru, včetně vývoje metod zvětšování měřítka reaktorů pro zajištění bezpečného průběhu katalytických procesů, měření přestupu tepla, identifikace horkých zón v reaktorech,
- vývoj vybraných typů katalyzátorů s prodlouženou životností a vysokou katalytickou aktivitou,
- zjišťování limitních koncentrací organických látek v plynné fázi v odpadních plynech po aplikaci katalytické oxidace polutantů.

Studium rozkladných reakcí organických látek sorbovaných na tuhých porézních nosičích v pevném loži reaktoru za teplot do 600 °C v inertním a oxidačním prostředí

- sledování a identifikace toxických meziproduktů,
- stanovení maximálních koncentrací vybraných orga-

nických látek, např. vícejaderných aromátů, dehtů a dehtofenolů na výstupu z reaktoru.

Studium reakčních systémů v soustavě kapalina-kapalina a kapalina-tuhé částice pro snížení koncentrace nebezpečných látek v průmyslových odpadech

- reakce chlorovaných a polychlorovaných uhlovodíků v alkalickém prostředí za zvýšených teplot a tlaků v kapalném fázi s polyethylenglykolem a částicemi elementárních alkalických kovů,
- reduktivní dehydrohalogenace nebezpečných halogenovaných a polyhalogenovaných látek ve vodní fázi (alifatické chlorované uhlovodíky, polychlorované difenyly, polybromované difenyletery) na bimetalických katalyzátorech typu Pd/Fe.

Vliv parametrů spalovacího procesu na snížení koncentrace toxických produktů sorbovaných na částice úletu při spalování vybraných toxických odpadů

- vliv teploty na složení odplynů při spalování (incineraci) chlorovaných a polychlorovaných látek,
- vliv přísadky reakčních aditiv na účinnost procesu.

Vliv fyzikálně-chemických charakteristik ultrajemných částic elektrárenských popílků jako reakčních aditiv do nových typů stavebních hmot (geopolymérů) na rychlost reakcí v tuhé fázi a na bezpečnost práce, solidifikace a stabilizace nebezpečných odpadů.

Monitorování a modelování rozptylu sloučenin toxických kovů a aerosolů, např. ze spaloven toxických odpadů po vstupu do ovzduší

- studium přípravy a fyzikálně-chemických vlastností vybraných anorganických nanočástic a studium jejich perzistence a reaktivity v životním prostředí.

Získávání teoretických údajů pro vývoj senzorů

- studium přestupu hmoty mezi tuhými látkami s gelovou strukturou s cílem využití údajů pro vývoj biosenzorů pro detekce vybraných kontaminantů v životním prostředí,
- studium přípravy nanočástic vybraných materiálů a jejich řízené nanosení na mezifázové povrchy s cílem získání podkladů pro vývoj selektivních senzorů.

Nové typy bioreaktorů pro anaerobní a aerobní biodegradace nebezpečných chlorovaných a polychlorovaných organických látek

9. Závěr

Na příkladech bylo uvedeno, jak lze využít zázemí a zkušeností odborníků při snaze zvyšovat bezpečnost chemických výroby s využitím exaktních principů chemického inženýrství.

Soubor projektů výzkumu zaměřených na bezpečnost chemických výroby a prevenci ztrát je souborem otevřeným a bude modifikován a rozšiřován i podle potřeb výrobní sféry. Dá se očekávat, že v některých oborech poroste váha rychlého uvedení chemických (resp. biochemických) výrobních na trh (*time-to-market*), které bude též vyžadovat relevantní procedury zajištění procesní bezpečnosti. Z tohoto hlediska budou též posuzovány investice a technologie importované ze zahraničí. Vlastnictví racionálních dat představuje značnou výzvu pro vědeckou činnost v tomto směru (znalosti kinetiky potenciálně nebezpečných reakcí, tepelné stability organických látek, jejich chování při extrémních procesních situacích a zvládnutí bezpečnosti při zvětšování měřítka, např.). Tyto údaje budou jistě žádány při identifikaci rizika procesu a při sestavování koncepce technické bezpečnosti. V tomto směru lze mj. spatřovat i potenciální konzultační sílu ÚCHP AV Praha.

Ústav chemických procesů AV ČR uvítá každý zájem průmyslové sféry o spolupráci v tomto směru.

LITERATURA

1. Hanika J.: Chem. Listy 99, 281 (2005).

F. Kaštánek and J. Hanika (*Institute of Chemical Process Fundamentals, Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague*): **The Role of Chemical Engineering in Enhancement of Chemical Process Safety**

An application of findings and methods of chemical engineering to improvement of chemical process safety and loss prevention is discussed. Current trends in chemical engineering are discussed with respect to a challenge for chemical engineers in an effort to improve chemical process safety. The characteristics and the state of the art in the Czech Republic are presented. The paper brings information on research of chemical process safety in the Institute of Chemical Process Fundamentals of the Academy of Sciences of the Czech Republic with an accent on safe disposal of persistent organic pollutants, such as polychlorinated biphenyls.