

14 BEZPEČNOSTNÉ INŽINIERSTVO

Pri súčasnom rýchlom rozvoji chemického priemyslu vo svete a zvyšovaní efektívnosti výroby je nutné čoraz viac klásť dôraz na zvyšovanie bezpečnosti chemických prevádzok využívaním nových moderných technických prostriedkov, ktoré budú zabezpečovať účinnú prevenciu proti vzniku závažnej priemyselnej havárie. V širšom kontexte možno pojem bezpečnosť vyjadriť slovným spojením predchádzanie strát, a to už či predchádzanie strát na ľudských životoch a zdraví, ale aj na majetku, produkcii či životnom prostredí.

Podľa Zákona č. 261/2002 Z. z. o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a doplnení niektorých zákonov možno zadefinovať vybrané základné pojmy bezpečnostného inžinierstva:

- *Podnikom* je celý areál pod riadením toho istého prevádzkovateľa, v ktorom je prítomná vybraná nebezpečná látka v jednom alebo vo viacerých zariadeniach vrátane spoločných alebo súvisiacich infraštruktúr a činností;
- *Zariadením* je technická alebo technologická jednotka, v ktorej sa vybraná nebezpečná látka vyrába, spracúva, používa, prepravuje, skladuje alebo sa ňou inak manipuluje;
- *Závažnou priemyselnou haváriou* je udalosť, akou je najmä nadmerná emisia, požiar alebo výbuch s prítomnosťou jednej alebo viacerých vybraných nebezpečných látok, vyplývajúca z nekontrolovateľného vývoja v prevádzke ktoréhokoľvek z podnikov, na ktoré sa vzťahuje tento zákon a ktorá vedie bezprostredne alebo následne k vážnemu poškodeniu alebo ohrozeniu života alebo zdravia ľudí, životného prostredia alebo majetku v rámci podniku alebo mimo neho;
- *Prevenciou závažnej priemyselnej havárie* je súbor organizačných, riadiacich, personálnych, výchovných, technických, technologických a materiálnych opatrení na zabránenie vzniku závažnej priemyselnej havárie;
- *Havarijným plánom* je dokumentácia obsahujúca súbor technických, organizačných a iných opatrení na zdoľanie závažnej priemyselnej havárie a na obmedzenie jej následkov na území podniku;
- *Nebezpečenstvom* (zdrojom rizika závažnej priemyselnej havárie) je vnútorná vlastnosť vybranej nebezpečnej látky alebo fyzická situácia s potenciálom poškodenia ľudského zdravia, životného prostredia alebo majetku;
- *Rizikom* závažnej priemyselnej havárie je pravdepodobnosť vzniku závažnej priemyselnej havárie a rozsah (závažnosť) jej možných následkov, ktoré môžu nastať počas určitého obdobia alebo za určitých okolností;
- *Bezpečnostnou správou* je dokumentácia obsahujúca technické, riadiace a prevádzkové informácie o nebezpečenstvách a rizikách podniku kategórie B a o opatreniach na ich vylúčenie alebo zníženie.

KVALITATÍVNE METÓDY IDENTIFIKÁCIE NEBEZPEČENSTVA

INDEXOVÁ METÓDA DOW

Indexovú metódu Dow možno zaradiť medzi skríningové metódy a je vhodná na rýchle určenie relatívnej miery nebezpečenstva operačnej jednotky. Je vyjadrená dvoma indexmi:

- *požiarno-výbušný index (PVI)*
Vyjadruje veľkosť nebezpečenstva spojeného s fyzikálno-chemickými vlastnosťami látky a s technickým riešením systému.

- *index toxicity (IT)*

Vyjadruje veľkosť biologického nebezpečenstva vyplývajúceho z toxických vlastností látok v skúmanej operačnej jednotke.

Najskôr je potrebné rozdelenie skúmanej prevádzky do jednotlivých jednotiek, ktoré sa budú posudzovať samostatne. Pod pojmom jednotka sa rozumie zariadenie, v ktorom prebiehajú jednotkové operácie fyzikálnej alebo chemickej povahy. Pre každú skúmanú jednotku sa určí samostatný požiaro-výbušný index (PVI) a index toxicity (IT).

Hodnota PVI závisí od troch veličín, a to materiálového faktoru, všeobecného procesného faktoru a špeciálneho procesného faktoru. Podľa vypočítanej hodnoty PVI sa každej skúmanej jednotke priradí stupeň nebezpečenstva požiaru a výbuchu (1 – nízky stupeň..., 6 – extrémne vysoký stupeň).

Hodnota IT je funkciou toxických vlastností látky a pokutových faktorov (1 – nízky stupeň..., 6 – extrémne vysoký stupeň).

Z vypočítaných indexov PVI a IT sa zaradi skúmaná jednotka do matice indexov a vytvorí sa prehľadná tabuľka zaradenia.

Tento spôsob hodnotenia rizík možno vzťahovať na riziká spojené s manipuláciou s chemickými látkami a procesmi chemického priemyslu pre jednotky, v ktorých sa manipuluje alebo spracováva viac ako 2000 kg horľavého alebo výbušného materiálu.

SELEKČNÁ METÓDA

Selekčná metóda je založená na výpočte *indikačného čísla A* a *selekčného čísla S*. Tieto čísla slúžia na výber rizikových zariadení v podniku, pre ktoré je potrebné vykonať podrobnejšie hodnotenie rizika. Indikačné a selekčné čísla sú počítané v závislosti od množstva vybraných nebezpečných látok, ich vlastností a procesných podmienok, pri ktorých sa nachádzajú. Rizikovosť skúmaných zariadení sa určuje na základe ich vzdialenosti od zvolených objektov. Postup hodnotenia rizika podľa selekčnej metódy možno rozdeliť do nasledujúcich krokov:

- *rozdelenie podniku na operačné jednotky*

Za samostatnú operačnú jednotku možno považovať takú jednotku, že strata obsahu danej jednotky pri havárii nespôsobí významnú stratu obsahu ďalšej jednotky a možno ju vo veľmi krátkom okamihu po začiatku havárie izolovať. Pri selekčnej metóde sa rozoznávajú dva typy zariadení, a to procesné a skladovacie zariadenia.

- *výpočet indikačného čísla A*

Toto indikačné číslo je počítané ako miera vlastnej nebezpečnosti operačnej jednotky. Závisí od množstva nebezpečnej látky, od fyzikálnych, chemických a toxických vlastností a od špecifických prevádzkových podmienok v skúmanej operačnej jednotke.

- *výpočet selekčného čísla S*

Výpočet selekčných čísel pre skúmanú operačnú jednotku vychádza z indikačných čísel jednotky, ktoré sa vyznačujú nebezpečnými vlastnosťami, a to horľavosťou (F), toxicitou (T) a výbušnosťou (E). Vypočítané selekčné čísla závisia od vzdialenosti operačnej jednotky od analyzovaného objektu.

- *selekcia najnebezpečnejších operačných jednotiek*

Výsledkom krokov je vytvorenie tabuľky selekčných čísel, pričom každé číslo sa vzťahuje na nebezpečnú vlastnosť látok operačnej jednotky a analyzovanému objektu. Následne sa porovnávajú selekčné čísla operačných jednotiek pre každý zvolený objekt a vyberie sa najvyššie selekčné číslo pre každý objekt.

METÓDA KONTROLNÉHO ZOZNAMU

Metóda kontrolného zoznamu je založená na vytvorení a aplikácii špecifických otázok zameraných na identifikáciu nebezpečenstiev, projektových nedostatkov a technologických problémov spojených so zariadeniami, linkami a samotnými procesmi. Proces identifikácie nebezpečenstva možno rozdeliť do nasledujúcich krokov:

- *vytvorenie kontrolného zoznamu*
Pri vytváraní kontrolného zoznamu je nevyhnutné mať k dispozícii podklady obsahujúce informácie o zariadeniach, pracovných postupoch, bezpečnostných normách a predpisoch, zásobovaní, fázach výroby a operačných parametroch procesov. Otázky je nutné formulovať tak, aby odpovede na ne boli stručné, a to áno, nie alebo neaplikovateľné.
- *prevedenie analýzy*
Vo fáze prevedenia analýzy je nutné zodpovedať na všetky zhotovené otázky z kontrolného zoznamu.
- *výsledky analýzy*
Správa bezpečnostnej analýzy metódou kontrolného zoznamu musí obsahovať okrem zodpovedaných otázok aj sumarizáciu nedostatkov, ktoré boli identifikované počas analýzy.

METÓDA ČO AK?

Pomocou metódy Čo ak? tím odborníkov posudzuje vybranú prevádzku z hľadiska výskytu možných nebezpečných stavov pomocou otázok, ktoré začínajú slovným spojením Čo ak...? Uvedená metóda môže byť použitá v ktoromkoľvek štádiu životného cyklu procesu.

Proces identifikácie nebezpečenstva možno rozdeliť do nasledujúcich krokov:

- *príprava otázok Čo ak...?*
Príprava spočíva v zhromaždení podkladov obsahujúcich informácie o procese, zariadeniach, surovinách, prevádzkových postupoch, bezpečnostných normách a predpisoch. Príprava otázok vychádza zo skúseností z iných podobných prevádzok.
- *prevedenie analýzy*
Analýza spočíva z kladenia vytvorených otázok. Postup jednotlivých technologických operácií prebieha logicky od vstupu surovín do prevádzky až po výstup produktov z výrobnéj linky
- *výsledky analýzy*
Správa bezpečnostnej analýzy metódou Čo ak? obsahuje okrem zodpovedaných otázok aj zoznam nedostatkov s následkami a navrhnuté opatrenia. Ďalej by mala dokumentácia obsahovať odporúčania na zlepšenie bezpečnosti.

METÓDA HAZOP

Na rozdiel od predchádzajúcich metód, HAZOP (Hazard and operability study) je systematická metóda určená na identifikáciu potenciálnych chýb v zariadeniach a prevádzkach, ktoré môžu viesť k nebezpečným situáciám. Metóda HAZOP je v súčasnej dobe najpoužívanejšia metóda identifikácie nebezpečenstva v procesnom priemysle. Hlavným cieľom je identifikácia nebezpečenstva a kritické revidovanie všetkých procesov a postupov.

Princípom HAZOP metódy je hľadať možné odchýlky od projektovaného zámeru, nájsť príčiny a možné dôsledky a v konečnom dôsledku navrhnúť opatrenia, ktoré zabránia vzniku odchýlky alebo zmiernenie negatívneho dôsledku odchýlok.

Metódu HAZOP možno rozdeliť do nasledujúcich krokov:

- *definovanie projektového zámeru pre zvolený parameter*
Ešte pred samotným zadením projektového zámeru pre zvolený parameter je potrebné hodnotenú jednotku rozdeliť do menších celkov – uzlov, ktoré na seba

logicky nadväzujú a majú charakteristické parametre. Po vybraní jednotlivých uzlov pre zvolený parameter je potrebné definovať konkrétnu hodnotu, ktoré je žiaduce pre daný parameter. Parameter môže označovať prevádzkové podmienky, napr. teplotu, tlak, prietok, výšku hladiny, vodivosť, koncentráciu a iné.

- *tvorba odchýlok od zámeru aplikáciou vodiaceho slova*
Tvorba odchýlky od projektového zámeru prebieha spojením vybraného parametra s vodiacim slovom. Vzhľadom na systematickosť je nutné vytvoriť všetky logické kombinácie parametra s vodiacimi slovami, ktoré sú:
 - **nie, žiaden** (úplná negácia zámeru),
 - **viac** (kvantitatívny vzrast),
 - **menej** (kvantitatívny pokles),
 - **ako aj navyše** (kvalitatívny vzrast),
 - **časť z** (kvalitatívny pokles),
 - **opak** (logické negácia zámeru),
 - **iný ako** (úplná zámena).
- *hľadanie príčin odchýlky*
- *hľadanie dôsledkov odchýlky*
- *návrh opatrení*

KVANTITATÍVNO-KVALITATÍVNE METÓDY IDENTIFIKÁCIE NEBEZPEČENSTVA

ANALÝZA STROMU PORÚCH

Analýza stromu porúch je deduktívna metóda určená na identifikáciu okolností, z ktorých môže vzniknúť reálna havária. Analýza využíva grafický diagram, ktorý znázorňuje príčiny, ktoré môžu spôsobiť vážnu systémovú poruchu, tzv. vrcholovú udalosť. Konštrukcia stromu porúch začína definovaním vrcholovej udalosti a logickým rozvojom porúch, ktoré tvoria príčiny vrcholovej udalosti. Cieľom analýzy stromu porúch je:

- určenie kombinácií porúch zariadenia, prevádzkových a environmentálnych podmienok a ľudských chýb,
- identifikácia opatrení, ktoré môžu zvýšiť spoľahlivosť alebo bezpečnosť,
- výpočet početnosti havárie alebo spoľahlivosti zariadenia.

Postup pri vypracovaní analýzy stromu porúch pozostáva z nasledujúcich krokov:

- definovanie systému,
- identifikácia nebezpečenstva,
- zostrojenie stromu porúch,
- kvalitatívne overenie štruktúry,
- kvantitatívne ohodnotenie stromu porúch.

ANALÝZA STROMU UDALOSTÍ

Analýza stromu udalostí je grafický logický model, ktorý kvantifikuje možné následky udalostí, ktorými často bývajú vrcholové udalosti stromu porúch. Strom udalostí zobrazuje systematickú časovú postupnosť šírenia udalosti od momentu vznik iníciačnej udalosti až po úplnú stratu kontroly nad systémom. Stromy udalostí majú dve typické oblasti použitia:

- *pred incidentom*
Preveruje ochranné systémy, ktoré majú zabrániť vzniku incidentu s nebezpečnými následkami.

- *po incidente*
Používa sa na kvantifikáciu nebezpečných následkov incidentu. V chemickom priemysle ide najčastejšie o incidenty spojené s únikom nebezpečnej látky, ktoré vedú k požiarom, výbuchom a toxickým ohrozeniam.

Pri zostrojovaní stromu udalostí sa vychádza z iniciačnej udalosti a postupne sa prechádza cez všetky systémy, ktoré majú zabrániť vzniku nebezpečných následkov. Každá vetva stromu udalostí znázorňuje následok iniciačnej udalosti.

ANALÝZA ĽUDSKEJ SPOLĀHLIVOSTI

Úroveň spoľahlivosti ľudského výkonu je pre fungovanie systému nesmierne dôležitá a možno ju rozdeliť do dvoch skupín:

- *vnútorné faktory*
Možno sem zaradiť stres, emocionálny stav, skúsenosti a osobnú prípravu.
- *vonkajšie faktory*
Medzi vonkajšie faktory patrí pracovná doba, pracovné prostredie, prístup vedúcich a metodické postupy.

Vnútorné a vonkajšie faktory sú základným zdrojom ľudských chýb, ktoré sa môžu vyskytnúť počas normálnej prevádzky. V súčasnosti existujú špeciálne metódy určené na identifikáciu nebezpečenstiev pre systémy človek-zariadenie. Všeobecný postup analýzy pozostáva z nasledujúcich krokov:

- popis pracovného prostredia, úloh a charakteristika pracovníka,
- hodnotenie rozhrania človek-technika,
- vykonanie úlohovej analýzy jednotlivých funkcií pracovníka,
- vykonanie analýzy ľudskej chyby v jednotlivých funkciách pracovníka,
- dokumentácia výsledkov.

Analýza ľudskej spoľahlivosti býva často implementovaná do identifikácií nebezpečenstva metódou Čo ak? a HAZOP.