

OPONENTSKÝ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

Ing. Lukáše DOSTÁLA

Integrace přenosu detonací do analýzy rizika v provozech, kde se zachází s výbušinami.

Oponentský posudek byl vypracován v návaznosti na předloženou disertační práci v elektronické formě, která obsahovala úvodní (neočíslované) části – titulní list, prohlášení, poděkování, anotace, obsah, seznam obrázků, tabulek a příloh, seznam zkratk a symbolů, seznam termínů. Očíslované části práce počínaje str. 18 zahrnují Úvod, Rešeršní část o 5 kapitolách, Analytickou část, která obsahuje kapitoly 6 až 9, následují Diskuze, Závěr. Použitá literatura a Přílohy. Těžiště disertační práce tvoří vybrané celky Analytické části.

Zvolené téma, které se zabývá analýzou rizika ve výbušinářských provozech, považuji za aktuální a to nejenom z důvodu, že zkušenosti s jejím prováděním v zařízeních zacházejících s výbušinami jsou malé. Integrace přenosu detonací je důležitým krokem v úsilí o zajištění hlubšího poznání procesů a uplatnění odpovídajících opatření k dosažení vyšší úrovně bezpečnosti. Formálnímu zpracování práce chybí část popisující hlavní cíle kladené na zpracování disertační práce, což by v závěru práce umožnilo objektivněji hodnotit vlastní přínos autora, účinnost zvolených metod řešení a naznačení další cesty k rozvíjení dané problematiky. V oponentském posudku neuvádím drobné, zpravidla formální nepřesnosti a překlepy (viz např. číslování použité literatury a rovnic, Tab.1...).

K jednotlivým částem disertační práce mám následující připomínky a hodnocení:

Rešeršní část (kapitoly 1 až 5, str. 19 až 53)

Ke kapitolám 1 až 4 nemám závažnější připomínky. Tvoří významnou část rešerší, bez kterých by řešení Analytické části nebylo schůdné ani srozumitelné.

Kapitola 5. Přenos detonace (str. 41 až 53). Tato kapitola tvoří závěrečnou kapitolu Rešeršní části. Přenos detonace je členěn do čtyř způsobů, popsány jsou Q-D principy a tři příklady nehod. Za cennou považuji podkapitolu 5.3. Správně je uvedeno, že jedním z hlavních cílů je vývoj postupu pro určení maximálního doletu fragmentů. Z hodnocení v práci citované literatury vyplývá, že je použita řada zjednodušení, která umožňují postupovat spíše cestou odhadů a informativních výpočtů. Rychlosti fragmentů uvedené v části 5.3.1 nepovažuji za zcela reálné. Rozdělení na primární a sekundární fragmenty postrádá další komentář. Domnívám se, že graf na Obr. 19 je konstruován na nepřesném předpokladu. Bez uvažování odporu vzduchu je výpočet značně nepřesný. V minulosti byly zpracovány a ve Sbornících z konferencí pořádaných VA v Brně postupy, které by možná bylo vhodnější uplatňovat.

Analytická část (kapitoly 6 až 9, str. 54 až 99)

Kapitola 6. Příprava pro víceúrovňový postup analýzy rizika (str. 54 až 60).

Položme si otázku, proč je ve výbušinářských provozech nedůvěra k širšímu uplatňování analýzy rizik. K této kapitole nemám závažnější připomínky. Pro posouzení Tab. 11 jsem neměl potřebné odklady.

Kapitola 7. Víceúrovňový postup analýzy rizika (str. 60 až 73). Za cenný považuji postup na Obr. 22 zahrnující 9 kroků. Dále uváděný postup je náročný na sledování. Stálo by za zvážení, zda by bylo možné některé části této kapitoly znázornit graficky (formou vývojových diagramů). Z teoretického hlediska patří kapitoly 7 a 8 k těžišti disertační práce.

Kapitola 8. Integrace přenosu detonace do víceúrovňového postupu analýzy rizika (str. 73 až 78). Problematika přenosu detonace letícími sekundárními fragmenty je složitou záležitostí. Příklad výpočtu v podkapitole 8.2 je s ohledem na některých odhadech jen informativní. Vyvozovat za těchto podmínek z jednoho pokusu (nehody) kategorické soudy o obecnější použitelnosti výpočtové metody by bylo poněkud odvážné.

Kapitola 9. Aplikace víceúrovňového postupu analýzy rizika na reálném zařízení (str. 78 až 99). Uplatnění víceúrovňového postupu analýzy rizika na reálném zařízení ukázalo na životaschopnost navrženého postupu. Rezervou je zpřesnění balistického přístupu při určování počáteční rychlosti a dráhy sekundárních fragmentů. Na str. 95 a 96 by bylo vhodné blíže vysvětlit postup při určení pravděpodobnosti přenosu detonace.

Diskuze (str. 100 až 102). Str. 101 by si zasloužila širší rozbor. Poslední věta v odstavci pod Obr. 37 by měla být doplněna o fyzikální princip, proč tomu tak je.

Závěr (str. 103). Dolet sekundárních fragmentů není tak jednoduchou záležitostí.

Použitá literatura (str. 104). Při přesnějším výpočtu doletu fragmentů doporučuji zaměřit se i na starší literaturu

Přílohy (str. 108 až 121). Tuto část jsem kontroloval jen namátkově.

Při obhajobě disertační práce požaduji zodpovědět následující dotazy:

- 1) Co považujete při sestavování modelu pro ocenění pravděpodobnosti přenosu detonace za určující?
- 2) Co považujete za svůj rozhodující přínos při zpracování disertační práce?
- 3) Předpokládáte uplatnění modifikované analýzy rizika i na další výbušinářská zařízení?

Celkový závěr.

Disertační práce splňuje podmínky uvedené v paragrafu 47, odst. 4 zákona č. 111/1998 a jejím zpracováním prokázal Ing. Lukáš DOSTÁL způsobilost k samostatné vědecké práci. V návaznosti na prostudování a posouzení předložené disertační práce doporučuji komisi pro obhajobu disertační práce práci Ing. Lukáše Dostála *Integrace přenosu detonací do analýzy rizika v provozech, kde se zachází s výbušninami* přijmout k obhajobě.

V Brně dne 1.6.2013


Zpracoval: prof. Ing. Jan Kusák, CSc



Oponentsky posudok doktorandskej dizertačnej práce

Doktorand:	Ing. Lukáš DOSTÁL
Názov práce:	„Integrace přenosů detonací do analýzy rizika v ptovozech, kde se zachází s výbušninami“.
Školiteľ práce:	doc. Ing. Pavel Vávra, CSc., prof. Ing. Svatopluk Zeman DrSc. (súč.)
Školiteľ špecialista:	Ing. Miloš Ferjenčík, Ph.D.
Oponent práce:	prof. Ing. Hana Pačaiová, PhD.
Študijný odbor:	<i>Organická technológia</i>
Študijný program:	2801 Chemie a chemická technologie UNIVERZITA PARDUBICE, Fakulta Chemicko-technologická Ústav energetických materiálov

Predkladaná dizertačná práca bola zameraná na dve základné oblasti, výpočet max. doletov sekundárnych fragmentov, ako zdrojov ohrozenia života a zdravia v prevádzkach kde sa narába s výbušninami a vytvorenie postupu pre viacúrovňové posudzovanie rizík v týchto prevádzkach.

Dizertačná práca (ďalej len DZP) prináša v úvodnej časti dostatočne podrobný analytický pohľad na súčasné metodiky a trendy posudzovania rizík, najmä v objektoch kde sa manipuluje s výbušninami. Doktorand sa zamerával hlavne na metodiky, ktoré súvisia s posudzovaním **priemyselných rizík**, neriešil problematiku výbuchu podľa požiadaviek smernice EÚ 1992/91/ES (ATEX), týkajúcu sa prevencii v rámci bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci (BOZP). V jeho práci je orientácia najmä na vytváranie scenárov, ktoré sú základom pre posudzovanie priemyselných rizík podľa smernice SEVESOII, za účelom ich spoločenskej akceptácie (spoločenské a individuálne riziko).

Téma práce je *vysoko aktuálna*, nakoľko problematika výbušnín nebola súčasťou priemyselných rizík do roku 2000, až po haváriách (Enschede- ohňostrojomá havária) sa stala impulzom pre zmenu v smernici SEVESOII (rok 2003) a je súčasťou aj novej platnej smernice SEVESOIII (2012/18/EÚ) .

Ciele, ktoré si doktorand vytýčil sú náročné, jednak z hľadiska modelovania maximálneho doletu fragmentov vzniknutých pri výbuchu (najmä sekundárnych fragmentov), str. 44 práce, ako aj vytvorenia postupu pre viacúrovňové posudzovanie rizík.



Prvý cieľ bol dostatočne popísaný v kapitole 5.3 a jeho výsledky aplikované v kapitole 8, najmä 8.2.1 DZP.

Čo sa týka druhej časti práce je cieľ splnený i keď v rámci „integrácie“ scenárov BOZP a priemyselných rizík je potrebné zvážiť základné princípy a požiadavky za účelom ich minimalizácie, resp. odstránenia, o vyžaduje skúsenosti z BOZP, ako aj z modelovania priemyselných rizík.

V tejto časti práce mám tieto pripomienky:

- Aká je požiadavka na posudzovanie rizík podľa Zákonníka práce? Vyžaduje všetky kroky algoritmu manažerstva rizík – zdokumentovaný postup? Ak áno, prečo v kap. 6.2 je polemika na tému požiadaviek analýzy rizika a je akceptácie zákazníkom (prevádzkovateľom)?
- Nie je matica rizika súčasťou metodík, či už za účely splnenia požiadaviek Zákonníka práce (Zákona) a Zákona o prevencii havárií?

Aplikované metódy za účelom naplnenia stanovených cieľov v prvom prípade (max. dolet fragmentov - Obr.20) ako aj v druhom prípade (viacúrovňové modelovanie rizík) sú prehľadné a spĺňajú požiadavky na aktuálnosť. Vyzdvihujem aplikáciu všetkých úrovní ako kvalitatívnych, tak aj semi-quantitatívnych a kvantitatívnych metód pre účely modelovania rizík použitých v návrhu viacúrovňového posudzovania rizík.

K tejto časti mám tieto dotazy:

- Aké je kritérium pre kritické a nekritické scenáre NTP – so zanedbateľnou prenosovou cestou, čo je parametrom kritickosti? Neuvažoval doktorand o kritériách hlbšie a presnejšie popisujúcich mieru kritickosti?
- Obdobne v práci nie je bližšia špecifikácia, z hľadiska výbušnín pre OLQ scenáre.
- Ako doktorand získal hodnotu $2,1 \times 10^{-3}$ na str. 97 pre HRA z obr. 34?
- Popis frekvencie – Tab.28, nie je celkom použiteľný pre scenáre, keďže z hľadiska kvantitatívneho modelovania, napr. nastane každú zmenu – 1000/rok, vyžaduje kombináciu s hodnotenou udalosťou.
- Tab. 25, 26 a 29 obsahujú kombinované scenáre týkajúce sa technických rizík, resp. rizík pracovného prostredia (typu pošmyknutie sa) a priemyselných rizík. Nie celkom súhlasím s aplikáciou normy (ČSN 2008), obecné (týka sa konštrukcie strojov a posudzovania rizík pre ich životný cyklus, teda nie zásobník napr.). Problém vidím v tom, že miera ohrozenia typu pošmyknutie sa alebo vdychnutie očakáva straty „len“ vo vzťahu k zamestnancom (popr. návštevník, dodávateľ), týka sa vzťahu človek/zamestnanec – stroj - prostredie a vyžaduje analýzu činností /profesie. Iný je prípad scenárov pre zlyhanie technológie a jej vzťah so životným prostredím, majetkom a životom verejnosti. Otázne je že pri „pošmyknutí sa ... stlačíme spínač, ktorým zvýšime tlak v zásobníku a dôjde k prekročeniu medzného tlaku a následne



k výbuchu...“ . Teda od zdrojov a dôsledkov spätnou (deduktívnej) analýzou je možné zvážiť nedostatky v oblasti riadenia BOZP ako príčinu v rámci scenára typu výbuch, požiar a pod., pozor ale pri kritických zariadeniach, teda ktorých zlyhanie prekračuje akceptovateľný rámec.

- Prečo doktorand v tab. 34, neuvažoval aj s roztrhnutím zásobníka? Nízke frekvencie ($10E-7$) môžu z hľadiska počtu zranených ľudí predstavovať v kombinácii s dôsledkom vysoké – neakceptovateľné riziko.

Pre rozvoj študijného programu je *práca prínosom* z hľadiska budovania a vývoja nových technológií na výrobu a skladovanie výbušnín so zohľadnením požiadaviek na bezpečnú a spoľahlivú prevádzku pri efektívnom vynakladaní nákladov a plnení požiadaviek legislatívy a verejnosti. Vývoj akceptovateľných modelov s prienikom viacerých požiadaviek vytvára priestor pre rozhodovacie procesy s minimálnou mierou neistoty pre manažment na jednej strane, na druhej strane poskytuje údaje pre vytváranie bezpečných konštrukčných riešení zohľadňujúcich mieru rizika danej prevádzky.

V rámci celkového hodnotenia predloženej DZP, napriek predchádzajúcim pripomienkam, môžem konštatovať, že *výsledky práce* prinášajú nové poznatky najmä z oblasti modelovania max. doletov sekundárnych fragmentov, ako aj z hľadiska súčasných trendov integrovaného prístupu riadenia rizík. V niektorých momentoch práca inšpiruje k vývoju nových postupov na riadenie *novovznikajúcich rizík* najmä v oblasti manipulácie a spracovania výbušnín, čo má význam pre nové prevádzky a ich technológie.

Z hľadiska formálneho, vytýkam doktorandovi aplikáciu originálnych obrázkov s anglickým textom (bez prekladu). Čo sa týka súvislosti a názornosti je práca ináč systematicky a prehľadne spracovaná bez významnejších formálnych chýb.

Záverom môžem konštatovať, že doktorand na základe ním predloženej dizertačnej práce spĺňa podmienky ustanovené Zákom č. 111/1998 Sb., a preto doporučujem aby po jej úspešnej obhajobe mu bola udelená vedecko-akademická hodnosť:

„Philosophiae Doctor“

V Košiciach, dňa 10.04.2012


Prof. Ing. Hana Pačiová, PhD.

Oponentní posudek na doktorskou disertační práci Ing. Lukáše Dostála „Integrace přenosů detonací do analýzy rizika v provozech, kde se zachází s výbušninami“

Předložená disertační práce si klade za cíl návrh a demonstraci postupu analýzy rizika, který by byl uzpůsoben pro potřeby výbušninářských provozů. Jedním z klíčových inovátorských záměrů je pak posouzení možností přenosu detonace v provozu výroby výbušnin, kritické zhodnocení Q-D principů používaných v současnosti a vývoj zlepšeného postupu. Toto téma a cíle jsou logickou volbou v souladu se zaměřením školícího pracoviště a studijního oboru.

Práce je ve své podstatě rozčleněna na rešeršní a analytickou část. Rešeršní část je poměrně rozsáhlá, což je pochopitelné, jelikož vzhledem k zaměření práce nelze získávat relevantní data experimentálně, ale je nutné se omezit na analýzu dat literárních. Tato část se tedy po úvodním rozboru metod kvantitativní analýzy rizika zabývá analýzou specifických postupů analýzy rizika v oblasti výroby výbušnin, podává přehled o příkladech nehod, na nichž dokumentuje nedostatky současného stavu používaných metod a uvádí odkazy na kritériální rovnice potřebné pro kvantitativní řešení konkrétní úlohy v analytické části práce.

Analytická část práce popisuje návrh a aplikaci víceúrovňového postupu analýzy rizika na výbušninářský provoz. Návrh postupu sleduje hledisko jeho přiměřené náročnosti na zpracování a pracuje proto s řadou metod, které se navzájem doplňují. Zvláštní pozornost je zde věnována přenosu detonace sekundárními fragmenty. Vycházeje z publikovaných postupů pro popis chování fragmentů a detailních informací o skutečné havárii v závodě Explosia, autor navrhuje konkrétní postup výpočtu doletu fragmentů a vypočtené výsledky validuje známými informacemi ze skutečné události. Tento postup je velmi cenný a dodává značné věrohodnosti aplikaci postupů na další reálná zařízení.

Aplikace navrženého postupu na linku výroby nitroesterů je velmi precizně provedená. Jedná se o celkovou aplikaci navrženého postupu ve všech jeho úrovních a pracuje s konkrétními údaji o konkrétním procesu. Autor zde tedy neprokázal jen formální schopnost aplikace navržené metodiky, ale také výbornou orientaci v konkrétním analyzovaném procesu a schopnost zjištění či odhadu nezbytných číselných charakteristik. Velmi kladně hodnotím schopnost syntetické aplikace dat a postupů publikovaných v různých zdrojích, čímž se osvědčila autorova dobrá orientace v praktických stránkách analýzy rizika.

Zřejmě nejnovativnější částí celé práce je aplikace přenosu detonace. Navržený postup považuji za možnou koncepci, zároveň však je možné jej (vzhledem k tomu, že se jedná o autorův vlastní návrh) využít k podrobnějšímu zamyšlení. Pravděpodobnost dopadu fragmentu na objekt s obsahem výbušnin je počítána jako prostý poměr půdorysné plochy objektů s výbušninami a celkové plochy možného dopadu fragmentu. Domnívám se však, že zatímco hustota pravděpodobnosti radiální vzdálenosti dopadu fragmentu bude přibližně konstantní a konstantní bude i hustota pravděpodobnosti směrového úhlu letu fragmentu, nebude toto logicky platit pro pravděpodobnost zásahu jednotkové plochy fragmentem. Pravděpodobnost dopadu fragmentu na jednotkovou plochu se bude snižovat se vzrůstající vzdáleností od zdroje, a proto bych za přesnější odhad pravděpodobnosti přenosu detonace považoval hodnotu počítanou jako střední integrální hodnotu z pravděpodobnosti přenosu fragmentem o doletu r .

$$P = \frac{1}{R_{\max} - R_{\min}} \int_{r=R_{\min}}^{R_{\max}} \frac{o(r)}{2\pi r \theta} dr$$

kde $R_{\min, \max}$ jsou minimální a maximální možná vzdálenost doletu, θ je úhel kruhové výseče a $o(r)$ je část délky oblouku protínající objekt(y) s přítomností výbušnin, ve vzdálenosti r od zdroje. V tomto ohledu je otázkou, zda by nebylo možné a účelné zohlednit uvedenou skutečnost ve výpočtu, jelikož by to vedlo k odlišení příspěvku objektů v různé vzdálenosti od zdroje k pravděpodobnosti přenosu detonace.

V práci jsem nenalezl závažné nedostatky věcného či formálního charakteru. Drobné nepřesnosti či formální nedostatky, které stojí za zmínku, zahrnují:

- V tab. 1 jsou zaměňovány symboly pro četnost a kumulativní četnost. Domnívám se, že vztahy v posledním sloupci by měly být správněji typu $F_{N-1} = F_N + f_{N-1}$.
- Na str. 22 je formulace „Jestliže schodovitou funkci proložíme hladkou křivku $R(x)$, můžeme ji považovat za křivku reprezentující skutečné riziko a můžeme ji nazvat křivkou rizika“. Jelikož svislá osa tohoto grafu je pouze četnost a na vodorovné ose jsou škody, riziko bude odpovídat ploše pod křivkou, nikoli této křivce.
- Na obr. 33 mi není zcela zřejmé, zda uvažovaná plocha možného dopadu fragmentu je opravdu uvažována podle popisu v práci jako plocha kruhové výseče, nebo zda se jedná o plochu znázorněné výseče mezikruží. V případě výseče není zcela zřejmé, proč jsou v obrázku znázorněny dva oblouky kružnic o různém poloměru.
- Některé obrázky mají anglické popisky. U převzatých obrázků je to snad pochopitelné, u obrázků bez citace (např. č. 15) mi smysl uniká.

V práci jsem jinak prakticky nenalezl překlepy, či jiné problémy jazykového charakteru, což svědčí o velmi pečlivé finalizaci rukopisu.

Práce podle mého názoru splňuje požadavky kladené na doktorskou disertační práci a **práci proto doporučuji k obhajobě**.

Při obhajobě je možné se zabývat následujícími otázkami:

1. Reakce autora na výše uvedenou diskusi pravděpodobnosti dopadu fragmentu na objekt obsahující výbušniny.
2. Jak je v navrženém způsobu hodnocení přenosu zohledněna skutečnost, že při primární detonaci může vzniknout určitý počet sekundárních fragmentů? Navržený postup mi připadá zaměřen na vznik právě jednoho fragmentu.

Doc. Ing. Petr Zámostný, Ph.D.
Ústav organické technologie, VŠCHT Praha