

HAZOP – Metóda na identifikáciu možných nebezpečných stavov a prevádzkových problémov

ÚVOD

Problematika ochrany zdravia pri práci je v SR v oblasti legislatívy priamo upravovaná viacerými zákonomi a nariadeniami vlády, ktorých prehľad je uvedený v [1] kapitola 14.2. V súvislosti s celkovou transformáciou legislatívy mnohé zo zákonov sú v štadiách návrhu zákona, resp. dočasných opatrení. V niektorých oblastiach sa očakáva novelizácia existujúcich právnych nariem (napr. Návrh zásad zákona o havariách – VVÚBP 1997) Základným zákonom upravujúcim uvedenú problematiku je zákon 330/1996 Zb.

Časť uvedených právnych úprav sa sústredí na ochranu zdravia pri práci z pohľadu používania a manipulácie s látkami potenciálne ohrozujúcimi zdravie a bezpečnosť pri práci. Upravuje používanie týchto látok, predovšetkým v zmysle ich aplikácie, balenia, transportu a skladovania; teda najmä z pohľadu distribúcie a použitia. V ostatných oblastiach je súčasná legislatívna úprava zameraná predovšetkým na prevenciu požiarov, výbuchov horľavín a na výbušniny. Pomerne podrobne je legislatívne pokrytá oblasť, ktorú možno označiť ako oblasť mechanických¹ a elektrických² rizík a rizík spojených s používaním technických a iných plynov³.

Ochrana zdravia pri práci je okrem vyššie spomenutých nepriamo previazaná aj s legislatívnymi opatreniami v oblasti veľkých havárií, nebezpečných činností, odpadov a emisií, ale aj posudzovania vplyvov na životné prostredie. Značná časť právnych nariem v týchto oblastiach je v SR v štadiu príprav, schvaľovania, resp. novelizácie.

Z hľadiska časového horizontu projektu ako aj deklarovanej snahy SR o vstup do Európskej únie je dôležité brať do úvahy aj vývoj európskej legislatívy v uvedenej oblasti. Prehľad súčasného stavu je uvedený v [1].

Direktíva Seveso (Smernica 96/81/ECC (SEVESO II), [2]) je zameraná na prevenciu veľkých havárií, ktoré môžu byť výsledkom istých priemyselných aktivít. Direktíva sa sústredí na vplyv následkov havárií na človeka a prostredie. Direktíva

definuje dotknuté priemyselné aktivity, výrobcov, veľké havárie a nebezpečné látky, ako aj aktivity, ktorých sa direktíva netýka.

Podľa tohto nariadenia je zodpovednosťou (dotknutého) výrobcu dokázať kompetentnému orgánu, že identifikoval nebezpečenstvá s potenciálom spôsobiť veľkú haváriu, prijal zodpovedajúce bezpečnostné opatrenia a poskytol pracovníkom informácie, tréning a vybavenie tak, aby zaistil ich bezpečnosť.

Okrem toho musí výrobca informovať verejnosť v okolí o potenciálne možných nebezpečenstvách spôsobených prevádzkou a o opatreniach, ktoré treba uskutočniť v prípade havárie. Ak by prišlo k veľkej havárii, výrobca je povinný okamžite informovať zodpovedné orgány. Tie následne musia informovať Európske spoločenstvo.

Spôsob, ktorým výrobca deklaruje zhodu svojich aktivít so zákonom je tzv. bezpečnostná správa. V bezpečnostnej správe musí výrobca dokázať, že:

- identifikoval nebezpečenstvá s potenciálom spôsobiť veľkú haváriu
- prijal opatrenia pre prevenciu havárií a zmenšenie ich negatívnych dôsledkov.

Podľa direktívy Seveso musí bezpečnostná správa obsahovať:

- (a) informácie o látkach uvedených v prílohe direktívy Seveso; specifikované dátá, napr.: fyzikálne a chemické vlastnosti, metódy detektie a merania, metódy a opatrenia pri manipulácii, skladovanie a v prípade poplachu.
- (b) informácie dotýkajúce sa miesta zariadenia, ako napr. geografické, meteorologické podmienky, maximálny počet osôb pracujúcich na zariadení, všeobecný opis technologických procesov, opis miest, kritických z hľadiska bezpečnosti a ochranné a zaistenie zariadenia a opatrenia.
- (c) informácie týkajúce sa možných situácií, keď príde k veľkej havárii, ako sú pohotovostné plány pre zariadenia i pre okolie, mená a povinnosti osôb alebo inštitúcií zodpovedných za bezpečnosť a za opatrenia v prípade veľkej havárie.

Nariadenie však nedefinuje dostatočne presne pojem „veľká havária“. Jeho

definícia závisí od národných legislatív, pričom sa spravidla používajú nasledovné kvantifikátory:

- počet usmrtených
- počet zranených
- počet evakuovaných
- množstvo úniku škodlivín do ovzdušia, vody a zeme
- strata investícií
- strata produkcie
- zničenie historického, alebo inak vzácného prostredia spoločenstva.

Napríklad definície veľkej havárie pre ľudí a pre životné prostredie sú podľa anglickej legislatívy taxatívne určené vykonávacími predpismi. Ale napr. fínska legislatíva nedefinuje taxatívne uvedený pojem a ponecháva jeho definíciu na rozhodnutí manažmentu inštitúcie (Koivisto et al., 1996, [3]).

Uvedený prehľad možno zhrnúť nasledovne:

- 1) Zákonodarca sa sústredí na možné škodlivé, nebezpečné, alebo inak nežiaduce účinky médií⁴ vyplývajúce z podstaty médií. Z vlastnosti odvodu systém opatrení, ktoré majú predchádzať alebo minimalizovať negatívne následky (účinky) na ľudské zdravie alebo životné prostredie.
- 2) Okrem prípadov uvedených nižšie, sa sústredí na priamu manipuláciu s látkami, ich transport a skladovanie.
- 3) Z pohľadu možných škodlivých, nebezpečných alebo inak nežiadúcich účinkov vyplývajúcich zo vzájomnej interakcie médií⁵ a časovej následnosti rôznych interakcií, teda účinkov vyplývajúcich z procesu sa zákonodarca sústredil na:
 - a) rádioaktívne látky
 - b) výbušniny a čiastočne na horľavé látky
 - c) inštalácie s potenciálom spôsobiť veľkú haváriu.

návateľ uskutočnil bezpečnostnú analýzu ešte forsírovaná, predovšetkým pre zariadenia a inštalácie s potenciálom spôsobiť veľkú haváriu.

Bezpečnostná analýza je systematické preskúmanie štruktúry a funkcie systému s cieľom:

- 1) identifikovať príčiny potenciálne vedúce k nebezpečnej situácii, nehode, resp. havárii
- 2) hodnotenie s tým spojeného rizika
- 3) nájdenie opatrení znížujúcich riziko a mala by odpovedať na otázky:

- a) čo môže byť príčinou nebezpečnej situácie, nehody, havárie
- b) aké by boli následky - efekty a či sú akceptovateľné
- c) sú zabezpečovacie zariadenia a preventívne opatrenia adekvátne, t. j. udržujú riziko na akceptovateľnej úrovni?

Z hľadiska posudzovania (IBP) i z hľadiska rozhodovania a stanovenia priorit (manažment) je potrebné po identifikácii a vyhodnotení možných následkov zabezpečiť, aby skúmaná činnosť bola v oblasti tolerovaného alebo zanedbatelného rizika. Je zrejmé, že pre rôzne etapy bezpečnostnej analýzy sú potrebné rôzne nástroje. Navýše, podľa účelu analýzy a podľa zložitosti posudzovaného objektu sa veľmi líši potrebný stupeň zložitosti a komplexnosti použitých techník i detaily, do ktorých analýza musí ísť.

Publikovaných bolo viacero techník, metodík nástrojov a postupov používaných v bezpečnostnej analýze (niektorí autori, napr. Lees [4], uvádzajú až 25 techník).

V AICHE Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, 1992, [5] sa uvádzajú 12 základných techník, ktorých prehľad je na obr. 1. Na obr. 1 sú uvedené techniky a ich použitie rozlíšené podľa jednotlivých etáp „životného cyklu“ zariadenia.

Systematickým prístupom k problematike predchádzania vzniku situácií nebezpečných pre človeka, životné prostredie a predchádzania škôd a následkov prípadných nehôd a havárií je koncepcné riadenie bezpečnosti na úrovni podniku.

Systémy riadenia bezpečnosti sú v Európskom spoločenstve vyžadované pre inštalácie s potenciálom spôsobiť veľkú haváriu a odporúčané pre ostatné priemyselné aktivity.

Prvým publikovaným štandardom v tejto oblasti je britská norma BS 8800 [6]. Táto norma odporúča voľbu z dvoch systémov:

1. SMS vyvinutý, vyžadovaný a odporúčaný HSE (Health and Safety Executive - analóg Úradu bezpečnosti práce SR)
2. SMS vyvinutý na základe analogického štandardu pre EMS (Environmental Management System) radu ISO 14000 a s priamou odvolávkou na tento štandard.

Základom pre uplatnenie uvedených systémov je hodnotenie existujúceho stavu a **identifikácia** možných nebezpečných situácií.

Identifikácia nebezpečenstva (IN) je prvým predpokladom pre jeho úspešné vylúčenie alebo, ak to nie je možné, riadenie nebezpečenstva tak, aby riziko vzniku nebezpečnej situácie až havárie bolo minimálne. Identifikácia, rozpoznanie možného nebezpečenstva, je na jednej strane viac ako polovica úspechu. Na druhej strane, s rastúcou zložitosťou technológií sa stáva zložitejším aj problém identifikácie nebezpečenstva.

Aplikácia metód identifikácie nebezpečenstva môže byť nielen finančne ale aj časovo náročná. Z týchto dôvodov niektoré časti podniku bývajú spravidla podrobenejšej analýze ako iné. Hĺbka štúdie závisí od hodnotenia a percepcie potenciálneho nebezpečenstva.

Prvotné zameranie metód IN je rozpoznanie vážnych prípadov, tzv. top-events, ktorých následkom je nebezpečenstvo pre zamestnancov a/alebo obyvateľstvo, alebo finančné straty. Sekundárne umožňujú rozpoznať základné príčiny, ktoré môžu viesť k takýmto situáciám, ako aj identifikovať situácie, ktoré môžu viesť k problémom pri prevádzke a údržbe zariadení.

Skriningové techniky, v chemickom a procesnom priemysle obvykle **indexy** [7] a [8] sú navrhnuté tak, aby kvantifikovali potenciál vzniku nebezpečnej nehody a mieru rizika pre dané zariadenie alebo prevádzku. Bývajú užitočné a aplikované v počiatočných štadiách hodnotenia nebezpečenstva, keďže je potrebné minimum dát a umožňujú graficky demonštrovať oblasti, ktoré vyžadujú sústredenejšiu pozornosť.

Základné techniky **HAZOP a What-if** sú najčastejšie používané a odporúčané pre projektovú prípravu a existujúce inštalácie.

Za doplnkové techniky pre IN sú považované metódy kontrolných zoznamov (**check-lists**), **FMEA** (Failure Mode and Effect Analysis), **FMECA** (Failure Mode,

Effect and Criticality Analysis), ako aj metódy obvyklé pri kvantitatívnej analýze rizika (Quantitative Risk Assessment - QRA): **FTA** (Fault Tree Analysis - Analýza stromu príčin), **ETA** (Event Tree Analysis - analýza stromu následkov), **HRA** (Human Reliability Analysis) (Turney, 1996 [9]) atď.

Z hľadiska komplexnosti, ale aj frekvencie používania, sa v procesnom priemysle často aplikuje HAZOP technika, ktorá je považovaná za štandard a jej opis je predmetom tohto článku.

PRINCÍP HAZOP ŠTÚDIE

HAZOP (Hazard and operability study) je metóda odporúčaná na **identifikáciu** nebezpečných situácií a problémov, ktoré bránia efektívnej prevádzke. HAZOP štúdia sa používa pre také prevádzky, pre ktoré existuje kompletná prúdová schéma. Štúdiu uskutočňuje tím ľudí rôznych profesií, ktorých úlohou je kriticky revidovať všetky procesy v prevádzke, z dôvodu nájsť všetky potenciálne zdroje nebezpečenstiev a prevádzkových problémov. Pri tejto revízii postupujú podľa vopred vybraných vodiacich slov.

Pre HAZOP štúdiu je potrebná technická dokumentácia ako prúdová schéma so sprievodnou dokumentáciou, prevádzkové a technologické predpisy, bezpečnostné predpisy so zoznamom spracúvaných materiálov atď. Treba však zdôrazniť, že HAZOP štúdia nemôže byť použitá ako náhradná metóda na zásadné vylepšenie samotného projektu. Ak sa počas realizovania HAZOP štúdie neustále vynára množstvo zásadných projektových nedostatkov, potom je niečo principálne chybné na samotnom projekte.

Metodika HAZOP bola vypracovaná v 60-tych rokoch firmou ICI. V ďalších rokoch sa táto metóda rozvíjala a je na tomto mieste veľmi zložité explicitne vymenovať všetky zdroje. Zásadný vplyv na rozvoj HAZOP metódy pochádza od Kletza (1986) [10] a od Chemetics Manual (Knowlton, 1992)[11].

Základný princíp HAZOP štúdie je zobrať kompletnú schému procesu s potrebnou dokumentáciou a na základe otázok analyzovať každú časť procesu so zámerom hľadať všetky možné odchyly od projektovaného zámeru, a zároveň nájsť príčiny a možné dôsledky týchto odchýlok. Podrobny postup procesu kritického skúmania odchýliek v HAZOP štúdii je znázornený na obr. 2a, b.

Obrázok 1
Typické použitie techník hodnotenia nebezpečenstva [5]

| | safety review | check lists | relative ranking | PHA | What-if / check lists | What-if / HAZOP | FMEA | fault tree | event tree | CCA | HRA |
|---------------------------------------|---------------|-------------|------------------|-----|-----------------------|-----------------|------|------------|------------|-----|-----|
| výskum a vývoj | | | | | | | | | | | |
| koncepcný návrh/projektový zámer | | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ○ |
| predprojektová príprava/poloprevádzka | | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ○ |
| detaljný projekt | | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ○ |
| konštrukcia/nábeh | | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| prevádzkovanie jednotky | | | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| rozšírenie/modifikácia | | | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| objasňovanie nehody | | | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| zrušenie/odstraňovanie | | | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| liability Analysis | | | | | | | | | | | |

○ - zriedkavo používané alebo nevhodné; ● - obvykle používané; PHA-Preliminary Hazard Evaluation, FMEA Failure Modes and Effects Analysis, CCA Cause-Consequence Analysis, HRA-Human Reliability Analysis

Táto systematická analýza sa pritom opiera o aplikáciu vhodných vodiacich slov, pričom najdôležitejšie body samotnej štúdie sú nasledovné:

- 1) projektový zámer
- 2) odchýlky od zámeru
- 3) príčiny odchýliek
- 4) dôsledky odchýliek:
 - a) nebezpečenstvá
 - b) operatívne problémy.

Projektový zámer a časti skúmania

V projektovom zámere sú skúmané nasledovné prvky:

- 1) materiál
- 2) činnosť
- 3) zariadenie
- 4) zdroj
- 5) miesto určenia

Pri niektorých aplikáciach k uvedeným prvkom sa môžu priradiť ďalšie prvky ako:

- 6) čas
- 7) priestor.

Vodiacie slová

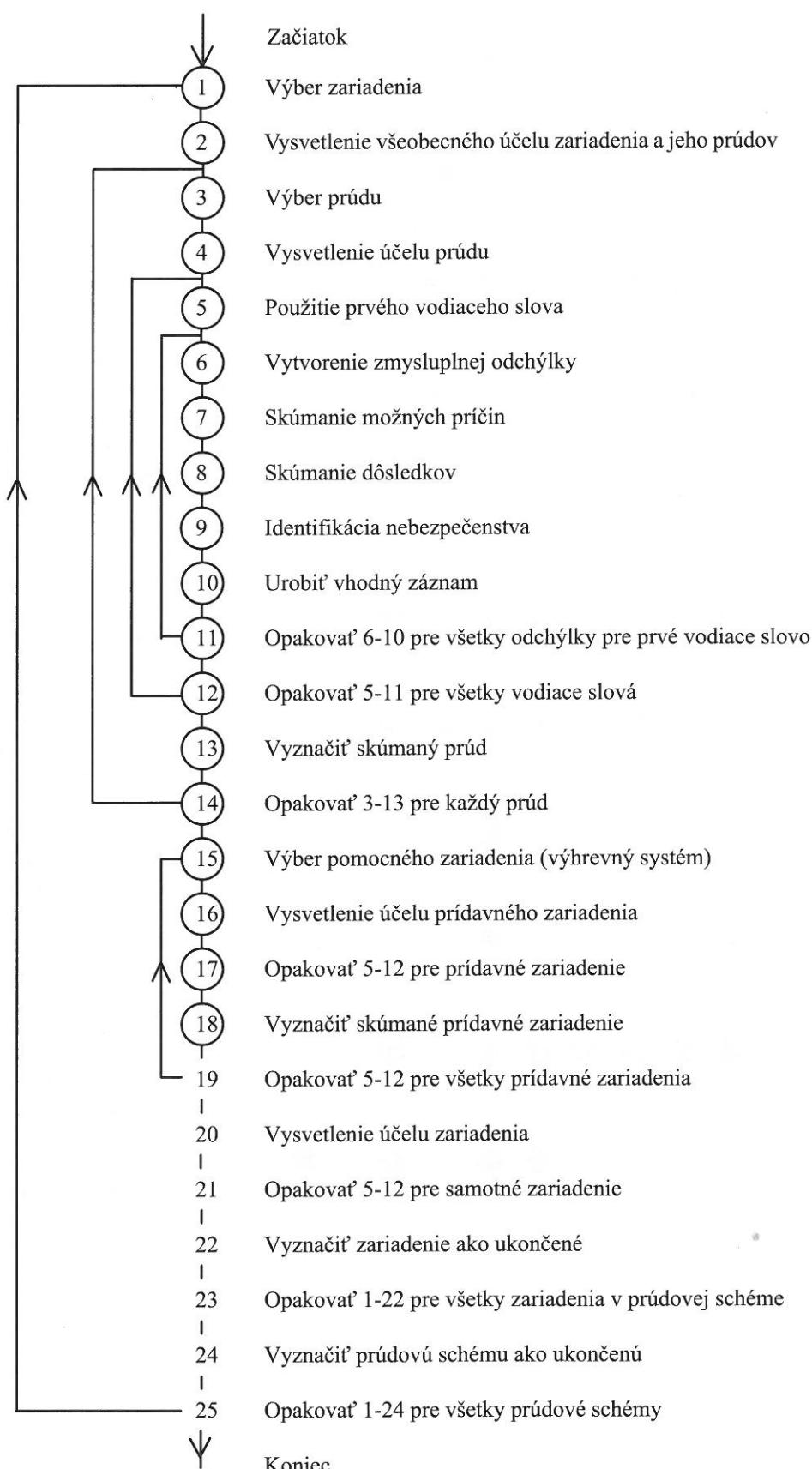
Pre každý z hore uvedených prvkov sa aplikuje základná sada vodiacich slov. Tieto vodiacie slová sú v Tabuľke 1.

Názorná aplikácia týchto vodiacich slov je ukázaná na jednoduchej úlohe v nasledujúcej časti. Pri používaní vodiacich slov pre prvak ako je čas, do úvahy prichádzajú nasledovné aspekty ako trvanie, frekvencia, absolútny čas a postupnosť. Vodiacie slová – VIAC a MENEJ sa aplikujú pre trvanie a frekvenciu, zatiaľ čo vodiacie slová – SKÔR A NESKÔR sa viac hodia pre absolútny čas a postupnosť ako vodiacie slovo INÝ AKO.

Podobne pri používaní vodiacich slov pre prvky ako priestor alebo miesto do úvahy prichádzajú nasledovné aspekty ako poloha, zdroj a miesto určenia. Vodiacie slová VYŠŠIE alebo NIŽŠIE sa viac hodia pre zdvíhanie ako vodiacie slová VIAC a MENEJ. Zatiaľ čo vodiacie slovo KDE, ĎALEJ sa viac hodí pre polohu, zdroj alebo miesto určenia ako vodiacie slovo INÝ AKO.

Pritom možno použiť aj ďalšie vodiacie slová ako napríklad

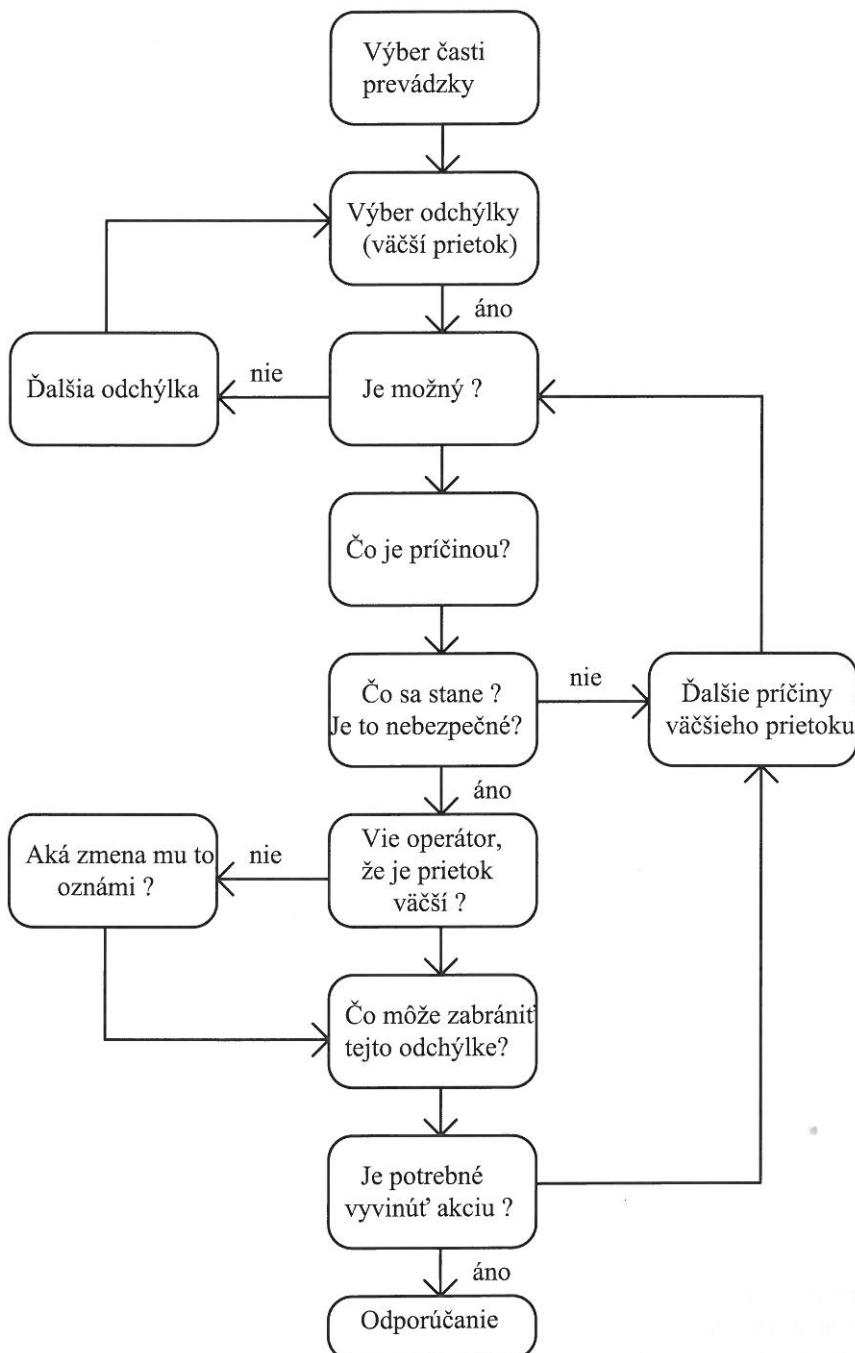
ZAČAŤ
SKONCIŤ
RIADENIE
IZOLÁCIA
VSTUP
VÝSTUP
DEKONTAMINÁCIA



Obrázok 2a. HAZOP algoritmus [12].

Tabuľka 1
Zoznam vodiacich slov

| Vodiacie slovo | význam | komentár |
|----------------|------------------------|--|
| NIE, ŽIADEN | úplná negácia zámeru | |
| VIAC | kvantitatívny vzrast | ani častočne sa nedosiahlo zámer, ale nič viac sa nestalo |
| MENEJ | kvantitatívny pokles | týkajú sa množstiev, vlastnosť ako aj aktivít |
| AKO AJ NAVÝŠE | kvalitatívny vzrast | týkajú sa množstiev, vlastnosť ako aj aktivít |
| ČASŤ Z | kvalitatívny pokles | všetky zámery boli dosiahnuté spolu s nejakou ďalšou aktivitou |
| OPOAK | logická negácia zámeru | niektoré zámery boli dosiahnuté, niektoré nie |
| INÝ AKO | úplná zámena | najčastejšie aplikovateľné na aktivity a látky (opačný tok, jed-protijed) nedosiahla sa ani časť pôvodného zámeru, stalo sa niečo iné |



Obrázok 2b. Podrobný algoritmus HAZOP štúdie medzi krokom 5 až 11 na obrázku 2a. [10]

ÚVODNÁ APLIKÁCIA HAZOP ŠTUDIE: TRANSPORTNÝ SYSTÉM REAKTORA

Nasledujúci príklad má za úlohu ukázať základný princíp metódy skúmania a podrobnosti pri používaní vodiacich slov. Podľa prúdovej schémy systému sa surovinové prúdy A a B dopravujú pomocou čerpadla do reaktora, v ktorom vzniká produkt C. Prietok suroviny B nemôže presiahnuť prietok suroviny A z dôvodu možnej explózie.

Prúdová schéma poukazuje na zámer DOPRAVA SUROVINY A

do reaktora pri projektovanom prietoku. Použijúc prvé vodiace slovo NIE, ŽIADEN k danému zámeru dostaneme

ŽIADNA DOPRAVA SUROVINY A.

Toto je odchýlka od zámeru. Možné príčiny odchýlky môžu byť nasledovné:
zásobná nádrž je prázdna; potrubie je prerušené; regulačný ventil je zatvorený.

Dôsledok tejto odchýlky môže byť explózia, pretože prietok suroviny B presiahol prietok suroviny A. Je zrejmé, že metódou kritického skúmania sa identifikovalo možné nebezpečenstvo.

Pritom sa môžeme pýtať rôznymi spôsobmi:

Mohlo by sa stať aby neboli žiadni prietoky?

Ak áno, ako sa to mohlo stať?

Aké sú následky toho, že nie je žiadnený prietok?

Ako operátor spozná, že nie je žiadnený prietok?

Sú dôsledky žiadneho prietoku nebezpečné, alebo bránia efektívnej predvádzke?

Ak áno, môžeme zabrániť tomu, aby vznikla takáto situácia (žiadnený prietok), alebo zabrániť jeho následkom, zmenou projektu alebo spôsobom prevádzkovania?

Ak áno, oprávňuje nás miera nebezpečenstva alebo závažnosť problému zvýšiť náklady?

Tie isté otázky môžeme aplikovať aj na „reverzný tok“, a môžeme pristúpiť k ďalšiemu vodiacemu slovu „VIAC“? Môže nastať „viac – vyšší prietok“ ako je projektovaná resp. normálna prevádzka? Ak áno, ako k tomu mohlo dôjsť? Tie isté otázky si môžeme položiť v prípade „vyšší tlak“ a „vyššia teplota“, a ak sú dôležité, aj pre iné parametre ako napríklad „vyššia radiácia“, „vyššia viskozita“.

Po analýze všetkých prúdov spojených s reaktorom (uzlom), použijeme vo-

diace slovo „INÝ“ na daný uzol. Pritom už nepotrebuješ použiť vodiace slová na samotný reaktor, pretože všetky nebezpečenstvá a prevádzkové problémy sa odhalili pri analýze prúdov.

Samozrejme tak ako „normálne“ prevádzku, treba brať do úvahy aj nábeh, odstávku a iné „abnormalne“ situácie, ako napr. regenerácia katalyzátora.

V tabuľke 2. si uvedieme krátke súhrny aplikácií ďalších vodiacich slov na uvedenom príklade PRIETOK SUROVINY A.

Pri štúdii hore uvedeného príkladu z pohľadu vsádzkového-pretržitého reaktora je nevyhnutné použiť vodiace slová nielen na prúdy, ale aj na inštrukcie (príkazy). Napríklad, ak inštrukcia (príkaz) hovorí, že 1 tona látky A má byť nadávkovaná do reaktora, tak v HAZOP štúdiu sa musia zvažovať odchýlky ako napr.:

- nenadávkovaná A
- nadávkované viacej A
- nadávkované menej A
- nadávkovaná nielen zložka A, ale aj niečo iné
- nadávkované časť z A (ak A je zmes, nadávkovaná napr. iba jedna zložka)
- nadávkované ničo iné ako A
- opačný tok (t. j. môže sa objaviť tok z reaktora do zásobníka látky A?)

ORGANIZÁCIA HAZOP ŠTUDIE

V HAZOP štúdiu sa postupuje podľa nasledovných krokov:

- 1) definícia cieľov
- 2) výber pracovného tímu
- 3) príprava
- 4) vedenie, práca tímu
- 5) sledovanie
- 6) záznam.

Všeobecne cieľom HAZOP štúdie, ako už bolo definované, je kontrola projektu alebo existujúceho stavu a operatívnych procedúr z dôvodu identifikácie možných

nebezpečenstiev a operatívnych problémov, ktoré značnou mierou prispievajú k problémom životného prostredia. Súčasne sa taktiež kontroluje úplnosť informácií o zariadeniach, zásobovacích informáciách, fázach výroby (nábeh a odstávka), pracovných postupoch a inštrukciach a o bezpečnosti práce (pracovníkov, zariadení, obyvateľstva a životného prostredia).

HAZOP štúdia je vypracovaná multidisciplinárnym tímom. HAZOP tímu by mal pozostávať s ľudí z projekcie a z výroby, ktorí majú dostatok skúseností s podobnými disciplínami a ktorí sú schopní sa rozhodovať a pritom sú schopní absolvovať všetky stretnutia. Súčasne by tím nemal pozostávať z veľkého počtu ľudí.

HAZOP štúdia si vyžaduje aj veľmi dobrú prípravu. Príprava pozostáva zo získania informácií, posúdenia týchto informácií, úpravy týchto informácií do jednoduchšej a zrozumiteľnejšej podoby, prípravy plánu štúdie a jednotlivých krokov a prípravy programu stretnutí.

Pri HAZOP štúdiu je niekol'ko dôležitých faktorov, ktoré vplývajú na úspešnosť tejto metódy. Medzi najdôležitejšie faktory patrí jasne definovaný cieľ štúdie a odborná úroveň vedúceho tímu. Vedúci by mal mať skúsenosti s HAZOP štúdiom, pritom však nemusí byť expert pre daný proces. Úloha vedúceho je veľmi dôležitá, pretože jeho prácou je riadiť tím tak, aby postupoval podľa metodiky a efektívne dosahoval rozhodnutia. Musí mať skúsenosti s vedením ľudí, ktorí mu nie sú podriadení. Je vhodné, aby vedúci HAZOP tímu prešiel vhodným školením pre HAZOP štúdiu.

HAZOP štúdia používa formálny až mechanistickej postup a v mnohých prípadoch vytvorené otázky znejú nerealisticky alebo veľmi triviálne. V tomto prípade je dôležité sa uistiť, že daným postupom máme v úmysle pomôcť tímu pri vizuálnej predstave možných odchýliek a ich príčin

Tabuľka 2
Súhrn aplikácií vodiacich slov na príklade PRIETOKU SUROVINY A

| | |
|----------------|--|
| NIE, ŽIADEN | žiadny prietok suroviny A |
| VIAC | prietok suroviny A je väčší ako projektovaný prietok |
| MENEJ | prietok suroviny A je menší ako projektovaný prietok |
| AKO AJ, NAVÝŠE | transport suroviny A iným spôsobom ako projektovaný čerpadlom. Výskyt dodatočnej udalosti/operácií k transportu suroviny A |
| ČASŤ Z | niektoré časti transportného systému pre surovinu A sú nefunkčné |
| OPAK | prietok suroviny A má opačný smer ako projektovaný, reverzný tok |
| INÝ AKO | preprava inej suroviny ako A. Výskyt inej udalosti/operácie ako je transport suroviny A |

a dôsledkov. Účinnosť HAZOP štúdie pri tom veľmi závisí od pracovnej atmosféry.

Kto realizuje HAZOP?

Ako už bolo zdôraznené vyššie, HAZOP je tímová práca. V etape projektovania je obvyklé nasledujúce zloženie tímu (presné pomenovanie funkcie sa líši v závislosti od štruktúry manažmentu a veľkosti firmy):

- projektový inžinier: zvyčajne strojný inžinier, a v tomto štadiu projektu osoba zodpovedná za to, aby investičné výdavky boli udržané v daných mezdach. Snaží sa minimalizovať počet zmien v projekte, ale zároveň sa snaží nájsť, radšej teraz ako neskôr, všetky možné doteraz neznáme nebezpečenstvá resp. prevádzkové problémy;
- prevádzkový inžinier: zvyčajne chemický inžinier, autor prúdovej schémy;
- prevádzkový manažér: zvyčajne chemický inžinier, ktorý bude poverený nábehom a riadením prevádzky a preto inklinuje (lial) na všetky zmeny, ktoré mu zjednodušia život;
- inžinier riadenia (automatizér): ak moderná prevádzka obsahuje zložitý systém riadenia – TRIP, potom výsledkom HAZOP štúdie je návrh pridať nové kontrolné prístroje do prevádzky;
- chemik výskumník: ak je zavedený nový chemický proces apod;
- nezávisly vedúci: je expert v technike HAZOP, nie je expert pre daný typ prevádzky.

Ak bola prevádzka projektovaná dodávateľom, HAZOP tím by mal obsahovať ľudí z obidvoch strán – dodávateľskej aj odberateľskej organizácii, a je možné, že niektoré funkcie budú musieť byť aj zdvojené.

Zatiaľ čo členovia tímu majú spoločný cieľ – bezpečnú prevádzku – ich obmedzenia a ohrianičenia sú rôzne. Projektant, zvlášť projektový inžinier zodpovedný za cenu, túži udržať náklady čo najnižšie. Prevádzkový manažér chce mať jednoduchý nábeh. Konflikt záujmov zaručí, že všetky klady a zápory každého návrhu budú dôkladne a do hĺbky preskúmané skôr ako sa prijme rozhodnutie a určité odporúčanie. Ovšem, ak je projektant silnejšia osobnosť ako ostatní členovia tímu, môže priviesť tím k rozhodnutiam, ktoré sú privelične orientované smerom k ekonomike. Iní členovia tímu môžu podobným spôsobom ovplyvniť ostatných. Vedúci sa musí snažiť skorigovať každú odchýlku.

Ak tím nie je schopný dohodnúť sa v niektorom bode, vedúci by mal odporúčiť tento bod vylúčiť z programu schôdzze a posúdiť ho mimo HAZOP tímu. Niekedy je rozhodnutie podmienené vyjadrením experta (napr. materiálový inžinier). Niekedy je rozhodnutie odsunuté tak, aby bolo možné **kvantitatívne** hodnotenie nebezpečenstva. Niekedy je možné uskutočniť rýchle kvantitatívne posúdenie nebezpečenstva počas schôdzze.

Ak je objektom štúdie už existujúca prevádzka, potom by tím mal pozostávať z týchto profesii:

- prevádzkový manažér: zodpovedný za prevádzku;
- prevádzkový majster: vie čo sa skutočne deje, resp. čo by sa mohlo stať;
- prevádzkový inžinier: zodpovedný za stav a prevádzku strojného zariadenia, vie o všetkých nedostatkoch, ktoré sa vyskytujú;
- automatizér: zodpovedný za údržbu prístrojov zahrnujúcich testy alarmov a ochrán;
- prevádzkový výskumník: zodpovedný za sledovanie (výskum) technických problémov a za prenos laboratórnych výsledkov do prevádzkových rozmerov;
- manažér údržby: zodpovedný za realizáciu úprav a údržbu;
- nezávisly vedúci.

Ak má byť modifikovaná resp. rozšírená existujúca inštalácia, tím by mal pozostávať z kombinácie vyššie opísaných profesii. Zásadou však je neorganizovať príliš veľkú skupinu. Šesť – sedem ľudí je obvykle dostatočný počet.

HAZOP tímy, s výnimkou vedúceho, nevyžadujú prveľa tréningu a prípravy. Môžu si osvojiť techniku za pochodu. Z hľadiska práce tímu je však oveľa efektívnejšie, ak členovia tímu absolvovali príslušné školenie. Významne sa tým skráti „doba nábehu“ – začiatok reálnej práce na štúdiu. Ak je niektorý z členov tímu angažovaný v HAZOP štúdiu prvýkrát, vedúci by mal začať s desaťminútovým úvodným vysvetlením. Avšak, vždy, keď je to možné, nový člen tímu by mal absolvoovať školenie a tréningové cvičenie.

Treba zdôrazniť, že členovia tímu, okrem vedúceho, sú experti pre daný proces. V danom okamihu sú spravidla zainteresovaní v problematike mininálne jeden – dva roky. HAZOP nie je technika na „osvieženie myslenia“ a evokáciu nových nápadov, týkajúcich sa procesu. Je to technika, ktorá umožní týmto expertom usporiadovať ich skúsenosti a znalosti syste-

matickým spôsobom tak, že sa veľmi pravdepodobne neprehliadnu možné problémy.

Zložitosť moderných prevádzok je príčinou, prečo je často takmer nemožné viateľ možné zlyhania a problémy pokiaľ sa neprejde systematicky cez celý projekt. Niektoré z nehôd sú spôsobené nedostatkom vedomostí v projektovej skupine. Väčšina chýb v projekte sa objaví preto, lebo projektový tím zabudol aplikovať svoje znalosti. HAZOP im dáva možnosť prejsť cez projekt krok po kroku (prúd po prúde) a uvažovať o všetkých možných odchýlach tak, aby odhalili to, čo prehliadli.

Tím by mal mať právomoci (autorizáciu) odsúhlasiť väčšinu zmien priamo na stretnutí. Postup je pomalý, ak o každej zmene musí byť referované niekomu, kto nie je prítomný.

Členovia tímu by sa mali vyvarovať toho, aby posielali na zasadnutie skupiny svojich zástupcov. Tí nemajú vedomosti z predchadzajúcich schôdzí a postup pri riešení problémov sa spomalí.

Vedúci často účinkuje aj ako zapisovať. Poznámky zapísané po skončení stretnutia rozdistribuuje pred ďalším zasadnutím. Niektoré tímy majú právomoci a zodpovednosť realizovať výstupy HAZOP-u. V takých prípadoch by mal vedúci po niekoľkých týždňoch zvolať tím, skontrolovať pokroky a rozdať formulár s vyplneným stĺpcom „následné – rôzne“.

Kedy sa začína s HAZOP-om? A ako dlho trvá?

Pri HAZOP štúdiu je veľmi dôležité sa rozhodnúť, kedy sa samotná štúdia začne. Nevýhoda veľmi skoro začaťej štúdie môže byť v tom, že niektoré veľmi dôležité informácie v tom čase ešte nie sú dostupné. V takejto situácii sa HAZOP tím môže dostať do rizika, že v projekte sa môžu urobiť zásadné zmeny, ktoré majú vplyv na bezpečnosť a operatívnosť prevádzky. Na druhej strane, výhodou skoro začaťej štúdie je, že zmeny vychádzajúce zo samotnej štúdie sa ľahšie začlenia do projektu a dosiahne sa adekvátna bezpečnosť projektu.

Následne, nevýhodou veľmi neskoro začaťej štúdie je, že zmeny sa oveľa ťažšie a drahšie zakomponujú do už ukončeného projektu. V takomto prípade sú silné tendencie riešiť problém bezpečnosti prijatím dodatočných opatrení.

V princípe sa HAZOP štúdia nemôže začať pred skompletizovaním dokumentá-

cie (prúdovej schémy alebo procesového a prístrojového diagramu, závisí od terminológie). Ak je študovaná existujúca prevádzka, prvým krokom je overiť si, či dokumentácia koresponduje s aktuálnym stavom. Začať HAZOP s nesprávnou dokumentáciou, je jednou z najnezmyselnejších prác na svete.

HAZOP potrebuje zhruba hodinu a pol až tri hodiny na hlavné uzly prevádzky (destilačný prístroj, pec, reaktor, výmeník, atď.). Ak sa prevádzka podobá na nejakú už existujúcu prevádzku, potrebný čas môže byť kratší (1,5 hodiny na uzol), ale ak je proces nový, može analýza jedného uzla trvať aj relatívne dlhý čas.

Teoreticky odporúcaná dĺžka stretnutia je 3 – 5 hodín denne, 2 – 4 krát za týždeň tak, aby členovia tímu mohli plniť aj svoje ďalšie povinnosti, ale taktiež preto, že po niekoľkých hodinách sústredenia sa prichádza únava a stráca sa tvorivosť.

Realizácia HAZOP-u na veľkom projekte môže trvať aj niekoľko mesiacov, napriek tomu, že dve – tri skupiny môžu pracovať paralelne na rôznych častiach prevádzky. Je teda nevyhnutné alebo:

- a) pozastaviť práce na detailnej konštrukcii projektu pokým HAZOP nie je ukončený; alebo
- b) umožniť pokrok v detailnej projekcii s rizikom neskôr potreby modifikovať projekt alebo dokonca zariadenie v čase, keď budú známe výsledky HAZOP-u.

V ideálnom prípade projekt by mal byť plánovaný tak, aby bol čas na možnosť a), ale ak sa vyžaduje rýchle ukončenie projektu, musí byť akceptované riešenie b).

Vedenie HAZOP štúdie

Úlohou vedúceho HAZOP tímu je zjednocovať expertné poznatky jednotlivých odborníkov v tíme. Treba tu explicitne zdôrazniť, že úlohou vedúceho nie je identifikovať jednotlivé nebezpečenstvá alebo operatívne problémy, ale riadiť tím tak, aby došlo k procesu identifikácie.

Vedúci tímu by mal byť niekto, kto nie je priamo zainteresovaný v projekte, ale má skúsenosti s vedením HAZOP tímu. Účinnosť HAZOP štúdie je veľmi závislá od kvality vedúceho tímu. Z tohto dôvodu pre HAZOP tím je veľmi dôležité mať školjeného a skúseného vedúceho.

Vedúci HAZOP-u je zodpovedný za priebeh štúdie; za prípravu stretnutí; za vypracovanie programu stretnutia a dodržanie časového rozvrhu; za zostavu vhod-

ného tímu a musí sa uistiť či všetci členovia tímu rozumejú svojej úlohe a ak je to nutné, musí ich adekvátnie poučiť o HAZOP štúdiu; za zabezpečenie potrebnej dokumentácie k jednotlivým stretnutiam; za záznam stretnutí.

Pred začiatkom samotnej štúdie vedúci by sa mal uistiť, že existuje dostatočne dobrý kontakt so zákazníkom HAZOP-u, aby mohol neskôr sledovať plnenie odporúčaní vyplývajúce zo štúdie.

Treba tu však zdôrazniť, že najdôležitejšia skúsenosť vedúceho tímu pozostáva vo vedení samotných stretnutí HAZOP tímu. Musí sa uistiť, či skúmanie jednotlivých nebezpečenstiev nie je až príliš formálne alebo naopak nezachádza do takej hĺbky, že súči identifikujú všetky nebezpečenstvá, ale za neúmerne dlhý čas. Ďalej musí dosiahnuť efektívnu a vyváženú komunikáciu medzi jednotlivými členmi tímu a snažiť sa o minimalizáciu snahy, aby sa samotný projekt stal terčom kritiky.

Teraz si uvedieme niekoľko bodov pre vedúceho tímu, na ktoré treba dávať pozor počas HAZOP štúdie:

Nenechať sa uniesť

Je možné, že entuziazmus zavedie tím k odporúčaniu nainštalovať drahé zariadenie na ochranu pred nepravdepodobným nebezpečenstvom. Vedúci by mal zabrániť takejto situácii napr. otázkami ako často sa dané nebezpečenstvo vyskytuje a aké väzne sú jeho dôsledky. Niekoľko môže odporučiť vykonať kompletnú detailnejšiu analýzu nebezpečenstva, ale častejšie môže pomôcť získať nadhlásou poukázaním na niekoľko údajov, prípadne požiadať niekoho z členov tímu, aby tak urobil. Ako často podobná pumpa v minulosti netesnila? Ako často netesný spojovacie potrubie a ako ďaleko strieľa kvapalina? Ako často operátor zabudne zatvoriť ventil, keď počuje zvuk alarmu? Najefektívnejši vedúci tímov mávajú vedomosti nielen v HAZOP-e ale aj v analýze nebezpečenstva.

Hardvér a softvér

Tím je zložený hlavne z inžinierov. Tito obvykle uprednostňujú hardvérové riešenia. Hardvérové riešenie je niekedy nemôžne, alebo je príliš drahé. Vtedy treba zmeniť metódu alebo lepšie vycvičiť obsluhu, to znamená: musíme zmeniť softvér.

Špeciálne dodávatelia by mali vždy poskytnúť zákazníkovi také riešenie, ktoré je v súlade s odbornosťou a skúsenosťami zákazníka. Nemá význam inštalovať kom-

plikovaný sofistikovaný systém riadenia a ochrany, ak klient nemá dostatok zručnosti a schopnosti ho použiť. V takých prípadoch je potrebné hľadať menej komplikované riešenia.

Zmeny (modifikácie)

HAZOP nie je vhodný pri malých modifikáciách. Nemôžeme zvolať HAZOP tím zakaždým, keď chceme nainštalovať nový ventil. Na druhej strane, veľa nehôd vzniklo vďaka tomu, že malé zmeny viedli k veľažím neočakávaným efektom. Tie-to môžu byť preverené predtým, ako sú autorizované. Pomocný formulár ako to urobiť možno nájsť v niektorých prácach (napr. F. P. Lees, 1996 [4]), ktoré tiež opisujú niektoré zmeny, ktoré majú nečakané a nebezpečné vedľajšie účinky.

„Nepotrebuje HAZOP. Zamestnávame kvalitných ľudí a spolieham sa na ich vedomosti.“

HAZOP nie je náhrada vedomostí a skúseností. To nie je mixér, do ktorého vložíme prúdovú schému a „vygeneruje“ nám zoznam modifikácií. Je to iba nástroj na systematické zapojenia znalostí a skúseností tímu. Pretože projekty sú príliš zložité, tím nemôže aplikovať znalosti a skúsenosti svojich členov bez pomocného nástroja, ktorí im umožní lepšie uplatniť ich znalosti a skúsenosti. Ak tímu chýbajú znalosti a skúsenosti, HAZOP nevyprodukuje nič užitočné.

„Kvalitní ľudia“ občas pracujú izolované. HAZOP zaistí, že nebezpečenstvo a prevádzkové problémy sú zvažované systematicky ľuďmi z rôznych postov. Skúsenosti ukazujú, že nábeh, odstrávenie a iné abnormálne situácie sú často prehliadané ľuďmi, pracujúcimi v izolácii.

Ďalší rozvoj HAZOP štúdie

Ukázalo sa, že HAZOP štúdia je efektívna technika na odhalovanie potenciálnych nebezpečenstiev a operatívnych problémov. Dokázalo sa, že táto technika redukuje prinajmenšom o jeden poriadok možné nebezpečenstvá a problémy.

Táto technika sa veľmi rýchlo stala štandardným prostriedkom v bezpečnostnom inžinierstve vo veľkých ako aj v malých firmách pre identifikáciu nebezpečenstva a stala sa aj neodeliteľnou súčasťou v projektovej príprave.

Pôvodný zámer tejto techniky sa v súčasnosti rozšíril na rôzne operatívne a kontrolné aktivity, ktoré sú taktiež zdro-

jom rôznych odchýliek. Preto v súčasnosti vôbec nie je prekvapením, ak HAZOP štúdia sa súčasne použije na jednej strane pre bezpečnosť a operatívnosť a na druhej strane pre posúdenie na životné prostredie.

Obmedzenia HAZOP štúdie

Hoci HAZOP štúdia bola široko aplikovaná pre identifikáciu nebezpečenstva pre rôzne orientované firmy, má však aj svoje obmedzenia. Tieto obmedzenia sú dvojakého typu.

Prvý typ obmedzenia vychádza zo samotnej podstaty metódy, pretože sa implicitne predpokladá, že projekt bol vypracovaný v zhode s normami. Na ľepšie vysvetlenie si uvedieme nasledovný príklad. V projekte je uvažované, že tlakový zásobník pracuje pri normálnych podmienkach, ako aj pri zámerňých dekopresných podmienkach. Teraz je dosť protichodné v HAZOP štúdii identifikovať také tlakové odchýlky, ktoré nemuseli byť v projekte predvídané.

Druhý typ obmedzenia je, že HAZOP nie je veľmi vhodný pri identifikácii nebezpečenstiev spojených s priestorovými črtami, ako je rozmiestnenie celej prevádzky a z toho možné následné efekty.

ZÁVER

Väčšina skúseností s uvedenou metodou na Slovensku je cez zahraničné firmy.

HAZOP bol aplikovaný autormi v MATOR-e Púchov pre jednu prevádzku. V spolupráci s profesionálnou programátorskou firmou bol vytvorený podporný program pre HAZOP štúdie v slovenskom jazyku, pracujúci v prostredí Windows. Skúsenosti s aplikáciou metodiky budú obsahom iného článku. ■

LITERATÚRA

1. Správa pre priebežnú oponentú VTP95-5280-435, VVÚBP, Bratislava, február 1996.
2. EEC Council Directive 96/82/EEC, The „Seveso II“ Directive.
3. Koivisto, R.A., Reunanen, M.O.E., Nissilä M.H.: Safewy Reports in Finnish Industries. CHISA '96, 25.-30. August, Praha, ČR.
4. Lees F.P., Loss Prevention in the Process Industries, Butterworth-Heinemann, London 1996, ISBN 0 7506 1547 8.
5. „Guidelines for Hazard Evaluation Procedures“, AICHE, Center for Chemical Process Safety, 1992.
6. British Standard 8800, BSI 1996, ISBN 0 5802 5859 9.
7. „Dow's Fire and Explosion Index Hazard Classification Guide and Chemical Exposure Guide“, Dow Chemical Company , T.D.C., 1994
8. „The Mond Index“, ICI-Imperial Chemical Industry, UK, 1985.
9. Pitblado R.M. and Turney R.D., Risk Assessment in the Process Industries, IChemE Rugby, 1996, UK, ISBN 0 85295 323 2.

10. Kletz, T.A., Hazop and Hazan, 2nd. ed. (Rugby: Instn. Chem. Engrs.), 1986.
11. Knowlton, R.E., A Manual of Hazard and Operability Studies, (Vancouver, B.C: Chemetrics Int. Ltd), 1992.
12. Chemical Industry Safety and Health Council, 1977/3.

POZNÁMKY:

- 1 napr.: práca vo výskach, zdvíhacie zariadenia, manipulácia s bremenami, atď.
- 2 ako konštrukcia, inštalácia, prevádzkovanie a previerky elektrických zariadení
- 3 napr. inštalácie, prevádzkovanie a re-vízie zariadení na zemný plyn, propan-bután, tlakové nádoby...
- 4 v danom kontexte chápeme pod pojmom médium: látky, elektrický prúd, elektrické, magnetické a iné (silové) polia, zvuk, svetlo v rozsahu vlnových dĺžok, ktoré môžu byť mimo zmyslového vnímania človeka, rádioaktívne žiarenie a podobne
- 5 čím máme na mysli interakcie - vzájomné pôsobenie rôznych médií ako napr.: pôsobenie rôznych teplôt na látku, pôsobenie tlaku na látku; ale i vzájomné interakcie, napr. chemické reakcie látok, interakcie polí, atď.

Ľudovít Jelemenský, Viera Fecková,
Jozef Markoš,
Katedra chemického a biochemického
inžinierstva CHTF STU,
Radlinského 9, 812 37 Bratislava