

**METODICKÝ POSTUP
NA HODNOTENIE RIZÍK NEBEZPEČNÝCH PREVÁDZOK
A ŠTÚDIA
O PODNIKOCH V SLOVENSKEJ REPUBLIKE**

BRATISLAVA
november 2000

OBSAH

Strana

ANOTÁCIA

Predslov spracovateľa

1. ÚVOD	4
2. VÝCHODZIE PREDPOKLADY	8
3. PREHLAD POUŽÍVANÝCH METÓD HODNOTENIA RIZIKA ..	10
4. ZHODNOTENIE MOŽNOSTI APLIKÁCIE METODÍK	28
5. PRAVDEPODOBNOSTNÝ PRÍSTUP K HODNOTENIU RIZIKA	30
6. ZÁVER	62
7. LITERATÚRA	63

PRÍLOHY

UKÁŽKA APLIKÁCIE METODIKY NA JEDNODUCHÉ TECHNOLOGIE

METODICKÝ POSTUP PRE HODNOTENIE RIZÍK NEBEZPEČNÝCH PREVÁDZOK

Ing. Ján Kandráč, CSc. a kol. ⁽¹⁾

Anotácia

Predkladaný projekt je venovaný vypracovaniu jednotného spracovateľského a metodického postupu pre identifikáciu a hodnotenie rizík nebezpečných prevádzok, v zmysle požiadaviek pripravovaného zákona o prevencii závažných havárií s prítomnosťou vybraných nebezpečných látok (zákon o závažných haváriách).

V úvodnej časti projektu sú rešeršne spracované používané indukčné a dedukčné metódy hodnotenia rizika. Zároveň sú v tejto časti zhodnotené potenciálne možnosti ich aplikácie pri identifikácii a kvantifikácii rizík závažnej havárie v zmysle požiadaviek zákona o závažných haváriách.

V nasledujúcej časti projektu, v jednotnom metodickom postupe pre identifikáciu a kvantifikáciu rizík, ktorý je spracovateľom projektu navrhovaný pre detailnú rizikovú analýzu nebezpečných prevádzok v zmysle pripravovaného zákona o závažných haváriách, odôvodňuje sa a prezentuje metodika pravdepodobnostného hodnotenia rizika (Probabilistic Risk Analysis - PRA). Táto metodika je osvedčenou metódou pre kvantitatívne posudzovanie rizík a umožňuje objektívne prijímanie rozhodnutí vo sfére riadenia rizík, čo bolo požadované zadávateľom projektu.

Postupnosť jednotlivých krokov PRA je detailne popísaná pre potreby realizácie 1. úrovne technického zhodnotenia rizikových prevádzok (zber, spracovanie, analýzy a kvantifikovanie stromov porúch prevádzkových a bezpečnostných systémov a stromov udalostí).

Jednotná šablóna pre spracovanie vstupov do analýzy, pre postupnosť spracovania a realizácie každého kroku analýzy, ale aj pre spracovanie samotných výstupov zaručuje, že sa dodržia rovnaké hodnotiace kritéria pre všetkých, a tým sa vlastne dosiahne aj vysoká porovnateľnosť, vierohodnosť a objektívnosť získaných výsledkov analýz a ich aplikovateľnosť vo sfére riadenia rizík.

Spracovaný jednotný metodický postup poukazuje na výhody aplikácie PRA metodiky pri hodnotení rizík nebezpečných prevádzok oproti iným metodikám, ako aj na možnosti jej širokého uplatnenia prevádzkovateľom rizikovej technológie, ale aj jej poisťovateľom a taktiež samotným štátnym dozorom.

Z hľadiska potrieb štátnej správy sú v tomto postupe vyšpecifikované požadované vstupné informácie, systém zberu a kontroly, ako aj výstupné informácie a možnosti ich porovnávania, ktoré zodpovedajú svojím rozsahom a obsahom požiadavkám Smernice SEVESO II.

V prílohovej časti predkladaného projektu sú doložené niektoré vzorové ukážky postupov a ich samotnej aplikácie na jednoduché technológie.

⁽¹⁾ Ing. Ján Kandráč, CSc. patrí medzi popredných odborníkov v Slovenskej republike, zaoberajúcich sa problematikou spoľahlivosti a bezpečnosti prevádzky priemyselných zariadení. V rokoch 1972-77 absolvoval Elektrotechnickú fakultu Slovenskej vysokej školy technickej v Bratislave a už od roku 1976 sa venoval problematike hodnotenia spoľahlivosti a pravdepodobnostného hodnotenia bezpečnosti jadrovej energetických zdrojov. V 80 - tých rokoch sa intenzívne venoval problematike modelovania a analýz vplyvov vonkajších udalostí (požiare, záplavy ap.) na bezpečnosť prevádzky rizikových technológií. V rokoch 1989-93 viedol práce zamerané na zvýšenie požiarnej bezpečnosti jadrovej energetických zdrojov, v rámci čiastkových úloh štátneho plánu ÚŠP RVT A 01-159-821 "Bezpečnosť jadrových elektrární". V súčasnosti je technickým riaditeľom spoločnosti RISK CONSULT, spol. s r. o., ktorá sa zaoberá projekciou a hodnotením priemyselných rizík. Je špecialistom v oblasti hodnotenia rizika prevádzky výrobných zariadení a autorom vyše sto spoľahlivostných a požiaro-bezpečnostných správ, auditov a analýz, hlavne pre jadrové elektrárne (JE) v Slovenskej a Českej republike (SR, ČR), JE v Maďarsku a Arménsku, chemické, petrochemické, strojárenské a plynárenské prevádzky, ako aj špeciálne technológie v SR a ČR.

Je zároveň úradujúcim podpredsedom Slovenskej spoločnosti pre propagáciu vedy a techniky, člena Zväzu slovenských vedeckotechnických spoločností a riaditeľom sekcie rizikových analýz Slovenskej Asociácie pre ochranu majetku a osôb.

Predslov spracovateľa

Každá ľudská činnosť prináša so sebou popri zjavných individuálnych a spoločenských pozitívach aj nežiadúce dôsledky, ktoré sme si zvykli obecne označovať ako nebezpečenstvá, či riziká. Práve dlhodobé a najmä odborné ignorovanie rozdielu medzi týmito pojmami a ich zovšeobecnené ponímanie ako synonymum nás doviedlo k tomu, že ešte aj dnes na začiatku nového tisícročia máme značné problémy ich definovať.

Zatiaľ čo nebezpečenstvá vieme slovne popísať, v prípade rizík vo svete neexistuje žiadna spoločná dohoda, ktorá by umožňovala ich slovne definovať. Odborne povedané riziko je komplexnou funkciou nebezpečenstva spojeného so zadefinovaným (konkrétnym) spoločenským, technologickým, environmentálnym alebo aj iným systémom.

Matematická definícia rizika je však veľmi jednoduchá. Riziko je súčin pravdepodobnosti (početnosti) vzniku nežiadúcej udalosti a jej následkov. Z tejto definície je už zrejmé, že riziko je kvantitatívny pojem, ktorý v sebe obsahuje pravdepodobnosť výskytu neprijateľných (neakceptovateľných) dôsledkov presne definovaných nežiadúcich udalostí. Matematici a technici bez problémov zvládli mechanizmy výpočtu pravdepodobnosti výskytu nežiadúcich udalostí, avšak následky týchto nežiadúcich udalostí nie je možné zvládnuť len výpočtovo. Nežiadúce individuálne aj spoločenské následky mnohých udalostí sa totiž prejavujú v mnohých prípadoch až po niekoľkých rokoch, či desiatkach rokov alebo ich dnes ešte ani nevieme odhadnúť.

Práve nedoriešenie definovania a kvantifikovania následkov nežiadúcich udalostí spôsobilo, že nie sme schopní dostatočne vierohodne a hlavne objektívne kvantifikovať aj samotné riziko.

Budovanie rozsiahlych, navzájom prepojených priemyselných a energetických komplexov, technologických parkov, rekonštrukcie a modernizácia zastaralých výrobných prevádzok, zvyšovanie ich produktivity a ekonomickej efektívnosti, ale aj samotný dovoz a transfer náročných rizikových technológií a výrobných do Slovenskej republiky (SR) prinášajú so sebou popri zjavnom technickom rozvoji a spoločenskom pokroku aj špecifické individuálne a spoločenské riziká. Tieto riziká sú spojené s používaním čoraz väčšieho množstva rôznych nebezpečných látok, a tým aj s možnosťou potencionalného ohrozenia zdravia a života ľudí, ohrozenia majetku a životného prostredia, v dôsledku vzniku a rozvoja závažných havárií s týmito látkami.

Európska únia (EÚ), Organizácia pre hospodársku spoluprácu a rozvoj (OECD), Európska hospodárska komisia Organizácie spojených národov (EHK OSN), Medzinárodná organizácia práce (MOP) a Svetová zdravotnícka organizácia (WHO), v spolupráci s ďalšími medzinárodnými organizáciami a združeniami vedomí si dôležitosť riešenia problematiky prijali príslušné medzinárodné dohovory a právne úpravy pre identifikovanie, lokalizovanie a minimalizovanie týchto rizík.

Transpozíciou príslušných právnych úprav EÚ do právneho poriadku SR, najmä Smernice Rady č. 96/82/ES o kontrole nebezpečenstiev veľkých havárií zahŕňajúcich nebezpečné látky (Smernica SEVESO II) sa sleduje zabezpečenie nevyhnutných predpokladov a podmienok pre pristúpenie SR k uvádzaným medzinárodným dohovorom.

V rámci prípravy zákona o prevencii závažných havárií s prítomnosťou vybraných nebezpečných látok a o pripravenosti na ich zdolávanie (zákona o závažných haváriách) sa ukázalo, že formulácia environmentálnych cieľov tohto zákona bola oveľa jednoduchšia ako definovanie a úprava spoločných princípov a požiadaviek a dopĺňujúcich (špecifických) povinností prevádzkovateľov a podnikov, v ktorých sú prítomné vybrané nebezpečné látky.

Smernica SEVESO II vydaná EÚ, ako aj pripravovaný zákon SR o závažných haváriách sú zamerané hlavne na prevenciu veľkých (závažných) havárií a na pripravenosť na ich zdolávanie. V oboch prípadoch sa však kladie mimoriadny dôraz na objektívne zhodnotenie rizika závažných havárií. Ukázalo sa, že malé podniky, ale aj prevádzkovatelia veľkých rizikových chemických a petrochemických technológií v SR majú zatiaľ nedostatočné, resp. neúplné znalosti v oblasti systematického a hlavne komplexného hodnotenia rizík, čo by mohlo nepriaznivo narušiť proces implementácie príslušnej smernice do právneho poriadku SR.

Pripravenosť rizikových podnikov v SR na zavedenie zákona o závažných haváriách je rôzna. Existujú značné rozdiely, ktoré vyplývajú hlavne z toho, že niektoré podniky (hlavne podniky so zahraničnou spoluúčasťou) pristúpili k realizácii rôznych bezpečnostných zhodnotení, analýz a štúdií (hodnotení rizík a ich kvantifikácii) už dávnejšie, vytvorili si vlastné hodnotiace kolektívy, resp. tieto hodnotenia im realizovali renomované zahraničné spoločnosti. Preto aj ich predstava o časovej a odbornej náročnosti týchto prác je reálna a pripravenosť je oveľa vyššia než ostatných, ktorí sa s touto problematikou ešte len začínajú oboznamovať.

Aj z posledne uvádzaného dôvodu vyplynula potreba prípravy samostatného právneho predpisu naväzujúceho na zákon o závažných haváriách pre hodnotenie rizika závažnej havárie a identifikovanie potenciálnych rizikových prevádzkovateľov.

Predkladaný projekt má za cieľ stanoviť zásady hodnotenia rizík závažnej havárie v zmysle pripravovaného zákona o závažných haváriách, t.j. zaviesť objektívne, jednotné a systematické postupy hodnotenia rizika závažnej havárie vychádzajúce z aplikácie osvedčených a zaužívaných postupov hodnotenia rizika, ktoré sú uplatňované v SR a vo svete. Predkladaný projekt nezavádza do postupov hodnotenia rizík žiaden umelý nástroj, ale naopak pri jeho tvorbe sa plne zohľadnili a uplatnili existujúce zaužívané postupy hodnotenia rizika aplikované v SR hlavne v energetike a v petrochémií.

Posledne uvádzaná skutočnosť, t.j. plná aplikovateľnosť postupov hodnotenia rizika v podmienkach SR a ich kompatibilita s obdobnými postupmi v EÚ vytvára nevyhnutné predpoklady pre požadované odborné a časové naplnenie požiadaviek zákona o závažných haváriách.

V SR v súčasnosti existuje niekoľko spoločností, ktoré aplikujú predkladané postupy hodnotenia rizík a výsledky ich prác sú plne akceptované štátnou správou, poisťovacími spoločnosťami, ako aj národnými a medzinárodnými spoločnosťami a organizáciami angažujúcimi sa v tejto oblasti.

1. ÚVOD

Predkladaný projekt v tejto časti je venovaný vypracovaniu jednotného spracovateľského a metodického postupu pre identifikáciu a hodnotenie rizík nebezpečných prevádzok, v zmysle požiadaviek pripravovaného zákona o prevencii závažných havárií s prítomnosťou vybraných nebezpečných látok, ktorý je vlastne implementáciou direktívy Európskej únie (EÚ) "SEVESO II" do právneho poriadku Slovenskej republiky (zákon o závažných haváriách).

V úvodnej časti projektu sú rešeršne spracované a stručne popísané známe a používané indukčné a dedukčné metódy hodnotenia rizika. Zároveň sú zhodnotené možnosti ich aplikácie pri analýze rizík závažných havárií, hlavne pri predbežnom odhade rizík ale aj pri samotnej analýze, hlavne v prípade malých (stredných) a skladových rizikových a potenciálne rizikových prevádzok.

V nasledujúcej časti práce sú stručne definované ciele projektu, ktoré sú naplnené v jednotnom metodickom postupe pre identifikáciu a kvantifikáciu rizík, ktorý je spracovateľom projektu navrhovaný pre detailnú rizikovú analýzu hlavne stredne veľkých a veľkých nebezpečných prevádzok.

V hlavnej časti projektu sa odôvodňuje a prezentuje metodika pravdepodobnostného hodnotenia rizika (Probabilistic Risk Analysis - PRA). Táto metodika je zaužívanou a osvedčenou metódou pre kvantitatívne posudzovanie rizík a umožňuje prijímanie objektívnych rozhodnutí vo sfére riadenia rizík, čo bolo požadované zadávateľom projektu.

Postupnosť jednotlivých krokov PRA je detailne popísaná pre potreby realizácie 1. úrovne technického zhodnotenia (zber, spracovanie, analýzy a kvantifikovanie stromov porúch prevádzkových a bezpečnostných systémov a stromov udalostí).

Jednotná šablóna pre spracovanie vstupov do analýzy, pre postupnosť spracovania a realizácie každého kroku analýzy, ale aj pre spracovanie samotných výstupov zaručuje, že sa dodržia rovnaké porovnávacie a hodnotiace kritéria pre všetkých, a tým sa vlastne dosiahne aj vysoká porovnateľnosť, vierohodnosť a objektívnosť získaných výsledkov analýz.

Spracovaný jednotný metodický postup poukazuje na výhody aplikácie PRA metodiky pri hodnotení rizík nebezpečných prevádzok oproti iným metodikám, ako aj na možnosti jej širokého uplatnenia prevádzkovateľom rizikovej technológie, ale aj jej poisťovateľom a aj samotným štátnym dozorom.

Práve uvádzané skutočnosti môžu byť pri následnom zapracovaní tejto metodiky do pripravovanej národnej legislatívy hodnotené ako výrazný prínos Slovenskej republiky do procesu prípravy a hodnotenia rizika nebezpečných prevádzok v rámci krajín, ktoré ešte nie sú členmi EÚ.

Z hľadiska potrieb štátnej správy sú v tomto postupe vyšpecifikované požadované vstupné informácie, systém zberu a kontroly, ako aj výstupné informácie a možnosti ich porovnávania, ktoré zodpovedajú svojim členením, rozsahom a obsahom požiadavkám Smernice SEVESO II.

V prílohovej časti predkladaného projektu sú spracovateľom doložené niektoré vzorové ukážky postupov uplatňovaných pre jednotlivé kroky analýzy a ich samotná aplikácia na jednoduché technológie.

2. VÝCHODZIE POŽIADAVKY

Závažné havárie v podnikoch chemického a petrochemického priemyslu v 70-tych a začiatkom 80-tych rokov (Seveso, Bhópal, Mexiko City, Cubatao) viedli EÚ k prijatiu Smernice Rady č. 82/501/EHS o veľkých havarijných nebezpečenstvách určitých priemyselných činností, ktorá bola označovaná tiež ako "Smernica Seveso".

Táto smernica bola jedným z prvých pokusov EÚ prijať jednotné postupy, ktoré by umožňovali identifikovať a kategorizovať podniky vykonávajúce činnosti, ktoré je možné označiť termínom "nebezpečné (rizikové)". Zároveň s prijatím tejto smernice sa začali v jednotlivých členských štátoch EÚ budovať komplexné systémy pre hodnotenie rizík závažných havárií v jednotlivých priemyselných odvetviach.

V roku 1992 sa začala významne angažovať v tejto oblasti aj Európska hospodárska komisia Organizácie spojených národov (EHK OSN), ktorá v marci v tom istom roku prijala "Dohovor o vplyvoch priemyselných havárií presahujúcich štátne hranice" (tzv. "Helsinský dohovor").

EÚ reagovala na nové medzinárodné aktivity v tejto oblasti v roku 1996 novelizáciou Smernice Seveso novou Smernicou Rady č. 96/82/ES o kontrole nebezpečenstiev veľkých havárií zahŕňajúcich nebezpečné látky (tzv. Smernica Seveso II). Smernica nadobudla účinnosť 3. februára 1997.

EÚ ako celok pristúpila k Helsinskému dohovoru až v roku 1998, na základe Rozhodnutia Rady č. 98/685/ES, avšak s určitými výhradami, ktoré sa týkali zosúladenia prahových množstiev nebezpečných látok so Smernicou Seveso II.

Okrem uvedených smerníc a dohovorov platia v EÚ ešte ďalšie dohovory, akým je napríklad aj Dohovor Medzinárodnej organizácie práce (MOP) č. 174 o prevencii veľkých priemyselných nehôd.

Slovenská republika sa hneď po svojom vzniku aktívne zapojila do procesu európskej integrácie aj v tejto oblasti. Z realizovaných analýz Smernice Seveso II a Helsinského dohovoru vyplynulo, že transpozíciou princípov Smernice Seveso II do nášho právneho poriadku budeme tiež pripravení na ratifikáciu k Helsinskému dohovoru a po uvedenej transpozícii bude možné ratifikovať aj Dohovor MOP č. 174. Túto skutočnosť potvrdili aj bilaterálne screeningové rozhovory medzi SR a Komisiou EÚ v kapitole Životné prostredie, ktoré sa uskutočnili v dňoch 21. –25. 6. 1999 v Bruseli.

Práve z vyššie uvedených dôvodov, ako aj s prihliadnutím na naše aktivity súvisiace s harmonizáciou právnych predpisov SR s predpismi EÚ a s prihliadnutím na aktivity a legislatívne pravidlá Národnej rady SR (NRSR) a vlády SR, začalo Ministerstvo životného prostredia SR (MŽP) pripravovať legislatívny zámer v tejto oblasti vychádzajúci z princípov Smernice Seveso II.

Smernica Seveso II, ako vyplýva z jej názvu a obsahu, je zameraná predovšetkým na prevenciu a pripravenosť podnikov s prítomnosťou vybraných nebezpečných látok na závažnú haváriu, teda na vytvorenie technických, administratívnych a organizačných predpokladov na rozpoznanie a rýchlu a efektívnu likvidáciu, resp. obmedzenie následkov závažných havárií. Smernica však ustanovuje na splnenie vyššie uvádzaných cieľov určité povinnosti prevádzkovateľa rizikovej technológie, medzi ktoré patria aj nasledovné povinnosti :

- systematického hodnotenia rizík závažnej havárie a

- vypracovania bezpečnostnej správy, obsahujúcej analýzu rizík a ich riadenie.

V rámci legislatívneho zámeru a prípravy návrhu zákona SR o prevencii závažných havárií s prítomnosťou vybraných nebezpečných látok a o pripravenosti na ich zdolávanie (tiež zákona o závažných haváriách) sa predpokladá, že problematika hodnotenia rizík bude spracovaná v samostatnej vyhláške MŽP SR, ktorou sa ustanovia podrobnosti o hodnotení rizík závažnej havárie, čo môže predstavovať významný prínos SR do procesu prípravy a hodnotenia rizika nebezpečných prevádzok v rámci krajín, ktoré ešte nie sú členmi EÚ.

Jedným z cieľov pripravovanej vyhlášky je v potrebnej miere ujednotiť, resp. napomôcť pri vyšpecifikovaní jednotného a komplexného postupu a metodiky pre hodnotenie rizík, čím by sa :

- urobil podstatne transparentnejším celý proces hodnotenia rizík, ako pre jednotlivých prevádzkovateľov, tak aj pre príslušné orgány a samotnú verejnosť,
- vylúčilo formálne, resp. nie celkom spoľahlivé plnenie požiadaviek legislatívneho zámeru používaním rozličných, často neštandardných metód hodnotenia, ktorých výsledky by nie vždy zodpovedali realite, neboli by vzájomne porovnateľné apod.,
- zabezpečilo určité zjednotenie a následná štandardizácia metód hodnotenia rizík s reálnymi a navzájom porovnateľnými výsledkami.

Aby sa príslušné orgány štátnej správy zodpovedajúce za posúdenie kvality hodnotenia rizík závažnej havárie, resp. využívajúce výsledky tohto hodnotenia rizík pri svojej dozornej, rozhodovacej a inej činnosti, vyhli prípadným problémom, ktoré by vznikali pri aplikovaní rôznych, často aj neporovnateľných postupov a metód hodnotenia rizík je zrejme, že bude potrebné po ukončení diskusií v rámci procesu prípravy a schvaľovania tohto legislatívneho zámeru ujednotiť základné kritéria a metódy hodnotenia rizika závažných havárií. Tým sa zároveň zabráni nekontrolovateľnému a neregulovateľnému rozvoju takých aktivít, ktoré by mohli viesť k strate dôveryhodnosti výsledkov hodnotenia rizík a všetkých naň nadväzujúcich dokumentov a opatrení, teda aj bezpečnostných správ.

Práve vyššie uvedené skutočnosti viedli MŽP SR k zadaniu projektu, v ktorom sa odôvodní, resp. odporučí alebo sa priamo ustanoví použitie jednotného metodického postupu opierajúceho sa o použitie pravdepodobnostných metód hodnotenia rizika „Probabilistic Hazard (Safety) Assessment“ („Pravdepodobnostné hodnotenie rizika (bezpečnosti)“), tj. metód umožňujúcich kvantifikáciu rizika závažných havárií na základe generických alebo špecifických databáz s použitím osvedčených analýz stromov porúch a stromov udalostí.

Je potrebné konštatovať, že v SR sa týmto riešením nezavádza žiadny umelý, či neaplikovateľný nástroj, resp. metodika hodnotenia rizika, naopak toto riešenie je plne aplikovateľné, zaužívané a akceptované vo viacerých krajinách EÚ a vo svete v procese hodnotenia a riadenia rizík. Pravdepodobnostné bezpečnostné analýzy sa už v súčasnosti aplikujú aj u nás hlavne v jadroveoenergetickom a petrochemickom priemysle a v prípade jadrových elektrární sú vyžadované štátnou správou (Úradom jadrového dozoru SR).

Jednoznačnou výhodou pravdepodobnostných metód hodnotenia rizík je práve ich komplexnosť, zrozumiteľnosť a hlavne jednoduchosť ich postupov, čím sa umožní systematicky zmapovať jednotlivé rizikové oblasti a technológie posudzovaného podniku a vyhne sa pritom možnému vynechaniu dôležitých skutočností, ktoré prispievajú k zvýšeniu rizika. Pri nie celkom vhodnej voľbe iných metód hodnotenia

by sa mohli príslušné riziká vynechať, či zabudnúť. Prehľadnosť, zrozumiteľnosť a komplexnosť prístupu umožňuje použitie jeho postupov a výsledkov aj napr. v procesoch pripomienkovania, či posudzovania verejnosťou, čo sa ukazuje ako jeden z dôležitých aspektov.

Výraznou výhodou pravdepodobnostného hodnotenia rizika závažných havárií v podmienkach SR môže byť práve možnosť objektívneho vzájomného porovnávania podobných, resp. obdobných rizikových technológií alebo činností.

Predkladaný projekt si kladie za cieľ naplniť požiadavky zadávateľa, tj. prezentovať, odôvodniť a odporučiť použitie jednotného metodického postupu opierajúceho sa o použitie pravdepodobnostných metód hodnotenia rizika závažných havárií na základe prezentovania detailného postupu jednotlivých čiastkových analýz a vzájomných systémových väzieb.

Pre naplnenie požiadaviek zadávateľa sú v nasledujúcej časti práce stručne prezentované a popísané známe metodiky hodnotenia (analýz) nebezpečenstva a rizík, ktoré sú aplikované vo svete v rôznych priemyselných odvetviach.

3. PREHLĎAD A STRUČNÝ POPIS POUŽÍVANÝCH METODÍK

Žiadna metodika v oblasti hodnotenia nebezpečenstiev a rizík nevzniká umelo, a preto je vždy produktom určitej spoločenskej objednávky, čo je si potrebné uvedomiť aj pri nasledujúcom prezentovaní jednotlivých zaužívaných metodík.

Spracovateľ práce v tejto časti projektu si nekládol za cieľ vymenovať a stručne popísať všetky existujúce metodiky, uviedol len nejpoužívanéjšie a najznámejšie, pričom niektoré z nich sú popísané len stručne a niektoré detailnejšie, vzhľadom na sledované ciele.

Existujúce metodiky je možné rozdeliť na :

- indukčné,
- dedukčné.

Indukčné metódy („ex ante“) umožňujú predvídať možnú poruchu zariadení v prevádzkovom súbore, pričom analýza rizika poukazuje na okolnosti, ktoré by mohli poruchy zapríčiniť; pomáhajú vyhodnotiť počet a následky porúch a prijať vhodné preventívne opatrenia.

Dedukčné metódy („ex post“) analyzujú výsledné nehody a hľadajú udalosti a súvislosti, ktoré ich zapríčinili.

3.1 TRADIČNÉ METÓDY

Medzi zaužívané a tradičné metódy patria nasledujúce metódy :

Analýza pomocou kontrolných záznamov (Check List Analysis - CLA)

Táto metóda využíva kontrolné záznamy položiek alebo krokov, podľa ktorých sa overuje stav prevádzky. Je možné nastaviť veľký počet check listov, napr. pre každý stroj a zariadenie. Kompletný kontrolný záznam obsahuje údaje „áno“, „nie“, „nie je vhodné“ a „ďalšie informácie nie sú potrebné“, čo napomáha k dosiahnutiu úplnosti informácií. Často sa kontrolné záznamy používajú na zistenie súladu s predpismi a štandardami (normami). Je dôležitá ako spôsob, ktorým možno analyzovať zložité a obtiažne problémy a porovnávať ich s dopredu pripraveným záznamom. Je vhodná pri zisťovaní problémov, ku ktorým už došlo.

Rutinné testy (Routine Tests - RT)

V počiatočnom štádiu prípravy procesu je nutné overiť, či sú k dispozícii požadované údaje pre látky a materiály, ktoré majú byť v navrhovanom procese použité. Je dôležité mať k dispozícii všetky údaje, aby sme mohli proces vhodne uskutočniť a zabezpečiť.

Najväčšie problémy v súčasnej dobe spôsobuje „**toxická**“. Vyžadujú sa informácie týkajúce sa jej vplyvov na človeka, avšak dostupné údaje boli získané pri pokusoch na zvieratách. Preto sa vyžaduje extrapoláčne určenie a správna aplikácia toxikologických dát. Naproti tomu vlastnosti týkajúce sa požiaru či výbuchu (tzv. technicko-bezpečnostné parametre či požiarne technické charakteristiky) sa môžu ľahko stanoviť zavedenými testovacími metódami.

Bezpečnostný audit (Safety Audit - SA)

Táto metóda je nepochybne najstaršia zo všetkých. Vzťahuje sa predovšetkým na existujúce prevádzky a zahŕňa systematické a kritické posúdenie vybraných aspektov prevádzkovania závodu, prevádzky alebo zariadenia. Predstavuje zvyčajne inšpekčné pochôdzky, ktoré môžu mať charakter neformálnej vizuálnej prehliadky až po formálne zisťovanie, ktoré trvá dlhšiu dobu. Posúdenie býva vykonané tímom pracovníkov rôznych profesií. Typickým postupom by mala byť príprava (obyčajne príprava kontrolných záznamov), hodnotenie, doporučenie realizácie a zaznamenanie zmien.

Čo sa stane ak... (What if Analysis - WFA)

Cieľom zaistenia bezpečnosti metódou What if Analysis je identifikácia nebezpečných stavov v technologickom procese. Pomocou charakteristických otázok, začínajúcich tradičným „Čo sa stane ak...“ sa zisťujú príčiny havárií a navrhujú sa opatrenia na zvýšenie bezpečnosti. Môže byť však vyslovená aj akákoľvek námietka týkajúca sa bezpečnosti a nemusí byť vyjadrená ako otázka.

Zostavenie charakteristických (pilotných) otázok, smerujúcich k identifikácii nebezpečenstva, nie je v tom prípade systematizované, ako je to napr. pri nižšie popísanej metóde HAZOP. Kladenie otázok závisí na skúsenostiach a intuícii tímu odborníkov, ktorý štúdiu uskutočňuje. Prebieha formou porád vybraných odborníkov podrobne zoznámených s procesom. Pri poradách sa dôsledne uplatňuje „**brainstorming**“ – spontánna diskusia o hľadaní nových nápadov. Metóda je veľmi účinná, pokiaľ štúdiu vypracúva skúsený tím odborníkov.

3.2 RELATÍVNE HODNOTENIE (RELATIVE RANKING)

Relatívne hodnotenie je posudzovanie nebezpečnosti procesu na základe fyzikálno-chemických vlastností látok, technicko-bezpečnostných parametrov, ich množstvo, termodynamiky procesu a ďalších charakteristických javov. Tieto metódy neumožňujú sledovanie kauzálnych súvislostí príčina – následok. Medzi metódy relatívneho hodnotenia nebezpečenstva patria napr. metódy využívajúce Dow Fire and Explosion Index (Dowov index horľavosti a výbušnosti), Mond Index (Mondov index), Substance Hazard Index (Index nebezpečnosti látky), Chemical Exposure Index (Index pôsobenia chemických vplyvov) ap..

Použitie ukazovateľov nebezpečnosti (Hazard Indices - HI) – indexov – má svoj význam, pretože poskytujú rýchly spôsob klasifikácie potenciálneho nebezpečenstva prevádzky (závodu). V prvom štádiu klasifikácie je prevádzka (závod) rozčlenený na samostatné jednotky, napr. sklad používaných látok, úprava surovín, vykonanie

reakcie, separácia, čistenie. Pre každú jednotku je vyhotovené číselné ohodnotenie, ktoré vychádza predovšetkým z druhu a množstva látky prítomnej v jednotke, ale je tiež závislé na charaktere procesu a na prevádzkových podmienkach. Pri prevádzaní konečnej číselnej hodnoty na klasifikáciu nebezpečenstva v rozmedzí "NÍZKE" až "KATASTROFÁLNE" sa využíva spracovaná stupnica.. V ďalšom štádiu sú charakteristické znaky bezpečnosti závodu zavedené ako „bonusy“, ktoré môžu túto klasifikáciu znižovať.

3.3 RÝCHLE HODNOTENIE (RAPID RANKING - RR)

Je to jedna z novších metód z tejto oblasti. Umožňuje hodnotenie nebezpečenstva zahrnutím indexu horľavosti a výbušnosti a indexu toxicity. Index horľavosti a výbušnosti sa stanovuje na základe materiálového faktoru a miery tzv. všeobecného a špecifického nebezpečenstva (zdrojov rizika) procesu. Stanovenie indexu toxicity vychádza z faktora nebezpečenstva poškodenia zdravia (faktor toxicity) a z najvyššej prípustnej koncentrácie nebezpečnej látky (korekcia toxicity). Podľa výsledných hodnôt uvedených indexov je výrobný proces alebo jednotka zaradený do jednej z troch kategórií nebezpečnosti (viď tabuľka 1). Stanovenie indexu horľavosti a výbušnosti a indexu toxicity je uvedené v ďalšom texte. Metóda je zaužívaná hlavne v USA.

Pre každú jednotku (zariadenie), v ktorej sa vyskytujú nebezpečné látky, musí byť stanovený index horľavosti a výbušnosti a index toxicity.

Tabuľka 1: Kategórie nebezpečnosti

Kategória	Index horľavosti a výbušnosti (IH)	Index toxicity (IT)
Kategória I	< 65	< 6
Kategória II	$65 \leq IH < 95$	$6 \leq IT < 10$
Kategória III	≥ 95	≥ 10

Index horľavosti a výbušnosti (IH) a index toxicity (IT) sa stanoví podľa vzťahu:

$$IH = MF \cdot (1 + \sum VPN) \cdot (1 + \sum ŠPN)$$

kde

MF – materiálový faktor (odhad podľa potenciálnej energie nebezpečných látok alebo podľa údajov NFPA – National Fire Protection Association)

VPN – všeobecné prevádzkové nebezpečenstvá (odhad podľa charakteristických vlastností technologického procesu – predovšetkým podľa druhu prebiehajúcich reakcií)

ŠPN – špeciálne prevádzkové nebezpečenstvo (odhad predovšetkým podľa technologických podmienok)

$$IT = \frac{F_T + K_T}{100} \cdot (1 + \sum VPN + \sum ŠPN)$$

kde F_T - faktor toxicity vyjadrovaný na základe hodnotenia NFPA

K_T – korekcia toxicity vzhľadom k NPK

Pokiaľ sa nachádza v jednom zariadení viac nebezpečných látok, je potrebné určiť indexy IH a IT pre každú z nich a na konečné určenie kategórie nebezpečnosti je rozhodujúca najvyššia dosiahnutá hodnota oboch indexov.

Pre každú časť technologického zariadenia, ktorá je klasifikovaná v určitej kategórii nebezpečnosti, musia byť spracované bezpečnostné štúdie spĺňajúce kritériá tabuľky 2.

Kontrolný zoznam I obsahuje vnútorné a vonkajšie príčiny, napr. zlyhanie dodávky elektrickej energie, vody apod.

Kontrolný zoznam II obsahuje príčiny, ktoré môžu vyvolať odchýlky od technologického procesu alebo poruchy zariadenia, napr. korózia, únava materiálu, prekročenie teplotných a tlakových podmienok.

Tabuľka 2: Kritériá pre spracovanie bezpečnostnej štúdie

Kategória	I	II	III
Kontrolný zoznam 1	X	X	
Kontrolný zoznam 2		X	
HAZOP, HAZAN apod.			X
Údaje o havárii	X	X	X
Potenciálne miesta úniku	X	X	X

3.4 ÚVODNÁ ANALÝZA NEBEZPEČENSTVA (PRELIMINARY HAZARD ANALYSIS)

Cieľom úvodnej analýzy nebezpečenstva (PHA) je poskytnúť veľmi rýchlo prehľad prevádzkových nebezpečenstiev, ktorý môže byť východným podkladom pre detailnú analýzu. Tento spôsob môže byť taktiež aplikovaný v počiatočnom štádiu projektovania, kedy sú k dispozícii iba veľmi všeobecné zámery a technologické schémy.

Základnou myšlienkou PHA je zvoliť predmet štúdia a identifikovať, ktoré problémy môžu vzniknúť. Môže sa použiť ako tímová metóda s voľným zložením tímu, umožňujúca riešenie širokej oblasti problematiky. Základný požadovaný materiál je minimálny – náčrt schémy zariadenia a informácie o prítomných látkach. Analýzu je možné vypracovať aj detailnejšie, ak je vstupný materiál obsiahlejší.

Ten, kto analýzu vypracúva (jednotlivec alebo tím), berie do úvahy potenciálne nebezpečenstvo najprv „voľne“, potom použitím napr. „check list of hazard types“, tabuľka 3 uvádza kontrolný záznam možných typov nebezpečenstva.

Pre každé nebezpečenstvo sa berie do úvahy relatívna početnosť aj následky a sú identifikované potenciálne havárie.

Zvolené havárie sú odhadnuté pomocou predpokladanej početnosti a stupňa poškodenia zdravia jednotlivca a obyvateľstva.

Tento odhad je určený len približne, z tohto dôvodu sú početnosti výskytu havárií a ich následky klasifikované iba v určitých rozmedziach.

Početnosť	P
k havárii nedôjde, nebezpečenstvo vylúčené	0
menej než 1× za 1000 rokov	1
medzi 1× za 100 a 1× za 1000 rokov	2
medzi 1× za 10 a 1× za 100 rokov	3
medzi 1× za rok a 1× za 10 rokov	4
častejšie než 1× za rok	5
Stupeň poškodenia zdravia	S
bez zranenia	0
vážne zranenia	2
smrteľná nehoda	3
niekoľko smrteľných nehôd	5

Index rizika možno stanoviť nasledovne:

$$I = P + S$$

Index rizika naznačuje jeho závažnosť, aj keď je len približný, pretože následky – stupeň poškodenia zdravia – sú tiež zhruba porovnateľné. Index rizika sa používa na určenie, ktoré nebezpečenstvá si vyžadujú zvláštnu pozornosť a na určenie rozsahu detailnejšej analýzy.

Tabuľka 3: Kontrolný záznam možných typov nebezpečenstva pre vypracovanie PHA

Situácia: Normálna Pracovný kľud Výmena smeny Štrajk	Miesto: Prevádzková jednotka Potrubné mosty Sklady Velín (riadiaca miestnosť)
Pracovný úkon: Začatie prevádzky Odstavenie prevádzky Normálna prevádzka Neobvyklá prevádzka Údržba Generálna oprava Preprava Nová výstavba	NEBEZPEČENSTVO: Uvoľnenie nebezpečných látok Požiar Výbuch Únik toxickéj látky Kontaminácia produktu Poškodenie zariadenia Odstavenie prevádzky (zariadenia)

VONKAJŠIE PRÍČINY:	Príčiny:
Búrka	Technická porucha
Povodeň	Chyba operátora
Sneh	Chyba obsluhy
Mráz	Chyba údržby
Zemetrasenie	Zásobovanie energiou
Zosuv pôdy	Surovina
Havária automobilu, žeriavu	Sabotáž
Požiar	Iné príčiny

3.5 ŠTÚDIA NEBEZPEČNOSTI A PREVÁDZKYSCHOPNOSTI (HAZARD AND OPERABILITY STUDY - HAZOP)

Jedným z najjednoduchších a zrejme aj najrozšírenejších prístupov k identifikácii nebezpečenstva je štúdia nebezpečenstva a prevádzkyschopnosti nazývaná **HAZOP** (Hazard and Operability Study). Vyvinula ju spoločnosť ICI-Petrochemicals Division vo Veľkej Británii a v súčasnej dobe predstavuje istý uznávaný štandard pri posudzovaní nebezpečenstva a zaisťovaní bezpečnosti zložitých chemických zariadení.

Používa sa v značnej miere v chemickom priemysle na posudzovanie novo projektovaných, rekonštruovaných i existujúcich prevádzok. Je to flexibilná metóda, použiteľná pri veľkých kontinuálnych prevádzkach (napr. petrochemických), taktiež pri malých diskontinuálnych procesoch i pri jednotlivých zariadeniach. Metóda je vhodná tak pre veľké organizačné celky, ako aj pre malé spoločnosti.

Pri tejto štúdii vypracováva kritické posúdenie projektu (prevádzky) menší tím odborníkov. Každý úsek sa posudzuje systematicky s využitím série kľúčových slov.

Séria kľúčových slov sa použije systematicky tak, aby si členovia tímu mohli okamžite vytvoriť predstavu a podľa toho identifikovať pravdepodobné odchýlky od navrhovaných podmienok. Ďalej je nutné určiť, či existuje podmienka, pri ktorej by mohlo dôjsť k odchýlke. Ak táto príčina existuje, je potrebné skúmať jej dôsledky.

Typický zoznam kľúčových slov, ich význam a výklad je uvedený v tabuľke 4.

Aplikácia už uvedených kľúčových slov **NO, NOT, MORE, LESS** sa javí ako relatívne jednoduchá, tieto kľúčové slová spravidla dávajú zreteľnú, jasnú a ľahko pochopiteľnú odchýlku. Zostávajúce kľúčové slová už nie sú tak ľahko použiteľné a vyžadujú vysvetlenie. Nasledujúce dve kľúčové slová **AS WELL AS, PART OF** majú kvalitatívny charakter. Súčasne sa predpokladá, že účel je zachovaný úplne alebo aspoň čiastočne. Posledné dve komentované kľúčové slová majú tiež kvalitatívny charakter a charakterizujú skutočnosť, že účel nebol dosiahnutý. Kľúčové slovo **REVERSE** znamená negáciu pôvodného účelu, a tým je jednoznačne vytvorená odchýlka. Súbor kľúčových slov tvorí základnú pomôcku, ktorá v spojení s účelom uľahčuje formuláciu odchýlok. Aplikovateľnosť kľúčových slov je pomerne široká, najmä vtedy, keď je účel definovaný všeobecne. Pri podrobnejšom popise účelu použiteľnosť účelu klesá, pretože ubúdajú aj typy možných odchýlok.

Pokiaľ sú kľúčové slová aplikované v spojení s časovými údajmi, potom **MORE a LESS** môžu znamenať dlhšiu alebo kratšiu dobu trvania alebo tiež vyššiu či nižšiu početnosť. Ak máme na mysli časovú postupnosť, obyčajne sa používajú špeciálne kľúčové slová **SOONER** (skôr, skorší), **LATER** (neskôr, neskorší).

3.5.1 Základné ponímanie HAZOP-u

Postup pri štúdií metódou HAZOP možno popísať nasledujúcimi krokmi:

- **popis účelu (funkcie) systému (subsystému),**
predpokladá sa, že jeden subsystém má jednu základnú funkciu
- **popis odchýlky od požadovaného účelu,**
využitie uvedených, definovaných kľúčových slov
- **nájdenie príčiny alebo kombinácie príčin, ktoré vedú k odchýlke,**
hľadanie odpovedí na otázky „čo sa stane, ak...“, „čo mohlo spôsobiť, že...“ ap.
- **stanovenie možných dôsledkov a prevádzkových problémov,**
- **doporučenie opatrení.**

Na vypracovanie štúdie je potrebné rozdeliť systém na jednoduchšie subsystémy, takéto delenie je vždy zámerné. Cieľom je vytvoriť jednoduchšie subsystémy, ktoré majú jeden účel.

Tabuľka 4 Kľúčové slová pre HAZOP

Kľúčové slovo	Význam	Výklad
NO, NOT (žiadny, nie je)	kompletná negácia účelu	Nebola realizovaná žiadna časť účelu
MORE (viac, vyšší)	zvýšenie	Vzťahuje sa k množstvu a vlastnostiam, napr. rýchlosť prietoku, teplota apod., rovnako aj k činnostiam, napr. ohrev, reakcia atď.
LESS (menej, nižší)	kvantitatívne zníženie	Vzťahuje sa k množstvu a vlastnostiam, napr. rýchlosť prietoku, teplota apod., rovnako aj k činnostiam, napr. ohrev, reakcia atď.
AS WELL AS (takisto, tiež)	kvantitatívne zvýšenie	Všetky navrhnuté účely sú dosiahnuté spolu s určitou prídavnou činnosťou
PART OF (časť niečoho)	kvantitatívne zníženie	Realizované sú iba niektoré zámery (účely)
REVERSE (reverz, spätný)	logický protiklad	je najvhodnejší pre činnosti ako spätný tok alebo chemická reakcia, môže sa aplikovať aj vo vzťahu k látkam
OTHER THAN (iný než)	kompletná náhrada	Nedosiahla sa žiadna časť z pôvodného účelu, dochádza k inej činnosti

Systematickým kombinovaním kľúčových slov a účelu zariadenia sú preverené prakticky všetky možné spôsoby, ktoré môžu vyvolať odchýlku. Je zrejmé, že týmto postupom sa nájde rada teoretických odchýlok od normálneho účelu. Každú z nich je potrebné posúdiť, zistiť jej príčiny a stanoviť možné dôsledky. Pokiaľ nie sú významné, nie je potrebné brať tieto odchýlky do úvahy. Avšak niektoré odchýlky môžu mať reálne príčiny a dôsledky, môžu byť teda závažné a nebezpečné. V tom prípade sa podarilo odhaliť potenciálne nebezpečené stavy, ktoré je potrebné detailne analyzovať.

Ak je preštudované jedno zariadenie a sú zaznamenané potenciálne nebezpečenstvá, prechádza sa na ďalšiu časť systému. Takto sa postupuje až do preštudovania celého projektu (prevádzky).

Zámerom je vytvorenie zoznamu všetkých možných odchýlok od riadneho účelu a identifikácia všetkých potenciálnych nebezpečenstiev vyvolaných týmito odchýlkami.

3.5.2 Popis jednotlivých krokov HAZOP- u

Vlastný realizačný postup pri podrobnej štúdii vybraného zariadenia možno formálne rozdeliť do niekoľkých základných fáz:

- stanovenie cieľa,
- výber pracovného tímu,
- príprava tímu,
- vypracovanie štúdie,
- zaznamenanie záverov.

Cieľ by mal byť vyjadrený čo možno najzrozumiteľnejšie, ako typické sa uvádzajú tieto dôvody:

- kontrola projektu,
- rozhodnutie, kam zariadenie umiestniť,
- rozhodnutie o výbere konkrétneho zariadenia,
- kontrola prevádzkových predpisov,
- zvýšenie bezpečnosti súčasných prevádzok.

Takisto je potrebné zvážiť a rozhodnúť, aký vplyv a dopad môže mať identifikované nebezpečenstvo na:

- obsluhujúci personál,
- zariadenie a proces,
- kvalitu produkcie,
- obyvateľstvo,
- životné prostredie.

Hlavné ciele bývajú vypracované skupinou osôb zodpovedných za projekt alebo prevádzku, môže to byť napr. vedúci projektu, inžinier projektu alebo vedúci prevádzky. Celá štúdia je vypracovávaná povereným tímom, ktorého právomoci musia byť presne vymedzené. Definovanie cieľa je jednoduchšie, pokiaľ je príslušný vedúci projektu (prevádzky) zoznámený s touto metódou.

Dôkladná identifikácia nebezpečných stavov, tzn. potenciálnych nebezpečenstiev metódou HAZOP vyžaduje vytvorenie pracovného tímu, v ktorom sú zastúpené všetky potrebné odbornosti. V tíme sú zastúpené dva typy odborníkov. Prvú skupinu tvoria technickí odborníci, ktorí prispievajú znalosťami o procese, zariadeniach, meraní a regulácii atď. Druhú skupinu tvoria odborníci, reprezentujúci metodickú a poradenskú činnosť.

Dôkladné štúdium zariadenia vyžaduje taký tím, ktorý má veľmi podrobné znalosti o projekte, procese a zariadeniach, ktoré majú byť prevádzkované. Predpokladom je vytvorenie tímu, ktorý má znalosti a skúsenosti tak s projektovou činnosťou, ako aj s prevádzkou takéhoto zariadenia. Aplikácia kľúčových slov umožňuje vytváranie veľkého počtu otázok. Preto je dôležité, aby vytvorený tím bol schopný na tieto otázky odpovedať bez požiadaviek na ďalšie znalecké vyjadrenia.

Štúdia menšej chemickej prevádzky vyžaduje, aby boli v tíme zastúpené tieto odbornosti:

- strojní inžinier,
- chemický inžinier,
- prevádzkový technik,

- vedúci výroby,
- hlavný inžinier projektu.

Pracovný tím by mal byť tvorený odborníkmi s takými znalosťami, ktoré sú pre požadovanú štúdiu dostatočné. Členovia tímu obyčajne majú potrebnú právomoc na uskutočnenie potrebných zmien. Tím by nemal byť príliš veľký, ako optimálne sa uvádza tri až päť osôb.

Štúdie zariadení metódou HAZOP sú, ako už bolo uvedené, veľmi systematické, preto je nutné, aby niekto poradu či rozpravu riadil. Táto osoba, oboznámená s metódou HAZOP, má funkciu vedúceho metodika.

Metodická práca je dôležitá v priebehu celej štúdie, napr. pre definovanie cieľa štúdie, pre výber a zapracovanie tímu odborníkov, pri zaisťovaní potrebných informácií, pri spracovaní potrebných údajov vhodnou formou. Avšak najvýznamnejšia úloha metodika sa prejaví v priebehu porád, kedy usmerňuje systematické polozenie otázok. Na túto prácu musí byť metodik dokonale pripravený. Je nežiaduce a nevhodné, aby vstupoval do diskusie so zásadnými technickými príspevkami. Pokiaľ je to možné, nemal by byť oboznámený s analyzovaným projektom, pretože sa môže stať, že dôjde k profesionálnemu prehliadnutiu alebo k neobjektívnemu použitiu metódy. Na druhej strane by však mal mať dostatočné technické znalosti pre pochopenie riešeného problému a riadenie diskusie.

Je vhodné, aby okrem vedúceho metodika bola členom tímu aj ďalšia osoba s poradnou funkciou, ktorá zaznamenáva zistené nebezpečné stavy. Tento člen tímu zastáva funkciu tajomníka. Na prvý pohľad sa zdá, že na túto funkciu stačí jedna osoba. Skutočnosť však ukazuje, že také zloženie má za následok výrazné zaťaženie tímu ako celku. Je lepšie zamestnať sedemčlenný tím na dva dni, než šesťčlenný tím na štyri dni.

Je nutné, aby tím ako celok mal pozitívny a konštruktívny prístup k analyzovanému problému, pretože úspech nakoniec závisí predovšetkým od schopností, tvorivého prístupu a myslenia všetkých členov tímu.

3.5.3 Príklad využitia HAZOP- u

Tabuľka 5 na nasledujúcej strane ilustruje využitie kľúčových slov pri analýze potrubia pre prívod uhľovodíka zo skladovacej nádrže do prevádzkovej nádrže.

3.6 ANALÝZA VPLYVOV PORÚCH A ICH NÁSLEDKOV (FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS - FMEA)

Analýza vplyvov porúch a ich následkov (FMEA) hodnotí možné poruchy zariadenia a ich vplyvy na technologický proces, ku ktorým môže dôjsť na rôznych úrovniach – v systéme, subsystéme alebo v jeho komponentoch.

Používa sa na identifikáciu možností druhu porúch jednotlivých zariadení a systémov. Môže byť rozšírená o početnosť výskytu porúch alebo o ich pravdepodobnosť. V tom prípade sa realizuje **Failure Modes, Effects and Criticality Analysis – FMECA**.

FMEA je jedným z prvých systematických postupov pre analýzu porúch, využíva sa od 50-tych rokov. Jej princípom je skúmanie každého komponentu systému a zodpovedanie nasledujúcich otázok:

- ako sa môže komponent poškodiť

- čo sa môže stať, keď sa komponent poškodí.

Je pomôckou v celkovej analýze rizika, jej výsledky sú spracované tabuľkovo. Používajú sa rôzne formy záznamu, napr. rovnaký záznam ako pri HAZOPe.

Záverečným krokom pri tejto analýze je štúdium kritickosti porúch, pričom sa vyberajú tie prípady porúch, ktoré sú najzávažnejšie. Kategórie kritickosti uvádza nasledujúca tabuľka 6.

Tabuľka 6 Kategórie kritickosti

Kategória	Následky
katastrofická	strata systému (zariadenia), niekoľkonásobné zranenie, smrť
kritická	zranenie, poškodenie zariadenia, nebezpečný stav vyžadujúci okamžitú nápravu
okrajová	žiadny dôležitý systém nie je poškodený, žiadne poškodenie funkcie zariadenia, žiadne zranenie osôb
zanedbateľná	žiadny dôležitý systém nie je poškodený, žiadne zranenie osôb, nie je potrebná okamžitá náprava

Úspech FMEA závisí od dobrej koncepcie odhadu, aké možné poruchy sa môžu vyskytnúť vo výrobnom procese, na výrobnom zariadení a aké príčiny ich spôsobujú. Tabuľka 7 uvádza príklad záznamu možnosti porúch ventilového rozvodu.

Tabuľka 7 Možnosti porúch ventilového rozvodu

Poruchy	Typické príčiny	Následky
riadenie uzavreté	porucha tesnenia, mazanie vysušené, cudzie teleso vo ventile, netesnosť polohovadla	nemôže otvárať, nemôže regulovať, možná porucha polohovadla
riadenie otvorené	porucha tesnenia, mazanie vysušené, preťaženie uzáveru, cudzie teleso vo ventile, netesnosť polohovadla (pneumatický ventil), porucha polohovadla alebo piestu ventilu	nemôže uzatvárať, nemôže regulovať, možné poruchy alebo preťaženie polohovadla
riadenie len čiastočne funkčné	porucha tesnenia, mazanie vysušené, preťaženie uzáveru, cudzie teleso vo ventile alebo netesnosť polohovadla (pneumatický ventil), porucha polohovadla alebo piestu ventilu	nemôže uzatvárať, nemôže regulovať, možné poruchy alebo preťaženie polohovadla

netesnosť ventilu	korózia sedla ventilu, cudzie teleso vo ventile, chybné nastavenie polohovadla	ventil prepúšťa napriek tomu, že je normálne uzavretý
prasknutie telesa ventilu	fyzikálne poškodenie, chyby v konštrukcii (ventil je predimenzovaný alebo poddimenzovaný), chybné nastavenie polohovadla, korozívne trhliny v telese ventilu	prepúšťanie ovládacej kvapaliny, strata tlaku
vibrácie	vysokotlakové rázy vo ventile, rezonancia v potrubí, čiastočné uvoľnenie ventilu	hluk, nadmerné zaťaženie predchádzajúcich a nasledujúcich zariadení

3.7 ANALÝZA STROMOM PORÚCH (FAULT TREE ANALYSIS - FTA)

Analýza stromom porúch (zostavenie schémy porúch) – FTA – je jedna z klasických metód na identifikáciu nebezpečenstva. Je špeciálne používaná pri určení kombinácií porúch, ktoré môžu viesť k havárii. Existuje veľa variantov tejto metódy, pre všetky sú spoločné symboly pre popísanie príčin havárie.

Strom porúch má tzv. „**TOP**“ (vrcholnú) udalosť, ktorá je hlavnou nežiadúcou udalosťou. V spojení s touto udalosťou je možné použiť OR GATE („alebo“ hradlo) pre niekoľko vstupných prípadov. OR GATE špecifikuje, že výstupná udalosť môže nastať, ak sa vyskytne akýkoľvek vstupný prípad. Možno použiť aj AND GATE („a“ hradlo), čo vyjadruje, že výstupná udalosť nastane iba vtedy, keď sa vyskytnú všetky vstupné prípady. Používajú sa aj iné symboly, napr. obdĺžnik, kruh, kosoštvorec, vid' diagram 1.

Veľmi dôležité pri využití tejto metódy je, ako zvoliť vrcholnú udalosť a ako naozaj zodpovedne zostaviť strom porúch.

Pri tejto metóde možno práce rozdeliť do štyroch alebo piatich štádií. V prvom štádiu sa zvolí vrcholná udalosť a možné príčiny sa identifikujú všeobecne, napr. morfológickým vyhľadávaním alebo štúdiom údajov získaných z už zaznamenaných havárií. Alternatívne sa môže použiť ďalej uvedená analýza stromom nebezpečenstva (**Hazard Tree Analysis**), ak má zostavený štandardný strom porúch slúžiť na určité špecifické použitie. Analýza stromom nebezpečenstva a stromom porúch spolu do značnej miery súvisia, takže nebezpečné stavy môžu byť určené na špecifických miestach prevádzky alebo prevádzkového zariadenia.

Ďalším krokom je identifikácia rôznych „reťazových“ porúch v prevádzke (v zariadení), ktoré vedú k vrcholovej udalosti. Tu sa uskutočňuje napr. vyhľadávanie spôsobov porúch jednotlivých komponentov. Záverom by sa mali zistiť jednotlivé príčiny porúch komponentov.

Analýzou pomocou stromu porúch vytvoríme prehľadné a systematické vizuálne zobrazenie, z ktorého je na prvý pohľad zrejmé, akým spôsobom prispievajú jednotlivé základné prvky k poruchovosti systému.

Metóda sa môže použiť tak na kvalitatívnu, ako aj kvantitatívnu analýzu, umožňuje pomerne jednoduché vyhľadanie „slabých miest“ systému a odhalí aspekty dôležité z hľadiska spoľahlivosti. Je osvedčeným, dobre prepracovaným postupom užitočným v oblasti projektovania a prevádzkovania technologických procesov.

3.8 ANALÝZA NEBEZPEČENSTVA (HAZARD ANALYSIS - HAZAN)

Jedným z variantov analýzy stromu porúch je aj ďalej diskutovaná Hazard Analysis (HAZAN).

Pri analýze nebezpečenstva projektu alebo v súčasnej prevádzkovej jednotke je potrebné rozhodnúť, či je nutné za účelom zníženia tohto nebezpečenstva urobiť zmeny. Ako základné požiadavky na uskutočnenie rozhodnutia sa predpokladajú: početnosť výskytu porúch a ich pravdepodobné dôsledky, vrátane kritérií prijateľnosti.

Prvým krokom pri analýze nebezpečenstva je, v súlade s predchádzajúcim konštatovaním, zostavenie schémy porúch identifikovaného nebezpečenstva, počnúc potenciálnou vrcholovou udalosťou a končiac postupným zistením príčin v jednotlivých štádiách, ktoré mohli vyvolať. Vo viacerých prípadoch bude potrebné pri zostavovaní schémy porúch brať do úvahy aj poruchy automatických

Tu je zaradený diagram 1

bezpečnostných systémov a možnosti, že operátor nestačí včas vykonať príslušnú činnosť.

Zámerom je rozdeliť „udalosť“ na poruchy vyskytujúce sa dostatočne často, takže ich početnosť a pravdepodobnosť sú známe. Kombinácia týchto základných údajov potom vedie k predpovedaniu početnosti pre vrcholovú udalosť.

Toto zhodnotenie je možné kombinovať s predpokladanými následkami výbuchu, s ohľadom na materiálne a finančné straty a prípadné straty na ľudských životoch, na určenie, či je systém prijateľný alebo či vyžaduje úpravy.

Aj keď metóda stromu porúch je niekedy kritizovaná pre obtiažne zisťovanie presných údajov pre všetky štádiá v schéme porúch, skúsenosti ukázali, že práve to nie je jej hlavným nedostatkom. Oveľa závažnejší je dôsledok chybné logiky, pretože potom môže dôjsť k použitiu nekompletnej schémy porúch, kde bude chýbať celá vetva alebo v ktorej by sa mohla prehliadnuť porucha všeobecného charakteru.

Analýza nebezpečenstva vypracovávaná na základe zostavenia schémy porúch už pomohla pri rozhodovaní pri mnohých závažných problémoch. K jej výhodám patrí aj možnosť určenia netušených možností vedúcich k vrcholovej udalosti. Taktiež sa zistilo, že konečná hodnota početnosti porúch závisí predovšetkým na údržbe a testovaní poistného zariadenia, pričom je dôležitá úloha operátora tak v počiatočnej, ako aj v konečnej fáze vznikajúcej udalosti.

3.8 ANALÝZA STROMOM NEBEZPEČENSTVA (HAZARD TREE ANALYSIS - HTA)

Zásadou pre zostavenie stromu nebezpečenstva je voľba niektorého všeobecného typu havárie, postačujúceho na pokrytie problémov, ktoré chceme riešiť. Tieto typy havárií sú ďalej podrobne roztriedené a sú počiatočným štádiom analýzy.

Pri tomto roztriedení je dôležité, aby „podtriedy“ typu havárie:

- vzájomne sa vylučovali,
- na každej úrovni roztriedenia boli približne rovnako vyznačené,
- mali úplný logický dosah pôsobnosti.

Princípom na zostavenie takejto klasifikácie sú získané skúsenosti, brainstorming a morfológické vyhľadávanie.

Postup pri zostavovaní stromu nebezpečenstva (schémy nebezpečenstva) v závode alebo v prevádzke je nasledujúci:

- voľba vhodnej hlavnej udalosti (havárie),

- zostavenie záznamu druhov príčin pre TOP (vrcholnú) udalosť všeobecne. Môže sa použiť check list (kontrolných záznamov) ako pomôcka a vybrať príčiny, ktoré sú relevantné pre jednotlivé prevádzky a zariadenia.
- pripojenie zistených druhov príčin ako vstupných údajov k „OR GATE“ v schéme porúch,
- chápanie každého druhu nebezpečenstva a rozvíjanie jeho príčiny v ďalších krokoch so snahou udržať detaily v každej vetve schémy na rovnakej úrovni.

Metódu stromu nebezpečenstva je možné kombinovať s analýzou stromom porúch (FTA) za účelom vypracovania analýzy príčin následkov (CCA), viď v ďalšom texte.

Niektoré literárne pramene uvádzajú práve túto vyššie uvedenú metódu ako **analýzu stromom udalostí** (Event Tree Analysis - ETA), ktorá sa začína špecifikovaním porúch zariadenia alebo chýb obsluhy. Identifikuje výstupné prípady, a pritom berie do úvahy všetky odozvy systému, ako aj bezpečnostné systémy a operácie. Výsledkom je sled havárie, napr. postupnosť porúch, ktoré sú schopné haváriu vyvolať a môžu byť hodnotené kvantitatívne.

3.9 ANALÝZA PRÍČIN NÁSLEDKOV (CAUSE CONSEQUENCE ANALYSIS - CCA)

Priame zostavenie stromu porúch pre problémy, v ktorých hrá hlavnú úlohu sled, je obtiažne. Diskontinuálna výroba, rozbiehanie systémov veľkých zariadení a viacstupňové bezpečnostné systémy spôsobujú celý rad problémov. Pre tieto systémy existuje celý rad fáz „pracovnej činnosti“ a niekoľko alternatívnych sledov udalostí závisiacich od toho, aký druh poruchy nastane po počiatkovej udalosti.

V takýchto prípadoch je vhodnejšie pracovať popredu s „**počiatkovými udalosťami**“, sledujúc rôzne alternatívy a následky ich sledu.

Analýza príčin následkov (príčina – následok) je pracovný postup, zahŕňajúci najprv skúmanie počiatkovej „**rozhodujúcej udalosti**“ a potom štúdium sledu udalostí vo výrobnom procese s ohľadom na ich príčiny. Diagram príčin a následkov zaznamená výsledky analýzy, pričom preferuje príčinný vzťah medzi udalosťami a ich časovým sledom.

Z uvedeného vyplýva, že pri analýze príčin následkov sa môže začať s počiatkovou udalosťou a sledovať reťazce udalostí, teda príčinné cesty. Takisto možno rozdeliť reťazce udalostí na alternatívne a paralelné vetvy a na vysvetlenie príčiny je vhodné použitie tzv. malého stromu porúch.

Analýzu príčin následkov vyvinul D. S. Nielsen na základe koncepcie rozhodujúcej udalosti. Rozhodujúca, tzn. kritická udalosť je definovaná ako:

- udalosť, ktorá môže za určitých okolností spôsobiť závažné následky,
- je vhodná ako počiatková udalosť na vypracovanie analýzy.

Rozhodujúca udalosť by sa mala zvoliť tak, aby úplne pokryla nebezpečenstvo zariadenia. Okrem toho sa má zvoliť takým spôsobom, aby sa najdôležitejšie prípady porúch stali rozhodujúcimi udalosťami. Potom je totiž jednoduchšie spracovať dôležité vplyvy v časovom slede.

Pri analýze príčin následkov sa využívajú dva hlavné smery. Pri prvom sa študuje sled udalostí, napr. pri projektovaní zariadenia alebo bezpečnostného systému a ďalej sú sledované odchýlky od tohto sledu. Odchýlky sa hodnotia za predpokladu, že sa pri bežnej činnosti nemôžu vyskytnúť. Tento smer sa nazýva „**bežná stratégia sledu**“ a je vhodný predovšetkým pre diskontinuálne procesy.

Pri druhom smere sa sleduje šírenie udalostí vo výrobnom procese, počnúc počiatkovou udalosťou a vyplývajúce zmeny v potrubných systémoch,

technologických zariadeniach, bezpečnostných zariadeniach apod. Tento smer sa nazýva „**príčinná cesta**“ a je najvhodnejší pre analýzu príčin následkov kontinuálnych procesov.

Pre vhodné využitie uvedených smerov sú navrhnuté možnosti výberu rozhodujúcich udalostí. Jednou z priamych možností výberu rozhodujúcej udalosti je sledovanie každého zariadenia alebo potrubnej cesty v technologickom procese. Pritom sa berú do úvahy vplyvy hlavných premenných veličín (tlak, teplota, prietok). Dodatočne sa skúmajú vplyvy alebo účinky na každú nádrž, reaktor či potrubie. Práve „príčinná cesta“ je vhodná na sledovanie následkov tohto druhu udalostí.

Metóda výberu rozhodujúcej udalosti má začať na výrobnom zariadení pri normálnom prevádzkovom stave, pričom spôsob porúch jednotlivých komponentov sa považuje za rozhodujúcu udalosť. V tomto prípade možno analýzu následkov považovať za rozšírenie postupu FMEA.

Obe metódy voľby rozhodujúcich udalostí sa môžu aplikovať pre všetky situácie v prevádzke, pre bežnú výrobu, zníženú výrobu a aj pre nenominálne ((nadprojektové) prevádzkové stavy.

Pomerne často sa analýza príčin následkov používa na doplnenie HAZOP-u a FMEA. Taktiež môže slúžiť na doplnenie stromu porúch (FTA), ak je v analýze zahrnutý sled účinkov. Za analýzu príčin následkov sa často mylne považuje metóda stromu udalostí.

3.10 ANALÝZA SPOLIAHLIVOSTI ČLOVEKA (HUMAN RELIABILITY ANALYSIS - HRA)

Cieľom analýzy spoľahlivosti človeka (HRA) je identifikovať možné ľudské chyby a ich pôsobenie alebo aj príčiny týchto chýb. Predstavuje teda systematické hodnotenie faktorov, ktoré ovplyvňujú činnosť operátorov, technikov, pracovníkov údržby a ostatného personálu vo výrobe. Systematicky vymenúva chyby, ktoré sa môžu vyskytnúť v priebehu normálnej prevádzky technológií alebo v prípade núdzových stavov, ďalej faktory prispievajúce k týmto chybám a úpravy systému, ktoré je možné navrhnuť na zníženie pravdepodobnosti týchto chýb. Súčasťou analýzy je identifikácia dôležitých miest systému, ktoré sú ovplyvnené jednotlivými chybami a určenie poradia týchto chýb vo vzťahu k ostatným, na základe pravdepodobnosti výskytu havárií alebo závažnosti ich následkov. Výsledky je možné aktualizovať pri zmenách projektu alebo výroby.

HRA sa zvyčajne vypracúva spoločne s inými metódami. Napr. analýzu pomocou kontrolných záznamov je možné rozšíriť tak, aby zvažovala aj ľudský faktor. Do záznamu sa môžu ľahko zaradiť nasledovné otázky:

- Sú ovládacie prvky prístupné a ľahko rozlíšiteľné?
- Majú pracovníci dostatok informácií, aby určili príčinu havarijného stavu?

Analýza „Čo sa stane, ak...“ môže zahŕňať ľudský faktor, ale je potrebné, aby členovia tímu boli vnímaví a neuspokojili sa s povrchnými odpoveďami. Napr. ak otázka „Čo ak by operátor pridal viac katalyzátorov?“ odhalí možný problém, tím by sa mal opýtať „Prečo by mohol operátor pridať viac katalyzátorov?“ a nemal by sa uspokojiť s povrchnou odpoveďou napr. z nepozornosti. Musia sa hľadať konkrétnejšie príčiny, napr. porucha sledovania hladiny, iba tak je možné nájsť skutočné príčiny chýb človeka. Podobným spôsobom je možné ľudský faktor vhodne zahrnúť aj pri použití HAZOP-u.

3.11 KVANTITATÍVNA ANALÝZA RIZIKA CHEMICKÝCH PROCESOV

(CHEMICAL PROCESS QUANTITATIVE RISK ANALYSIS - CPQRA)

Metodológia kvantitatívnej analýzy rizika chemických procesov (CPQRA) je relatívne novým nástrojom v oblasti zaistenia a riadenia bezpečnosti procesu. Unikátnosť chemických zariadení a procesov si v priebehu vývoja vyžiadala aj vývoj zodpovedajúcej metodológie pre analýzu rizika, ktorá rešpektuje zvláštnosti chemického priemyslu. Prax totiž ukázala, že v prípade zložitých chemických procesov sú bežné nástroje pre zaistenie a riadenie bezpečnosti, napr. dodržiavanie noriem a predpisov, prehliadky a revízie, nedostatočné. Počet závažných havárií, ktoré sa stali v posledných rokoch a následky týchto havárií sú toho dostatočným dôkazom. Metodológia CPQRA obohacuje doterajšie metódy pre identifikáciu nebezpečenstva a hodnotenia zaistenia bezpečnosti o ďalšie postupy s cieľom kvantitatívne analyzovať riziko a posúdiť stratégiu riadenia bezpečnosti procesu.

CPQRA predstavuje nástroj pre inžiniersku kvantifikáciu rizika a súčasne je nástrojom na jeho zníženie. Umožňuje identifikovať a určiť prioritu individuálnych nebezpečenstiev, prispievajúcich k celkovému riziku procesu. Pre závažné nebezpečenstvá (zdroje rizika) sa môžu aplikovať rozsiahle opatrenia na zvýšenie bezpečnosti a môže byť vyhodnotená efektívnosť investície.

Metodológia CPQRA je použiteľná aj pre porovnávanie rôznych variantov riešenia bezpečnosti procesu. Ďalšie znižovanie rizika je vhodné zvlášť v takom prípade, keď je možné ho uskutočniť efektívne.

Použitie širokej škály metód a postupov (ktoré náležia k metodológii CPQRA) umožňuje vypracovanie kvantitatívnej analýzy rizika, môžu byť odhalené závažné zdroje rizika (nebezpečenstva) a na objektívnom základe môžu byť doporučené a navrhnuté potrebné opatrenia.

Komplexná štúdia bezpečnosti, ktorá analyzuje riziko postupom CPQRA je štúdia prebiehajúca v čiastkových etapách – krokoch. V každej etape je stanovený čiastkový cieľ, napr. identifikácia nebezpečenstva. Na jeho vyriešenie sa môže použiť niektorá z čiastkových metód. Súbor všetkých metód a postupov použitých v čiastkových krokoch tvorí komplexnú metodológiu CPQRA.

Doporučený postup CPQRA zahŕňa nasledovné čiastkové postupné kroky:

- | | |
|-----|--|
| 1. | <i>Stanovenie cieľa analýzy postupom CPQRA</i> |
| 2. | <i>Popis analyzovaného systému</i> |
| 3. | <i>Identifikácia nebezpečenstva</i> |
| 4. | <i>Vypracovanie zoznamu havárií</i> |
| 5. | <i>Výber závažných havárií</i> |
| 6. | <i>Odhad následkov</i> |
| 7. | <i>Modifikácia systému s cieľom znížiť následky</i> |
| 8. | <i>Odhad početnosti výskytu havárií</i> |
| 9. | <i>Modifikácia systému s cieľom znížiť početnosť</i> |
| 10. | <i>Odhad rizika na základe početnosti a následkov</i> |
| 11. | <i>Modifikácia systému – zníženie rizika</i> |

V ďalšom texte sú podrobne popísané jednotlivé kroky komplexnej analýzy.

1. Stanovenie cieľa analýzy postupom CPQRA

Ujasnenie a stanovenie cieľa je tu veľmi dôležité, ale spravidla neľahké. Hĺbka analýzy je potom volená na základe definovaných špecifických požiadavkov a dostupných informácií. Je možné uvažovať aj o vypracovaní špeciálnych analýz, napr. hodnotenie dominantných následkov, zlyhanie riadiaceho systému alebo zlyhanie ochranného systému. V závere sú stanovené požiadavky na špecifické informácie a na ich základe je potom zostavená databáza požadovaných informácií.

2. Popis analyzovaného systému

Spočíva v zostavení dostupných informácií o procese (podniku) potrebných na vypracovanie analýzy rizika. Spravidla sa požadujú informácie o jeho umiestnení, o počasí, technologická schéma, potrubná schéma, prevádzkové predpisy, technologická dokumentácia, fyzikálne a chemické vlastnosti látok a ich TBP, ďalej informácie o poruchách zariadenia a odchýlkach od technologického procesu. Tieto informácie sa vložia do databázy, s ktorou CPQRA pracuje.

3. Identifikácia nebezpečenstva

Predstavuje zásadný krok pri realizácii analýzy rizika postupom CPQRA, pretože zabudnuté nebezpečenstvo znamená neodhalené a teda neanalyzované nebezpečenstvo. Na riešenie tohto problému možno použiť praktické skúsenosti, technické normy, kontrolné záznamy, detailné znalosti o procese apod. Zo súboru metód na identifikáciu nebezpečenstva možno uviesť indexové metódy, metódy PHA, metódu What If Analysis a najmä však metódy HAZOP a FMEA.

4. Vypracovanie zoznamu havárií

Vytvorenie zoznamu znamená identifikáciu všetkých nežiaducich udalostí, ktoré boli zistené, bezohľadu na ich závažnosť alebo iniciačnú udalosť. Je to opäť kritický krok, pretože nezistená situácia nemôže byť analyzovaná a táto skutočnosť môže negatívne ovplyvniť výsledky celej komplexnej štúdie.

5. Výber závažných havárií

Zo zoznamu všetkých zistených havárií je uskutočnený výber jednej alebo niekoľkých nežiaducich udalostí, ktoré dostatočne reprezentujú všetky identifikované prípady. Výber sa uskutočňuje na základe možného vývoja udalostí a konkrétneho vývoja udalostí.

6. Odhad následkov

Tento krok je založený na posúdení závislosti medzi veľkosťou následkov havárií a početnosti alebo pravdepodobnosti ich výskytu. Pritom pre zjednodušenie uvažujeme, že havária nastane. Pokiaľ sú následky nežiaducich udalostí za týchto okolností prijateľné, analýza príslušnej udalosti končí. Ak následky posudzovanej udalosti prijateľné nie sú, je potrebné navrhnuť kroky na zníženie následkov, viď nasledujúci bod.

7. Modifikácia systému s cieľom znížiť následky

Je to krok predstavujúci návrh možných úprav, ktorý by mal viesť k zníženiu následkov. Postup sa vracia späť k bodu 2, pretože je potrebné posúdiť, či úprava nemôže byť zdrojom rizika. Ak sa aj nepodarí následky eliminovať, postupuje sa na ďalší bod analýzy.

8. Odhad početnosti (pravdepodobnosti) výskytu havárie

Pokiaľ je početnosť (pravdepodobnosť) výskytu nežiaducej udalosti primerane nízka, je možné odhadnúť následky a analýza príslušnej udalosti končí. Pokiaľ je početnosť (pravdepodobnosť) výskytu neprijateľná, je potrebné hľadať cesty, ako ju znížiť (viď bod 9).

9. Modifikácia systému na zníženie početnosti výskytu havárií

V tomto kroku sa navrhujú modifikácie procesu, ktoré môžu znížiť početnosť (pravdepodobnosť) výskytu havárií... Ak sa to podarí, je potrebné postup znovu opakovať od bodu 2, v opačnom prípade sa pokračuje ďalším krokom.

10. Odhad rizika na základe početnosti havárií a ich následkov

Pokiaľ je relácia medzi početnosťami a následkami prijateľná alebo sa podarilo nájsť stratégiu na zníženie rizika, tak bola analýza rizika postupom CPQRA úspešná a postup končí. Pokiaľ je riziko neprijateľné, je potrebné postúpiť k bodu 11.

11. Modifikácia systému – zníženie rizika

Je potrebné navrhnuť také úpravy, ktoré umožnia riziko znížiť, navrhujú sa zásadné zmeny v procese, menia sa požiadavky na proces. Ak je to nutné, mení sa aj celá stratégia zámeru.

4. ZHODNOTENIE MOŽNOSTÍ APLIKÁCIE METODÍK

Smernica Seveso II, ako vyplýva z jej názvu a obsahu, je zameraná predovšetkým na prevenciu a pripravenosť podnikov s prítomnosťou vybraných nebezpečných látok na závažnú haváriu, teda na vytvorenie technických, administratívnych a organizačných predpokladov na rozpoznanie a rýchlu a efektívnu likvidáciu, resp. obmedzenie následkov závažných havárií. Smernica, podobne ako aj pripravovaný zákon SR o závažných haváriách ustanovuje na splnenie vyššie uvádzaných cieľov určité povinnosti prevádzkovateľa rizikovej technológie, medzi ktoré patrí aj vypracovanie bezpečnostnej správy obsahujúcej analýzu a zhodnotenie rizík závažnej havárie.

Smernica Seveso II nepredpisuje členským krajinám EÚ žiadnu metodiku pre tieto analýzy rizík, tj. jednotlivé krajiny sa môžu rozhodnúť sami aké postupy hodnotenia rizík budú u nich uplatnené a v akom rozsahu. Zo samotnej požiadavky na zhodnotenie rizík však jednoznačne vyplýva, že jedinou cestou pre objektívne a porovnateľné zhodnotenie rizík je cesta aplikácie kvantitatívnych metód hodnotenia rizík závažnej havárie (QRA), čo si už uvedomila veľká časť krajín EÚ a postupne ich zavádza do svojej legislatívy v tejto oblasti, hlavne pre nové projekty (v procese územného plánovania).

Nedostatkom tradičných metód hodnotenia nebezpečenstva a rizík (CLA, ...) je, že neposkytujú dostatočnú predstavu o nebezpečenstve, ktoré by mohlo nastať v iných možných situáciách. Výhodou metódy HI je napríklad jej jednoduchá a rýchla aplikácia tak v existujúcom, ako aj v novoprojektovanom závode. Je pružná a môžu ju použiť aj nešpecialisti. Neudáva však žiadnu informáciu o tom, ako často sa môžu jednotlivé prípady vyskytnúť (početnosť).

Základným predpokladom vhodnosti použitia HAZOP-u je, že projekt je vypracovaný pre „normálne“ prevádzkové podmienky, takže nebezpečenstvo alebo prevádzkové problémy môžu nastať iba vtedy, ak dôjde k zmene týchto podmienok.

Pri použití analýzy vplyvov porúch FMEA a ich následkov sa môžu prejaviť nasledovné nedostatky:

- z pohľadu životnosti komponentov,
- z pohľadu nespracovania mnohonásobných porúch,
- z pohľadu pôsobenia skrytých chýb.

Existuje celá rada prevádzkových operácií, ktoré sa navzájom líšia. Môže sa teda stať, že záznam porúch a následkov sa veľmi rozrastie (záznam pre rozbiehanie, odstavovanie, bežná prevádzka apod.).

Snáď najväčšou nevýhodou tejto metódy je, že sa študujú a dokumentujú všetky možné poruchy komponentov, teda aj tie, ktoré nemajú závažné následky.

Analýza pomocou stromu porúch - FTA patrí k najčastejšie používaným spôsobom na vyhodnocovanie spoľahlivosti systémov, avšak taktiež nie je komplexná. Tento postup poskytuje stručný, usporiadaný a prehľadný popis možných porúch vo vnútri systému, ktoré môžu viesť k vopred definovanej nežiadúcej udalosti. Práve tieto vlastnosti zaručujú perspektívnosť tejto metódy.

Analýzou stromu porúch teda vytvoríme prehľadné a systematické vizuálne zobrazenie, z ktorého je na prvý pohľad zrejmé, akým spôsobom prispievajú jednotlivé základné prvky k poruchovosti systému.

Metóda FTA sa môže použiť tak na kvalitatívnu, ako aj kvantitatívnu analýzu, umožňuje pomerne jednoduché vyhľadanie „slabých miest“ systému a odhalí aspekty dôležité z hľadiska spoľahlivosti. Je osvedčeným, dobre prepracovaným postupom užitočným v oblasti projektovania a prevádzkovania technologických procesov, a aj preto sa vyskytuje vo všetkých moderných prístupoch k hodnoteniu rizika.

Komplexná metodológia CPQRA predstavuje súhrn čiastkových metód a postupov navrhnutých v oblasti bezpečnostného inžinierstva na identifikáciu a hodnotenie nebezpečenstva, odhad následkov a komplexnú analýzu rizika. Metodológia zároveň doporučuje postup, ako cieľ postupne dosiahnuť. Neuvádza však, ktorú z metód na realizáciu čiastkových krokov použiť, voľba závisí, ako už bolo povedané, od rozsiahleho súboru faktorov.

Z uvádzaných skutočností je zrejmé, že ani u nás, ani v EÚ neexistuje univerzálny nástroj pre unifikované riešenie problematiky hodnotenia rizík závažných havárií. Najbližšie k tomuto nástroju je metodológia CPQRA, a preto aj spracovateľ projektu v maximálne možnej miere využil jej poznatky a postupy pri tvorbe v nasledujúcej kap. 5 prezentovanej metodiky.

Na záver tejto časti projektu je potrebné uviesť skúsenosti z používania uvádzaných metód pre hodnotenie nebezpečenstva a rizík, z hľadiska ich skriningového výberu a ich vhodnosti, či nevhodnosti aplikácie počas sledovaného technického života výrobných a skladových prevádzok, tj. od výskumu, cez projekciu, výstavbu, prevádzku až po ich zrušenie:

- výskum a vývoj (RR, PHA, What If Analysis),
- koncepčný návrh a projektový zámer (CA, RR, What If Analysis + CA),
- predprojektová príprava (CA, PHA, What If, HAZOP, FMEA, FTA, ETA, CCA, HRA),
- detailný projekt (CA, PHA, What If, HAZOP, FMEA, ETA, FTA, CCA, HRA),
- konštrukcia a nábeh (SR, CA, What If + CA, HRA)
- prevádzkové jednotky (SR, CA, What If + CA, HAZOP, FMEA, FTA, ETA, CCA, HRA),

- rozšírenie a modifikácia (SR, CA, RR, PHA, PAA, What If + CA, HAZOP, FMEA, FTA, ETA, CCA, HRA),
- objasňovanie nehody (What If + CA, HAZOP, FMEA, FTA, ETA, CCA, HRA),
- zrušenie a odstraňovanie (CA, PAAG, What If + CA).

Z uvedeného je zrejmé, že pri neregulovaní použitia príslušných metód pre hodnotenie rizík závažných havárií, z hľadiska požiadaviek pripravovaného zákona o závažných haváriách mohlo by dôjsť k tomu, že jednotliví prevádzkovatelia by si vybrali tie metodiky, ktoré by boli pre nich liberálnejšie, tj. umožňovali im napríklad vyhnúť sa riešeniu určitých problémov.

Práve posledne uvádzaný problém sa snaží eliminovať jednotný metodický postup popísaný v nasledujúcej časti projektu.

5. PRAVDEPODOBNOSTNÝ PRÍSTUP K HODNOTENIU RIZIKA

V predchádzajúcej časti práce bolo poukázané na výhody a nevýhody súvisiace s aplikáciou prezentovaných metód pre odhady a zhodnotenia nebezpečenstva a rizika závažných havárií.

V nasledujúcom postupe je popísaná metodika, ktorá vytvára formálny komplexný systém pre posudzovanie a riadenie rizík, založená na aplikácii navzájom prepojených metód pravdepodobnostného (kvantitatívneho) posudzovania rizík, tj. na aplikácii osvedčených metód FTA, HTA (ETA), CCA, HRA a QRA (CPQRA), ktoré sú navzájom prepojené logickými väzbami, takže vytvárajú jednotný, komplexný a hlavne použiteľný nástroj pre analýzu a hodnotenie rizík.

Aj keď obecne, v podmienkach SR, je v tomto prípade možné hovoriť o modernom prístupe k systémovému rizikovému manažmentu, tento prístup sa úspešne využíva vo svete už od začiatku 70-tych rokov, hlavne pre hodnotenie rizika prevádzky bezpečnostných a redundantných (záložných) systémov a technológií, energetických, jadroveoenergetických, petrochemických, chemických a špeciálnych prevádzok (letecký a vojenský priemysel, informatika, telekomunikácie ap.).

V SR sa tento prístup rozvinul v 80-tych rokoch hlavne pre potreby jadroveoenergetického komplexu a v 90-tych rokoch aj pre potreby petrochémie.

Základy prístupu boli položené už v 40-tych rokoch nášho storočia. Rozvojom spoľahlivostného inžinierstva (hlavne pre vojenské účely), neskôr v 60-tych rokoch sa vo výskumných laboratóriách telekomunikačnej firmy Bell (USA) vyvinula metóda "stromu porúch" (FTA) a v 80-tych rokoch sa rozvojom jadrového priemyslu rozvinuli všetky možnosti tohto prístupu pri spracovaní bezpečnostných štúdií označovaných ako "Probabilistic safety assessment (PSA) - Pravdepodobnostné hodnotenie bezpečnosti) 1. úrovne (stanovenie pravdepodobnosti výskytu závažnej havárie).

PSA, resp. PRA (Probabilistic Risk Assessment – Pravdepodobnostné hodnotenie rizika) sa v priebehu niekoľkých rokov stalo vo svete alternatívnou metodológiou pre identifikáciu a kvantifikáciu rizika (alternatívna voči zaužívaným deterministickým a legislatívnym postupom) a v súčasnosti sa využíva ako vysoko efektívny nástroj hlavne pri kvantifikácii priemyselných rizík (chemický priemysel, jadroveoenergetický priemysel, letecký priemysel, preprava nebezpečných látok, ap.).

Prezentovaný postup je formálnym detailným oboznámením sa s metodikou PSA, tj. prezentuje sa jednotný, systematický a komplexný nástroj, ktorý pri aplikácii na konkrétnu technológiu sa ukazuje ako vysoko účinný nástroj kontroly a ďalšieho zvyšovania priemyselnej bezpečnosti. Pre komplexnú aplikáciu prístupu, v rozsahu požiadaviek pripravovaného zákona o závažných haváriách, je potrebné splniť celý

rad vstupných predpokladov, ktoré v niektorých prípadoch sú zatiaľ u nás nedostatočne rozvinuté (napr. "kultúra prevádzkovania", zber informácií o poruchách a spoľahlivosti zariadení, legislatíva ap.). Je zrejmé, že pri zložitých chemických a petrochemických technológiách v SR potrvá ešte niekoľko rokov, kým sa stretneme s komplexnou štúdiou PSA iných ako jadrovoenergetických zariadení, pre ktoré je už Úradom jadrového dozoru SR požadovaná.

Je potrebné však zdôrazniť, že jedná sa o komplexnú metodológiu, ktorá využíva všetky osvedčené a zaužívané metódy kvantitatívnej analýzy rizík. Z uvedeného je zrejmé, že aj keď v predchádzajúcej časti (viď kap. 3) práce bola dosť detailne prezentovaná metodika HAZOP, ktorá je určitým štandardom v oblasti kvalitatívneho hodnotenia rizík v chemickom priemysle, a z ktorej sa mnoho postupov prevzalo aj do metód FTA a ETA, jej dôsledné použitie v tejto oblasti, tj. v oblasti hodnotenia rizík závažných havárií sa ukázalo ako neefektívne.

Vo svete je totiž už celkom normálne, že rizikové technológie a činnosti môžu byť prevádzkované, resp. realizované len za predpokladu ich akceptovania verejnosťou a zároveň aj poisťovacími spoločnosťami. Bez poistenia nie je možné prevádzkovať rizikové technológie, aj keby boli akceptované verejnosťou.

Práve nemožnosť kvantifikácie rizík pri použití metodiky HAZOP vylúčila jej aplikovateľnosť v tejto oblasti.

PSA obecné sleduje nasledovné ciele :

- identifikovať potenciálne riziká,
- kvantifikovať (stanoviť početnosť, pravdepodobnosť, resp. frekvenciu výskytu) identifikovaných rizík,
- systematicky analyzovať projekt, prevádzku, údržbu, havarijné plány ap.,
- identifikovať slabé miesta v sledovaných systémoch,
- navrhovať nápravné (preventívne) opatrenia, ap..

Z týchto cieľov je zrejmé, že sú prakticky identické v určitej časti aj s cieľmi metodiky HAZOP, ako aj so sledovanými cieľmi v rámci požiadaviek Smernice Seveso II a pripravovaného zákona SR o závažných haváriách na hodnotenie rizík závažných havárií, avšak v určitých oblastiach idú nad rámec súčasných požiadaviek.

V pravdepodobnostných metodikách hodnotenia rizík je totiž veľmi dobre známa skutočnosť, že výsledné sumárne riziko "bežných" (častých) nežiadúcich udalostí s veľkou pravdepodobnosťou vzniku, ale s malými následkami, na ktoré sa prevádzkovatelia rizikových technológií poisťujú je často zanedbateľné oproti špecifickému riziku vyplývajúcemu z výskytu takmer nepravdepodobnej závažnej havárie, tj. z udalosti (javu) s minimálnou pravdepodobnosťou vzniku (na úrovni 10^{-10} až 10^{-15} udalostí/rok), ktorej následky sú však katastrofické, a preto sa na ne prevádzkovatelia rizikových technológií pokiaľ nemusia nepoisťujú.

Práve uvedená skutočnosť poukazuje na jednoznačnú výhodu aplikácie pravdepodobnostných analýz a hodnotení rizík závažných havárií, ktoré bez problémov umožňujú analyzovať akékoľvek (aj celkom nepravdepodobné) iniciačné udalosti (napr. aj pád meteoritu na rizikovú prevádzku ap.) a odozvy reálnych systémov na vznik porúch v systéme a ich potenciálne prerastanie do závažnej havárie.

Uvádzaný integrovaný prístup hodnotenia je založený na riešení piatich hlavných úloh, ktoré sú popísané v nasledujúcom texte a zachytené na postupovom diagrame na obr. 1. Jedná sa o tieto hlavné úlohy :

- analýzy havarijných a udalostných reťazcov,
- systémové analýzy,

- analýzy údajov,
- analýzy spoľahlivosti ľudského činiteľa,
- analýzy vonkajších udalostí.

Jednotlivé hlavné úlohy sa skladajú z niekoľkých vzájomne prepojených čiastkových úloh. Prvé dve čiastkové úlohy každej hlavnej úlohy sú príprava návodov a zaškolenie na využívanie návodov (PSA vyžaduje dokonale spracovanú písomnú dokumentáciu, podobne ako HAZOP), potom už nasledujú "technické" úlohy.

Ako základ na prípravu návodov slúžia návrhy spracované na základe doporučení zvonku (napr. spolupráca s odbornou konzultačnou firmou). Návody majú obsahovať detailne inštrukcie na vykonanie a zdokumentovanie prác a identifikáciu náväzností na iné úlohy. Pri zaškolení je cieľom oboznámiť sa s analytickými metódami úlohy, vstupmi a požiadavkami na dokumentáciu.

Prezentovaný postup je určitou "kuchárkou" pre potreby rizikového manažmentu. Jeho cieľom nie je naučiť ako sa robí PSA štúdia, ale čo je potrebné k tomu, aby sa objektívna a vieryhodná PSA mohla robiť a aby bola plne transparentnou (kontrolovateľnou a porovnateľnou).

Sú prezentované základné postupy a zručnosti, ktoré sú potrebné k vedeniu kolektívov pracujúcich na PSA štúdiu, pretože ich úlohou bude práve riadenie týchto kolektívov, obdobne ako pri HAZOP-e (viď časť 3.5.2), ale zároveň tieto postupy umožňujú kontrolným orgánom, teda aj štátnej správe skontrolovať správnosť a úplnosť analýzy.

Len kvalitná riadiaca a kontrolná práca rozhoduje o kvalite a vieryhodnosti realizovanej PSA. PSA potrebuje hlavne kvalitné vstupy (informácie) a tie sa dajú získať len na "kultúrne" prevádzkovaných technológiách.

Pretože u nás ešte stále nie sú vytvorené legislatívne predpoklady pre vstup odbornej, ale aj laickej verejnosti do procesu schvaľovania výstavby rizikových technológií, je potrebné práve rozvojom ľudských zdrojov u prevádzkovateľov týchto technológií a ich kontrolných orgánov vybudovať spoločnú morálnu zodpovednosť za verejnú akceptovateľnosť (prijateľnosť) rizika, ktoré plynú z potenciálnych nehôd a havárií.

Predkladaný metodický postup obsahuje detailné inštrukcie na vykonanie a zdokumentovanie prác a identifikáciu náväzností na iné úlohy. Pri zaškolení je cieľom oboznámiť sa s analytickými metódami úlohy, vstupmi a požiadavkami na dokumentáciu.

Cieľom predkladaného projektu je predovšetkým predstaviť ucelenosť metodiky PSA, jej detailnosť a zároveň poukázať na nevyhnutnosť systémovej a komplexnej práce pri príprave takejto analýzy, pokiaľ majú byť dosiahnuté vieryhodné výsledky. Práca zároveň poukazuje aj na rôznorodé možnosti využitia výsledkov PSA štúdie, hlavne pre potreby havarijného plánovania, štátneho dozoru a poisťovníctva.

5.1 ANALÝZA HAVARIJNÝCH A UDALOSTNÝCH REŤAZCOV

V tejto časti práce je pozornosť venovaná popisu analýzy havarijných a udalostných reťazcov, ktorá sa skladá z nasledovných krokov:

- z analýzy iniciačných udalostí,
- z analýzy kritérií úspešnosti systémov,
- z konštrukcie a analýzy stromov udalostí,
- z kvantifikačnej analýzy,
- z analýzy stavu poškodenia zariadení.

Postupový diagram pre analýzu havarijných reťazcov je na obr. 2.

5.1.1 Analýzy iniciačných udalostí

Cieľ: Identifikácia výskytu tých udalostí, ktoré narušia prevádzkové podmienky, vyžadujú havarijné odstavenie, obmedzenie prevádzky a preventívne opatrenia na zabránenie resp. zníženie úniku produktov, resp. zabránenie či obmedzenie rozsahu poškodenia zariadení.

Popis úlohy: Identifikácia vnútorných iniciačných udalostí

V tejto úlohe sú identifikované vnútorné iniciačné udalosti (poruchy a havárie), ktorých rozvoj (rozšírenie sa) môže viesť k vzniku závažnej havárie. Vonkajšie iniciačné udalosti ako požiare (aj vnútorné požiare sú ponímané ako externé udalosti), záplavy, seizmické udalosti, ap. sú identifikované v časti analýz vonkajších udalostí).

Táto úloha má sedem čiastkových úloh, pričom ako bolo konštatované vyššie, prvé dve čiastkové úlohy sa dotýkajú prípravy návodu a zaškoleniu na využívanie návodu na analýzy iniciačných udalostí. Postupový diagram je zachytený na obr. 3.

Prvým dvom čiastkovým úlohám je potrebné venovať zvýšenú pozornosť, pretože nedôslednosť v týchto krokoch môže viesť k nezvládnutiu analýzy. Analýza je totiž realizovaná riešiteľským kolektívom, ktorý pozostáva z inžinierskych pracovníkov, ale aj pracovníkov z prevádzky, ktorým musí byť jasné, čo sa od nich očakáva (obdobne ako pri HAZOP-e).

Čiastková úloha 3 - Zostavenie zoznamu iniciačných udalostí (vývoj pracovného balíka)

Zoznam iniciačných udalostí je zostavený na základe nasledovných informácií:

- existujúce alebo pripravované štúdie PSA pre podobné technológie a systémy,
- špecifické informácie, ktoré môžu napr. zahŕňať predpisy na likvidáciu poruchových stavov,
- prevádzkové bezpečnostné správy a popis pomocných systémov (pre špeciálne iniciačné udalosti),
- obecné štúdie o iniciačných udalostiach.

Iniciačné udalosti je však možné zostavovať aj na základe teoretického prístupu, ktorý vychádza z určitých zovšeobecnených pracovných balíkov, ktoré sa aplikujú na konkrétnu technológiu. Je dobré už v tomto ktoku spolupracovať s prevádzkou, pretože sa môžu hneď vyšpecifikovať určité majoritné iniciačné udalosti.

Čiastková úloha 4 - Identifikácia iniciačných udalostí prechodových javov

Generické iniciačné udalosti prechodových javov sú v tejto čiastkovej úlohe porovnané s informáciami na identifikáciu potenciálnych iniciačných udalostí. Prechodový jav je pritom ponímaný ako určitý neštandardný stav systému, alebo zariadenia, ktorý môže viesť k výpadku (poruche) systému. Keď je k dispozícii história prevádzky, potom bude slúžiť na identifikáciu udalostí prechodových javov.

Navyše logické diagramy musia byť vyvinuté na overenie, že boli identifikované všetky prechodové iniciačné udalosti.

Čiastková úloha 5 - Identifikácia špeciálnych iniciačných udalostí

Pre mnohé systémy sú charakteristické špeciálne iniciačné udalosti, ktoré sa môžu vyskytnúť len na týchto systémoch, z rôznych dôvodov. Preto sa často napríklad urobí prehľad pomocných zabezpečovacích systémov na identifikáciu špeciálnych iniciačných udalostí, ktoré narúšajú prevádzkové podmienky. Keď je k dispozícii história prevádzky využíva sa práve aj na identifikáciu špeciálnych iniciačných udalostí.

Čiastková úloha 6 - Tvorba skupín iniciačných udalostí

Po vytvorení zoznamu iniciačných udalostí sa vytvoria skupiny iniciačných udalostí s rovnakým vplyvom. Bezpečnostné funkcie (im prislúchajúce kritériá úspešnosti), potrebné na zmiernenie priebehov iniciačných udalostí, resp. na zastavenie ich rozvoja slúžia ako základ pre zoskupovanie iniciačných udalostí.

Čiastková úloha 7 - Dokumentácia iniciačných udalostí

Informácie pozbierané v tomto kroku budú na záver zhrnuté v správe o iniciačných udalostiach, ktorá tak predstavuje ucelený dokument z tejto celej úlohy. Zároveň táto správa umožňuje rýchlu a detailnú kontrolu vykonaných prác.

Vstupy a predbežné požiadavky

- Vstupy pre analýzy iniciačných udalostí zahrňujú :
- popisy systémov,
 - prevádzkovú bezpečnostnú správu prevádzky (zariadenia),
 - prevádzkový predpis na likvidáciu poruchových stavov,
 - kritéria úspešnosti systémov,
 - analýzy prechodových javov a havárií s únikmi,
 - záznamy o histórii prevádzky (napr. záznamy o pôsobení havarijnej ochrany a poruchové hlásenky),
 - všeobecné správy a štúdie o iniciačných udalostiach,
 - zaužívané firemné postupy, ap..

Výstupy

Výsledkom analýz iniciačných udalostí je správa o iniciačných udalostiach a skupiny iniciačných udalostí vstupujúce do konštrukcie stromov udalostí.

5.1.2 Analýzy kritérií úspešnosti

Cieľ: Posúdiť schopnosť bezpečnostne významných systémov, resp. systémov dohliadajúcich na bezpečnosť prevádzky úspešne potlačiť nežiadúce havarijné sekvencie, resp. zmierniť ich potenciálne následky pri degradácii určitých prevádzkových podsystémov a komponentov.

Popis úlohy: Úloha analýzy kritérií úspešnosti je zložená z čiastkových úloh, ktoré vedú k deterministickej analýze chovania sa analyzovaných systémov, potrebných na zabránenie poškodeniu iných systémov a zariadení pre široké spektrum iniciačných udalostí. Predpokladá sa využitie počítačového softwaru na riešenie tejto úlohy formou napr. termohydraulických analýz, ap., ale analýza je realizovateľná aj manuálne.

Úloha sa skladá z čiastkových úloh zachytených na obr. 4, prvé dve čiastkové úlohy nie sú ďalej popisované.

Čiastková úloha 3,4 - Termohydraulické analýzy

V závislosti od požiadaviek na analyzované systémy sa vykonajú napríklad termohydraulické analýzy za účelom určenia kritérií úspešnosti bezpečnostných systémov. V tomto kroku sa však môžu realizovať aj ďalšie systémové analýzy, ktoré zhodnocujú možné vplyvy bezpečnostných systémov na prevádzku v čase výskytu poruchy, či havárie, tj. zhodnotí sa potenciálna efektívnosť týchto systémov potlačiť, lokalizovať, či eliminovať následky poruchy (havárie).

Čiastková úloha 5 - Určenie kritérií úspešnosti

Kritéria úspešnosti sa určia z analýz iniciačných udalostí v prepojení na popisy systémov a zariadení.

Vstupy a predbežné požiadavky

- Vstupy na určenie kritérií úspešnosti zahrňujú :
- zoznam udalostí z úlohy analýz iniciačných udalostí,
 - popisy systémov (viď úlohu o systémových analýzach),
 - súčasné havarijné operačné postupy,
 - operačné postupy pri abnormálnych (nadprojektových) udalostiach,
 - projekt, informácie od prevádzkovateľa, stavebné výkresy, atď..

Výstupy

Vyžaduje sa vypracovanie aspoň minimálnej skupiny komponentov a systémov, potrebných pre každú iniciačnú udalosť k tomu, aby sa zabránilo napr. potenciálnemu úniku nebezpečných produktov, nevratnej deštrukcii zariadenia, ap.. Výsledkom prác je súhrn správa o kritériách úspešnosti.

5.1.3 Analýza stromov udalostí

Cieľ: Určenie tých rozvojových reťazcov iniciačných udalostí, ktoré potenciálne môžu viesť k vrcholovej udalosti.

Popis úlohy: Stromy udalostí sú logické diagramy na úrovni systémov, ktoré popisujú reťazce následných udalostí po výskyte iniciačnej udalosti. Cieľom vyvíjania stromov udalostí je definovanie všetkých možných kombinácií úspešných

a neúspešných reakcií systémov na iniciačnú udalosť. Analýza stromov udalostí sleduje úspešnosť alebo neúspešnosť každého systému až do výskytu vrcholovej (tzv. "TOP") udalosti.

Postup analýzy, ako aj vstupy a výstupy v každom kroku sú znázornené na obr. 5.

Riešenie tejto úlohy sa skladá z týchto čiastkových úloh (prvé dva kroky riešenia nie sú už opakované) :

Čiastková úloha 3 - Identifikácia stromov udalostí

V analýzach iniciačných udalostí musia byť identifikované všetky známe iniciačné udalosti, pre ktoré sa v tomto kroku zostavujú samostatné stromy udalostí.

Čiastková úloha 4 - Identifikácia a zoradenie vrcholových stromov udalostí

Identifikácia a zoradenie vrcholových udalostí pre každý strom udalostí sa realizuje na základe rozlíšenia ich funkcie a ich kritérií úspešnosti, vyžadujúcich zmiernenie (likvidáciu) iniciačných udalostí. Systémy, ktoré sú požadované na uskutočnenie požadovanej funkcie sa tak dostávajú do vrcholových udalostí.

Čiastková úloha 5 - Konštrukcia počiatočných systémových stromov udalostí

Zostrojí sa strom udalostí pre každú skupinu iniciačných udalostí načrtnutím havarijných reťazcov. Strom udalostí musí byť zostrojený pre každú skupinu iniciačných udalostí alebo kategóriu, pretože každá skupina je vlastne zostavená na základe osobitej skupiny kritérií úspešnosti. Preto každá skupina iniciačných udalostí, alebo kategória každej skupiny je založená na osobitnej skupine pripravených kritérií úspešnosti, z toho je zrejmá aj náväznosť úloh. Preto každý strom má osobitú štruktúru, ktorá odráža rozličné systémové požiadavky zmiernenia následkov iniciačných udalostí (napr. kritérií úspešnosti). Objasnenia havarijných reťazcov, kritérií úspešnosti a systémových závislostí sú inkorporované do vetiev stromu na základe úspešnosti a porúch (zlyhaní) využívajúc primerané vrcholové udalosti, až kým iniciačná udalosť je alebo zmiernená (lokalizovaná), alebo jej výsledkom je nežiadúci stav (havária, či výpadok systému).

Čiastková úloha 6 - Zjednodušenie stromov udalostí

Z vyššie uvedenej čiastkovej úlohy je zrejmé, že zložité systémy a zariadenia môžu viesť pri analýze k vytvoreniu množstva stromov udalostí a tým aj k značnému zneprehľadneniu ich kontroly. Každý strom udalostí musí byť preto opätovne prehliadnutý, či jeho štruktúra nemôže byť zjednodušená, vzhľadom na obsiahnuté systémové závislosti. Toto zjednodušenie je obvykle uskutočnené preorganizovaním poradia vrcholových udalostí. Možno konštatovať, že to nie je možné len na základe ľubovoľných rozhodnutí; uskutočneniu takéhoto zjednodušenia treba venovať veľkú pozornosť, súslednosť vývoja je totiž stále rovnaká a chyby v tomto kroku sa potom prenášajú ďalej.

Čiastková úloha 7 - Identifikácia transferov stromov udalostí

Musia byť identifikované transfery na rozličné stromy udalostí. Po iniciačnej

udalosti a poruche a v dôsledku iných udalostí sa v niektorých prípadoch kritérium úspešnosti pre iniciačnú udalosť zmení, a tým sa zmení aj postupnosť udalostí oproti počiatočne definovanej. Vzhľadom k tomu, postupnosť bude transferovať na iný strom udalostí. Ak zmenené kritériá úspešnosti sú rovnaké ako tie, ktoré sa vyžadovali pre jednu alebo viaceré iniciačné udalosti, postupnosť je transferovaná na pôvodné stromy udalostí. Ak kritériá nie sú rovnaké pre niektoré iniciačné udalosti, potom je požadovaný neporušený nový strom udalostí.

Čiastková úloha 8 - Finalizácia stromov udalostí

Musí byť skonštruovaný nový, finálny strom udalostí, vypracovaný na základe výsledkov čiastkovej úlohy 7.

Modely stromov udalostí pri prevádzke zariadenia na nominálnom (plnom, resp. projektovom) výkone budú zdokonalené vzhľadom na rozdielne iniciačné udalosti a kritériá úspešnosti. Tieto stromy udalostí budú vyvinuté, zdokumentované a kvantifikované v určitom zmysle porovnateľnom so stromami udalostí pre prevádzku na nominálnom výkone.

Ak je to napr. potrebné musia byť vyvinuté nové stromy udalostí, zobrazujúce možné poradie udalostí, aj pre málo pravdepodobné nehody. Tieto stromy budú uvažovať možné stavy prevádzky, úvahy z analýz kritérií úspešnosti a skupín iniciačných udalostí pre prípady odstávok a opráv definovaných skôr, ap..

Čiastková úloha 9 - Dokumentácia stromov udalostí

Do pracovného súboru budú zozbierané upravené informácie pre každý druh uvažovanej prevádzky. Tento balík bude pracovným súborom pre analytikov. Z balíka je separovaná samostatná správa o stromoch udalostí, v ktorej budú zdokumentované podrobné informácie o skúmaných udalostiach, poskytujúce námet na diskusiu o každom strome udalostí, kde sa opisuje aj podrobný vývoj havárie, pridružený ku každému havarijnému reťazcu.

Vstupy a predbežné požiadavky

- Vstupy pre úlohy na určenie stromov porúch zahrňujú:
- zoznam udalostí z úlohy analýz iniciačných udalostí,
 - systémy zmierňujúce následky iniciačných udalostí a kritériá úspešnosti z úlohy analýz,
 - kritérií úspešnosti,
 - popisy systémov (viď úlohu o systémových analýzach),
 - súčasné havarijné operačné postupy,
 - operačné postupy pri abnormálnych udalostiach,
 - prechodové procesy a analýzy,
 - prechodové procesy a analýzy na obdobných zariadeniach.

Výstupy (výsledky)

Výsledkom sú systémové stromy udalostí zobrazujúce havarijné reťazce pre každú skupinu iniciačných udalostí.

5.1.4 Kvantifikačné analýzy

Cieľ: Výpočet početnosti (frekvencie) výskytu havarijných reťazcov na základe analýzy vnútorných a vonkajších iniciačných udalostí.

Popis úlohy: Úloha kvantifikačných analýz musí obsahovať kvantifikáciu a odhad všetkých frekvencií havarijných reťazcov a taktiež analýzy neurčitosti. Pri riešení tejto úlohy sa predpokladá využitie softwaru kompatibilného s personálnymi počítačmi. Kvantifikačný proces, ako aj vstupy a výstupy spojené s každým krokom sú zobrazené na obr. 6.

Riešenie tejto úlohy sa skladá z nasledujúcich desiatich čiastkových úloh:

Čiastková úloha 1 - Príprava postupu technických analýz pre kvantifikačné analýzy

Čiastková úloha 2 - Zaškolenia na kvantifikáciu postupu technických analýz

Čiastková úloha 3 - Kvantifikácia systémových modelov

Každý systémový model (aj preberaný) musí byť zvlášť kvantifikovaný, jednak s podpornými systémami (ak ich vyžaduje), ako aj bez nich.

Čiastková úloha 4 - Kvantifikácia vnútorných havarijných reťazcov

Systémové modely musia byť integrované do modelov havarijných reťazcov a kritických rezov, generovaných pre každý vnútorný havarijný proces, v ktorom je iniciovaná havária ohrozujúca prevádzku. Postupy, automaticky generujúce kritické rezy, uvažujú priame chyby a chyby pomocných systémov, ako aj úspešnosť každého havarijného reťazca, čo je zrejmé z obr. 6.

Kvantifikácia sa môže realizovať aj ručne, avšak v súčasnosti sú pre tieto účely využívané hlavne dva softwarové balíky :

- výpočtový program RISK SPECTRUM (od švédskej firmy RELCON),
- výpočtový program IRRAS (od amerického INEL - Idaho National Engineering Laboratory).

Oba programy pracujú s prakticky rovnakými systémovými modelmi, rozdiel je len v užívateľskom komforte, ktorý bol doposiaľ o niečo lepší pri švédskom programe.

Čiastková úloha 5 - Analýzy reakcií prevádzky a možnosti obnovy

Počiatkové kritické rezy musí prezrieť pracovný tím, ktorý sa skladá z odborníkov zaoberajúcich sa stromami udalostí, stromami porúch, analýzami spoľahlivosti ľudského činiteľa a kvantifikačnými otázkami. Musia v ňom byť aj pracovníci analyzovanej prevádzky, čo je často zabúdané, a preto vznikajú aj závažné chyby.

Potreba zväčšiť modely havarijných reťazcov a systémové modely sa často objaví už počas vypracovávania počiatkovej správy o kritických rezoch, vyžadujúcich regeneráciu kritických rezov využívajúc pritom automatizovaný proces z čiastkovej úlohy 4, avšak často až vstup pracovníkov z prevádzky napomôže upresniť aj dôležité sekvencie. Ak tím, prezerajúci kritické rezy rozhodne, že kritické rezy sú už správne, budú potom inkorporované operátory okamžitej odozvy personálu

a regenerácie. Ohodnotenie činnosti prevádzkového personálu však musí byť realizované v analýzach spoľahlivosti ľudského činiteľa.

Čiastková úloha 6 - Kvantifikácia záverečných dominantných havarijných reťazcov

Havarijné reťazce musia byť kvantifikované pomocou operátorov odozvy a regenerácie. Budú však zaznamenané len havarijné reťazce s frekvenciami väčšími ako predpokladané (aplikované) filtrovacie hodnoty, pretože ináč by dochádzalo k často neúmernému a zbytočnému predlžovaniu výpočtov.

Čiastková úloha 7 - Kvantifikácia operačného (prevádzkového) modelu

Dominantné havarijné reťazce, identifikované v čiastkovej úlohe 6 musia sa uschovávať a integrovať do celkového modelu PSA. Tam budú tiež integrované reťazce vonkajších udalostí a bude kvantifikovaný celý model PSA.

Ako už bolo spomenuté vyššie, funkcionálne a systémové kritériá úspešnosti počas procesov vedúcich k odstaveniu prevádzky musia byť zmenené, v závislosti od postupov odstavovania zariadenia (prevádzky). Preto kvantifikácia modelov rizika musí pokračovať takým spôsobom, ktorý definuje rizikový profil v každom z rozdielnych stavov prevádzky, ktoré sa môžu vyskytnúť počas procesu likvidácie, minimalizácie havárie.

Kvantifikácia v modeloch rizika pre dlhodobé havarijné procesy, resp. procesy minimalizácie následkov havárie sa realizuje rovnakým spôsobom ako pri procesoch pri normálnej prevádzke.

Čiastkové úlohy 8, 9 - Identifikácia a realizácia analýz neurčitosti

Neurčitosti pre dominantný havarijný reťazec a stavy ohrozujúce prevádzku sú zvyčajne kvantifikované použitím metódy Monte Carlo. Analýzy modelov neurčitosti môžu vyžadovať overenie pomocou ďalších citlivostných štúdií, čo však býva oveľa náročnejšie.

Čiastková úloha 10 - Kvantifikačná dokumentácia

Do pracovného súboru musia byť zozbierané upravené informácie pre každý druh uvažovanej prevádzky. Tento súbor sa tak stane pracovným balíkom pre analytikov. Z balíka je potom separovaná samostatná kvantifikačná správa, ktorá detailne opisuje kvantifikáciu havárií (eliminovaných a uložených), základňu pre elimináciu a zachovanie, frekvencie havarijných reťazcov pred a po regenerácii, dôležité merania, celkové frekvencie výskytu a neurčitosti jednotlivých reťazcov.

Vstupy a predbežné požiadavky

Vstupy pre kvantifikáciu zahŕňujú:

- havarijné reťazce,
- modely systémových stromov porúch,
- frekvencie iniciačných udalostí,
- zložky nepohotovosti,

- pravdepodobnosti pri prevádzke predchádzajúcej havarijnú udalosť,
- pôsobenie operátorov odozvy a regenerácie a pridružené pravdepodobnosti chýb,
- stavy ohrozujúce zariadenie, resp. prevádzku,
- parametre rozdelenia a chybové faktory.

Výstupy

Havarijné frekvencie vnútorných a vonkajších iniciačných udalostí zahrňujúc s nimi spojenú distribúciu neurčitosti.

5.1.5 Analýzy stavov poškodenia zariadení

Cieľ: Definovanie výsledkov (dopadov) zoskupených havarijných reťazcov (napr. kritických rezov) s podrobnou reakciou prevádzky, t.j. so stavmi poškodenia zariadení.

Popis úlohy : Styčnou plochou medzi úrovňou 1 a úrovňou 2 samotnej PSA sú stavy poškodenia prevádzky. Každý stav poškodenia je definovaný tak, že všetky havarijné reťazce (alebo reťazce kritických rezov) pre stavy poškodenia majú podobné dôsledky, z hľadiska priebehu havárie. Stavy poškodenia musia byť definované v zhode s technickým postupom, ktorý je modifikovaný nielen podľa projektu, ale aj podľa skutkového stavu. Stavy poškodenia musia byť kvantifikované na základe kvantifikačných činností havarijných reťazcov ako pre vnútorné, tak aj pre vonkajšie udalosti.

Postupový diagram zachycujúci priebeh stavov poškodenia bloku, ako aj vstupy a výstupy spojené s každou čiastkovou úlohou je znázornený na obr. 7.

Táto úloha vyžaduje splnenie šiestich čiastkových úloh :

Čiastková úloha 1 - *Príprava postupu technických analýz pre analýzy stavov poškodenia*

Čiastková úloha 2 - *Zaškolenia na kvantifikáciu postupu technických analýz pre analýzy stavov poškodenia*

Čiastková úloha 3 - *Definícia kategórií stavov poškodenia prevádzky*

Kategórie stavov poškodenia prevádzky musia byť definované na základe úvah postupe havárie a na základe analýz havarijných reťazcov. Stavy poškodenia sú definované tak, že všetky havarijné reťazce identifikované v hladine 1 (iba pre normálnu prevádzku), môžu sa klasifikovať (zadať) v stave poškodenia. Preto proces definície stavov poškodenia prevádzky a klasifikácie havarijných reťazcov sa niekedy opakuje. Počiatočné kategórie stavov poškodenia musia byť definované koordinovane s hladinou 2 analyticky, na základe úvah o podmienkach prevádzky ako výsledku havarijných reťazcov.

Kategórie stavov poškodenia môžu byť charakterizované aj napr. vývojom a transportom nebezpečných látok, štiepných produktov, únikom plynov, ap., uvažujúc stav poškodenia prevádzky a stav poškodenia jednotlivých prevádzkových systémov.

Čiastková úloha 4 - Klasifikácia havarijných reťazcov

Všetky havarijné reťazce (iba pre normálnu prevádzku) musia byť klasifikované v skôr definovaných podmienkach. Každé jednotlivé usporiadanie kategorizačných kódov (označenie stavov poškodenia) má vlastne definovať stavy poškodenia. Reťazce s rovnakým usporiadaním kategorizačných kódov sú potom zatriedené do rovnakých stavov poškodenia.

Čiastková úloha 5 - Kvantifikácia stavov poškodenia

V tejto úlohe budú vlastne kvantifikované frekvencie stavov poškodenia. Samotná kvantifikácia bude náaľedne súčasťou úlohy kvantifikačných analýz.

Čiastková úloha 6 - Dokumentácia stavov poškodenia

Do pracovného súboru musia byť zozbierané upravené informácie pre každý druh uvažovanej prevádzky. Tento balík bude pracovným súborom pre analytikov. Z balíka je potom separovaná samostatná správa o stavoch poškodenia prevádzky, ktorá bude detailne opisovať kategórie stavov poškodenia a samotné stavy poškodenia, ako aj s nimi spojené frekvencie.

Vstupy a predbežné požiadavky

Vstupy pre úlohu o stavoch poškodenia prevádzky zahrňujú:

- popisy systémov,
- kritické rezy havarijných reťazcov,
- úvahy o stavoch poškodenia prevádzky.

Výsledky

Definícia stavov poškodenia prevádzky a získanie hodnoty frekvencie výskytu pre každý stav.

5.2 SYSTÉMOVÉ ANALÝZY

Táto časť metodického postupu opisuje technický prístup k systémovým analýzám a rozdeľuje sa na tri základné úlohy, ako je to zrejmé aj z obr. 8 :

- popisy systémov,
- analýzy stromov porúch (FTA),
- analýzy závislých porúch (CCA, resp. CMA).

Postupový diagram procesu systémových analýz zobrazený na obr. 8 poukazuje na to, že na riešenie tejto úlohy sa môžu použiť rôzne metodiky systémovej analýzy (napr. analýza vplyvov a následkov poruchy, logické diagramy, stromy úspešnosti, stromy porúch, atď.).

Na Slovensku spoločnosti, ktoré realizujú tieto analýzy (VÚJE, RELKO, ap.) využívajú hlavne metodiku "veľkého stromu porúch", v ktorej je definovaná vrcholová udalosť (obvykle najväčšia udalosť, ktorá sa môže objaviť v strome porúch). Také modely (veľmi detailné) sú však mimoriadne náročné a pre časté chyby aj málo vierohodné.

Na eliminovanie chýb v stromoch porúch sú už vyvinuté počítačové popisy systémov, ktoré sumarizujú všetky požadované informácie potrebné na ich správnu konštrukciu a tiež poskytujúce informácie potrebné pri zmenách v systémoch a pre ostatné úlohy PSA avšak, ako už bolo spomínané vyššie základným problémom týchto analýz nie je ich náročnosť, ale vytvorenie dobrých pracovných kolektívov.

5.2.1 Popisy systémov

Cieľ: Dôkladné poznanie systémov a prevádzky pre zabezpečenie dobrej detailnej analýzy.

Popis úlohy : Rozvojový diagram, opisujúci vstupy, proces a výstupy úlohy popisov systémov je zachytený na obr. 9.

Samotná úloha pozostáva z piatich čiastkových úloh :

Čiastková úloha 1 - *Príprava postupu technických analýz pre popisy systémov*

Čiastková úloha 2 - *Zaškolenia na kvantifikáciu postupu technických analýz pre popisy systémov*

Čiastková úloha 3 - *Identifikácia (vyselektovanie) systémov*

Pred konštrukciou zahájenia popisov systémov je nutné najprv identifikovať, ktoré systémy budú vyžadovať modelovanie. Systémy sú normálne selektované na základe možných prechodných iniciačných udalostí a požiadaviek systémov zmierňujúcich dôsledky prechodných javov. Konečná identifikácia všetkých požadovaných systémov vyplýva z identifikácie iniciačných udalostí a z vytvorených stromov udalostí, znázorňujúcich úspešnosť alebo poruchu dostupných systémov zmierňujúcich následky pre všetky možné typy prevádzky.

Čiastková úloha 4 - *Zber informácií*

Musia byť zozbierané informácie, ktoré sa týkajú samotných systémov, ako aj ich pomocných systémov. Zozbierané informácie musia byť postačujúce pre celý rozsah PSA, a preto musia obsahovať:

- systémové informácie (funkcia a prevádzka systémov obsahuje konfiguráciu systémov, informácie o činnosti systémov, zvlášť za havarijných podmienok; automatické a ručné ovládanie činnosti systémov, umiestnenie komponentov systémov, styčné plochy a závislosti systémov, ap.),
- identifikáciu potrebných podporných systémov pre úspešné pôsobenie systémov,
- systém prevádzkových kontrol, testov a obhliadok,
- určité informácie sa zvyčajne nemôžu sa získať len z dokumentácie, ale musia byť získané obhliadkou.

Čiastková úloha 5 - *Informačná dokumentácia*

Informácie, zozbierané v čiastkovej úlohe 3 musia byť zdokumentované a zoradené pre každý systém do popisov systémov. Tieto popisy systémov sa stanú určujúcim zdrojom pre rôzne úlohy PSA. Skúsenosť ukazuje, že s popismi systémov je lepšie zaobchádzanie ako s pracovnými dokumentami, pretože s pridanými novými

dôležitými informáciami, alebo zmenami, ktoré sa nenahrádzajú v rôznych úlohách PSA, tieto systémové informácie sa potom uchovávajú v aktualizovanom pracovnom zozname, čo je mimoriadne dôležité pre dosiahnutie vieryhodnosti PSA. Na konci projektu informácie z pracovného zoznamu budú pričlenené do konečných popisov systémov, takže nemôže dôjsť k vážnejším chybám.

Vstupy a predbežné požiadavky

Vstupy na určenie popisov systémov zahrňujú:

- požiadavky úlohy PSA,
- na zahrnutie do popisov systémov sú identifikované všetky potrebné systémové informácie,
- informácie o prevádzke,
- špecifické informácie o prevádzke (zahrňujú výkresy potrubí, diagramy funkčnej kontroly,
- prevádzkové predpisy, technické špecifikácie, havarijný operačný postup, operačný postup pri abnormálnych udalostiach,
- výkresy elektrického napájania a projektové výkresy, ap.),
- iné špecifikácie.

Výsledky

Výsledná skupina popisov systémov obsahuje informácie, vyžadované na uskutočnenie PSA.

5.2.2 Analýzy stromov porúch

Cieľ: Vyvinúť modely systémov stromov porúch, vyžadovaných na kvantifikáciu frekvencií rôznych havarijných reťazcov, definovaných v PSA.

Popis úlohy: Z popisov systémov sú zodpovednými analytikmi získané požadované stromy porúch. Takýto prístup zaručí kontinuitu v PSA a má ďalšie výhody pri realizácii efektívnych výpočtov.

Postupový diagram, v ktorom sú označené vstupy, proces a výstupy je uvedený na obr. 10.

Úloha má štyri čiastkové úlohy :

Čiastková úloha 1 - *Príprava postupu technických analýz pre analýzy stromov porúch*

Čiastková úloha 2 - *Zaškolenia na kvantifikáciu postupu technických analýz pre analýzy stromov porúch*

Čiastková úloha 3 - *Konštrukcia stromov porúch*

Ako už bolo uvedené v predchádzajúcej úlohe prístup k stromom porúch aplikovaný v SR pri aplikáciach v jadrovej energetike (VÚJE a.s., RELKO ap.) definuje maximálnu vrcholovú udalosť) a modely ciest vyskytujúcich sa udalostí, zahrňujúc i podporné systémy. Stromy porúch musia byť vyvinuté na úrovni analyzovaných komponentov, konzistentných z rozsahom údajov o poruchách. V stromoch porúch musí byť tiež explicitne modelovaný systém v závislosti od testov a údržby, chýb so spoločnou príčinou, od podporných systémov ap..

Modely systémov musia obsahovať stromy porúch s poruchami tých systémov, ktoré uskutočňujú požadované funkcie ako vrcholové udalosti stromov porúch. Rôzne postupy ukončenia vyvíjaného stromu porúch sú na základe udalostí, spojenými rôznymi potenciálnymi chybami komponentov, alebo podkomponentov systému (až napr. na úrovni jednotlivých elektronických elementov, ap.). Ukončenie jednotlivých vetiev stromu (napr. prerušenie vývoja stromu na úrovni komponentu, pokračovanie vývoja stromu ukazujúceho na možnú potenciálnu chybu komponentu, alebo vývoj stromu na spodnú hladinu podkomponentu) bude závisieť hlavne na možnosti poznania poruchových údajov, t.j. určiť základnú udalosť a následne sa potrebuje vhodný model stromu chýb. Napr. ak porucha časti kontaktov relé má niekoľko príčin, potom porucha samotného relé, nachádzajúceho sa v strome porúch sa môže vzťahovať na úroveň podkomponentu (v tomto prípade na individuálnu úroveň jednotlivého kontaktu).

Pomocou stromov porúch sú tiež modelované pomocné systémy, funkcie ktorých sú požadované v "priamočiarych" systémoch.

Len čo systémové modely sú kompletné, potom sú základným udalostiam pridelené údaje o poruchách a sú vypočítané pravdepodobnosti vzniku týchto udalostí. Následne sú riešené väzby na úrovni systému, zahrňujúc poruchy so spoločných príčin. Výsledkom sú pravdepodobnosti porúch systémov a zoznamy kritických rezov. Tieto výsledky slúžia na inžinierske hodnotenia spracovaného systému a na celkovú kontrolu stromov porúch.

Pokiaľ modely stromov porúch počas narmálnej prevádzky sa považujú za základné, potom sa taktiež vyvíja samostatný súbor stromov porúch, presne reflektujúci systém logických porúch, zahrňujúcich vlastnosti napr. automatického uvádzania do pohybu (nábeh) ako aj iné požiadavky (odstavenie prevádzky, ap.) pomocných systémov.

Čiastková úloha 4 - Dokumentácia stromov porúch

Na základe doterajších skúseností sa doporučuje, aby dokumentácia stromov porúch bola zahrnutá v popisoch systémov ako ich časť, aby poskytovali jednoduchý zdroj informácií pre každý systém. Tento systém dokumentačných schém je výhodný jednak pre PSA, ako aj pre niektoré neskoršie špecifické závery o systémoch, ktoré môžu vzniknúť počas prevádzky zariadenia. Požadované informácie pre dokumentáciu obsahujú stromy porúch, systém kritérií úspešnosti, zhrnutie kvantifikácie udalostí stromov porúch a výsledky ohodnotenia jednotlivých stromov porúch.

Vstupy a predbežné požiadavky

Vstupy pre úlohy analýz stromov porúch zahrňujú:

- popisy systémov,
- všetky potrebné informácie, požadované na zostrojenie stromov porúch,
- systém kritérií úspešnosti (získané z úloh analýz havarijných reťazcov pre všetky typy uvažovanej prevádzky),
- údaje (základné údaje o udalostiach, získané z úloh analýz údajov pre kvantifikáciu stromov porúch),
- spoľahlivosti ľudského činiteľa (predhavarijné udalosti zapríčinené človekom) (získané z analýzy spoľahlivosti ľudského činiteľa),
- závislé poruchy (poruchy so spoločnými príčinami a závislé poruchy, identifikované

v úlohách závislých porúch).

Výsledky

Súbor systémových stromov porúch, požadovaný v PSA so všetkými pripojenými požadovanými pravdepodobnosťami ich výskytov.

5.2.3 Analýzy závislých porúch

Cieľ: Identifikácia a pripojenie závislých porúch do PSA.

Popis úlohy: Pretože závislé poruchy sú v skutočnosti rozmanité, modelovanie závislých porúch je vykonané v rôznych vhodných úlohách PSA. Inštrukcie a prevedenie požadovaných analýz a dokumentácia o závislých poruchách sú preto obsiahnuté v príslušných úlohách PSA. Diskusia o požadovaných čiastkových úlohách, ak sú závislé poruchy pripojené niekam inam bude realizovaná neskôr.

Hlavné čiastkové úlohy (okrem prvých dvoch) v tomto kroku sú nasledovné :

Čiastková úloha 3 - Technické inštrukcie

Separované postupy technických analýz nemôžu sa prevádzať adresáciou závislých porúch. Miesto toho, subjekt závislých porúch je adresovaný v postupoch technických analýz rôznych úloh PSA. Postup technických analýz bude adresovať metódu identifikácie závislých porúch pripojením do rôznych modelov a ich kvantifikáciu. Opísané inštrukcie, podobne ako i v iných úlohách, budú doplnené dodatočnými dohodnutými inštrukciami ako časť záväzku posudzovateľa (realizátora analýzy) pre odovzdanie správ o technológii.

Čiastková úloha 4 - Určenie závislých porúch

Analýzy závislých porúch sú identifikáciou tých porúch, ktoré zrušia redundantnosť (zálohovosť, nadbytočnosť) alebo rozličnosť, ktorá je použitá na zlepšenie využiteľnosti (spoľahlivosti, resp. pohotovosti) niektorých dôležitých systémov, ktoré rozhodujú o bezpečnosti a spoľahlivosti prevádzky. Preto závislé poruchy sa vyskytujú v niektorých prípadoch, ktoré porušia súčasne viac ako jeden komponent (alebo jeden systém). Existujú štyri všeobecné avšak rozdielne typy závislých porúch (ako bude opísané nižšie) a je nutné ich pričleniť do analýz. Jedná sa o nasledovné typy závislých porúch :

(1) Poruchy so spoločnou príčinou

Tieto poruchy obsahujú analýzy troch tried porúch so spoločnou príčinou:

- nesprávnu kalibráciu,
- nesprávnu údržbu,
- všetky ostatné poruchy so spoločnou príčinou, spracovaných hromadne ako skupina (napr. plánované vadné kusy, výrobné chyby, atď.).

Poruchy so spoločnou príčinou nesprávnej kalibrácie sú identifikované a pridanie do systémov stromov porúch uvažovaním možnej nesprávnej nadbytočnej kalibrácie (previerky ovládania). Toto pridanie je časťou úloh analýz stromov porúch, tieto poruchy sú do stromov porúch explicitne zahrnuté. Možnosť porúch,

spôsobených nesprávnou kalibráciou je hodnotená ako súčasť analýz nespoľahlivosti ľudského činiteľa.

Poruchy so spoločnou príčinou nesprávnej údržby sú tiež identifikované a následne systematicky pridané do systémových stromov porúch (aj s uvažovaním údržby nesprávnych komponentov). Toto pridanie je tiež časťou úloh analýz stromov porúch, tieto poruchy sú tiež do stromov porúch explicitne zahrnuté. Možnosť prevedenia nekorektnej údržby niekoľkých komponentov je hodnotená ako súčasť analýz nespoľahlivosti ľudského činiteľa.

Pri určovaní udalostí so spoločnou príčinou sú komponenty systémov skúšané a sú identifikované tie, ktoré sú podobné. Podobné typy zahŕňujú napríklad :

- hnacie motory čerpadiel,
- armatúry, prispievajúce k bezpečnosti,
- dieselgenerátory,
- hnacie motory armatúr,
- vzduchom ovládané armatúry,
- akumulátory, ap..

Ďalej sú určené aj ďalšie, ak pre podobné komponenty skutočne existuje možnosť porúch so spoločnou príčinou. Toto určenie môže byť urobené zo skúmania údajov. Problémy ale vznikajú pri stanovení, ktoré údaje použiť. V niektorých prípadoch zahrnutie porúch môže byť prevedené ohodnotením náhodných porúch. Pre tieto ciele je preto použitá zvyčajne metodológia "Beta faktoru".

(2) Priame funkčné poruchy

Tieto typy porúch zahŕňujú:

- iniciačné udalosti (tieto zahŕňajú efekty udalostí, napr. strata vonkajšieho elektronapájania iniciuje poruchovú udalosť).

Tieto typy závislostí sú identifikované ako súčasť úloh analýz iniciačných udalostí.

- závislosti podporných systémov (porucha jednoduchého systému, napr. nezaistené napájanie) môže niekoľko-krát spôsobiť poruchu "priamočiarych" systémov, ktoré zasobuje.

Zahrnutie príslušných napájacích systémov ako poruchových typov "priamočiarych" systémov sa používa na zabezpečenie takých závislostí, z ktorých sú potom správne počítané. Tieto závislosti sú explicitne modelované v analýzach stromov porúch. Príklady napájacích systémov, ktoré musia byť modelované obsahujú napríklad :

- elektronapájanie,
- ventiláciu,
- chladenie,
- pohony,
- fenomenologické efekty,
- izolovanie.

- závislosti častí zariadení (keď sú použité porušené komponenty niekoľkými systémami).

Je podstatné, či analytik korektne identifikuje také komponenty a modely explicitne v stromoch porúch. Tieto závislosti sú identifikované a modelované v úlohách analýz stromov porúch.

(3) Fyzikálne interakcie

Tieto typy porúch sú spojené s extrémami prostredia prevádzky, vytvárajúceho poruchu jedného alebo viacerých systémov po iniciačnej udalosti. Príklady zahrňujú uvoľnenie pary do vnútorného priestoru, ktorá nepriaznivo účinkuje na komponenty zmierňujúce poruchu, alebo poruchy mnohých komponentov v určitom priestore spôsobené požiarimi, záplavami alebo seizmickými udalosťami.

(4) Analýzy klamlivých porúch

V prevádzke môžu existovať klamlivé interakcie alebo klamlivo vyzerajúce zvláštnosti. Tieto typy interakcií sa môžu niekedy "skrývať" v projekte alebo pri prevádzke systému a môžu byť objavené s veľkými ťažkosťami. Tieto poruchy sú pripojené k príslušným použiteľným systémovým stromom porúch.

Čiastková úloha 5 - Dokumentácia

V príslušných dokumentoch úlohy musia byť zdokumentované rozličné typy závislých porúch. V tejto úlohe nie sú požadované žiadne zvláštne dokumenty.

5.3 ANALÝZY ÚDAJOV

Cieľ: Zvýšiť vieryhodnosť údajov použitých pre výpočet a kvantifikáciu modelov havarijných reťazcov.

Popis úlohy: Proces analýz údajov, ako aj vstupy a výstupy spojené s každým krokom sú zobrazené na obr. 11. Na uskutočnenie tejto úlohy je potrebné vyriešiť nasledujúce čiastkové úlohy.

Čiastková úloha 1 - Príprava postupu technických analýz pre analýzy údajov

Čiastková úloha 2 - Zaškolenia na kvantifikáciu postupu technických analýz údajov

Čiastková úloha 3 - Zber údajov

Generické zdroje databáz aj ináč nespracovaných údajov musia byť spolu zozbierané a podrobne prehliadnuté v aplikovateľných analýzach neurčitostí a až potom môžu byť zahrnuté do špecifickej databázy.

Čiastková úloha 4 - Kompilovanie generických databáz

Generické údaje pre poruchy zariadení, parametre nepohotovosti počas údržby, parametre porúch so spoločnou príčinou a frekvencie iniciačných udalostí musia byť prezerané a spojené do jednej generickej databázy.

Pre poruchy komponentov je dôležité využívať korektné parametre porúch komponentov na charakterizovanie nepohotovosti komponentu.

Korektným modelom pre vyčkávací režim je však model, v ktorom sa neuvažuje podiel získaný delením celkového počtu porúch počtom porúch v režime na požiadanie.

Podobné informácie platia pre frekvencie výskytu opráv, ap..

Čiastková úloha 5 - Vývoj konečnej databázy

Konečná databáza musí byť vyvinutá kombináciou generickej databázy vyvinutej podľa čiastkovej úlohy 4 a databázy špecifickej pre danú prevádzku, vyvinutej v čiastkovej úlohe 3. Konečná databáza obsahuje:

- základné udalosti porúch komponentov,
- základné udalosti nepohotovosti počas údržby,
- parametre porúch so spoločnou príčinou,
- frekvencie iniciačných udalostí pre každú iniciačnú udalosť.

Pre získanie zmiešaného rozdelenia pre každý z týchto typov údajov môže byť použité aj výpočtové programy a pre každú základnú udalosť musí byť tiež generovaná regionálna nespoľahlivosť.

Čiastková úloha 6 - Dokumentácia analýz údajov

Poznámky z analýz údajov musia zdokumentovať prácu, vykonanú vo všetkých čiastkových úlohách, a tiež budú pripravovať odkazy na komentáre a odporúčenia posudzovateľov a prevádzkového personálu.

Vstupy a predbežné požiadavky

Vstupy pre úlohy analýzy údajov zahrňujú:

- zoznam iniciačných udalostí PSA,
- zoznam základných udalostí PSA vstupujúcich do systémových modelov,
- údaje z prevádzky,
- testové intervaly zariadení, trvania testov a nepohotovosti počas údržby,
- známe generické, resp. špecifické databázy,
- iné špecifické informácie o prevádzke.

Výsledky

Hodnotenia a pravdepodobnosti výskytu porúch komponentov, nepohotovosti počas údržby, poruchy so spoločnou príčinou a frekvencie výskytov iniciačných udalostí.

5.4 ANALÝZY SPOL' AHLIVOSTI ĽUDSKÉHO ČINITEL'A

Táto časť opisuje technický prístup k analýzam spoľahlivosti ľudského činiteľa. Obsahuje tri technické úlohy :

- analýzy činnosti človeka (napr. operátorov vo velínoch a dozorniach) pred havarijnou udalosťou,
- analýzy reakcií človeka na havarijnú udalosť,
- analýzy vspamätávania sa (a obnovy prevádzky) po havárii.

5.4.1 Analýzy činnosti prevádzkového personálu pred havarijnou udalosťou

Cieľ: Odhad ľudských interakcií požadovaných počas stabilnej (normálnej) prevádzky, pri prevádzaní testov, ako aj kalibrácií zariadení a systémov pri

úspešnom alebo chybnom ovplyvnení nepohotovosti systémov pred iniciačnou udalosťou.

Popis úlohy: Proces činnosti operátora pred udalosťou, ako aj vstupy a výstupy spojené s každým krokom sú zobrazené na obr. 12. Realizácia tejto úlohy je podmienená vykonaním šiestich čiastkových úloh :

Čiastková úloha 1 - *Príprava postupu technických analýz pre analýzy činnosti človeka (operátora) pred havarijnou udalosťou*

Čiastková úloha 2 - *Zaškolenia pre postup technických analýz pre analýzy činnosti človeka (operátora) pred havarijnou udalosťou*

Čiastková úloha 3 - *Definovanie udalostí zapríčinených ľudským činiteľom*

Činnosť prevádzkového personálu musí byť identifikovaná v úlohách systémových analýz. Výsledkom tejto úlohy je kvalitatívna definícia špecifickej činnosti ľudského činiteľa, ktorá bude následne kvantifikovaná, a za predpokladu nesprávnych ovládacích činností (zlyhanie, chyba) prispieva jednoznačne k riziku.

Čiastková úloha 4 - *Kvantifikácia udalostí zapríčinená ľudským činiteľom*

Väčšina príslušných modelov a údajov aplikuje kvantifikáciu pravdepodobných prediniciačných ľudských omylov, ktoré prispievajú k nepohotovosti, alebo k zlyhaniu systémov, alebo komponentov. Výstup tejto úlohy je vyvíjaný na to, aby boli preskúmané pravdepodobnosti ľudských omylov pre definované činnosti.

Čiastková úloha 5 - *Integrovanie do systémových modelov*

Ak je to vhodné (pri jednoduchých modeloch), môžu byť modifikované systémové modely ako výsledok hodnotenia už v čiastkovej úlohe 4. Zložitejšie modely si vyžadujú integrovanie do systémových modelov v tomto kroku riešenia.

Čiastková úloha 6 - *Dokumentácia pred- udalostných analýz*

Do pracovného súboru musia byť zozbierané upravené informácie pre každý druh uvažovanej prevádzky (aj skladovej prevádzky). Tento balík je potom pracovným súborom pre analytikov. Z balíka je separovaná samostatná správa o analýzach spoľahlivosti ľudského činiteľa, ktorá zdokumentuje podrobné informácie pre tieto analýzy a pre analýzy reakcií človeka (operátorov), ako aj pre analýzy vspamätávania sa človeka (operátorov).

Vstupy a predbežné požiadavky

Vstupy pre úlohy analýzy činnosti operátorov pred udalosťou zahŕňujú:

- ovládanie prevádzky pri činnostiach počas odstávok, porúch, po nariadeniach administratívneho dozoru (napr. príkazov odpojiť zariadenie do údržby), dozoru, kalibrácie, testovania a postupu údržby,

- zacvičenie obsluhy, prístup testovaného personálu a personálu údržby,
- technické špecifikácie, systém prevádzkových inštrukcií, alebo povolenie určitých stavov pri prevádzke,
- prevádzkové postupy operátorov pri odstavovaní,
- projektové výkresy prevádzky a zariadení, vrátane napr. kontrolných a riadiacich panelov na velínoch (prevádzkovej dozorni), poplachovej signalizácie a vybavenia prístrojmi,
- postup monitorovania konfigurácie prevádzky,
- popisy systémov pre každý druh uvažovanej prevádzky,
- systém stromov porúch.

Výsledky

Zoznam činností obsluhujúceho personálu pred udalosťami (pri normálnej prevádzke, ap.) a pripojené pravdepodobnosti porúch.

5.4.2 Analýzy reakcií človeka na havarijnú udalosť

Cieľ: Hodnotenie interakcií ľudského činiteľa s požadovaným ovládacím zariadením, sledujúcim haváriu, spolu s podmienkami prevádzky.

Popis úlohy : Proces reakcií operátora (riadiaceho pracovníka) pri havárii, ako aj vstupy a výstupy spojené s každým krokom sú zobrazené na obr. 13. Realizácia tejto úlohy je podmienená vykonaním šiestich čiastkových úloh:

Čiastková úloha 1 - *Príprava postupu technických analýz pre analýzy reakcií riadiacich pracovníkov (operátorov)*

Čiastková úloha 2 - *Zaškolenia pre postup technických analýz pre analýzy reakcií*

Čiastková úloha 3 - *Definovanie udalostí zapríčinených ľudským činiteľom*

Činnosť (reakcie) prevádzkového personálu bude identifikovaná v úlohách analýz havarijných reťazcov, z výsledkov pozorovaní napríklad na školiacom simulátore, pomocou správ o udalostiach, z činností uvažovaných v iných PSA, alebo pomocou diagramov špecifických havarijných reťazcov odvodených z bezprostredných činností, postupov, operačných predpisov, atď..

Výsledkom tejto úlohy je kvalitatívna definícia špecifickej činnosti ľudského činiteľa, ktorá bude kvantifikovaná a za predpokladu nesprávnych ovládacích činností prispieva k riziku.

Čiastková úloha 4 - *Kvantifikácia udalostí zapríčinených ľudským činiteľom*

V tomto kroku riešenia väčšina príslušných modelov a údajov by mala aplikovať kvantifikáciu pravdepodobných úspešných alebo chybných reakcií personálu (operátorov), ktoré prispievajú do havarijných reťazcov.

Špecifické termo-hydraulické prechodové informácie pre napr. energetické prevádzky sú hodnotené v príslušných predložených kvantifikáciách. Výstup tejto úlohy je vyvíjaný preto, aby boli preskúmané pravdepodobnosti ľudských omylov pre definované činnosti.

Pre toto prognózovanie omylov musia byť použité rovnaké postupy prác pre kvantifikáciu ľudských omylov a odozvy činností v modeli na nominálnom výkone zariadenia (prevádzky) a v modeloch pre odstavovanie.

Čiastková úloha 5 - Integrovanie do systémových modelov

Ak je to vhodné, budú modifikované systémové modely ako výsledok hodnotenia už v čiastkovej úlohe 4, ak nie tak v tejto úlohe.

Čiastková úloha 6 - Dokumentácia reakcií prevádzky (operátorov)

Do pracovného súboru sú zozbierané upravené informácie pre každý druh uvažovanej prevádzky. Tento balík je potom pracovným súborom pre analytikov. Z balíka je separovaná samostatná správa o analýzach spoľahlivosti ľudského činiteľa, ktorá bude dokumentovať podrobné informácie pre tieto analýzy a pre analýzy činnosti operátorov pred udalosťou a pre analýzy vspamätávania sa operátorov (prevádzkovej obsluhy).

Vstupy a predbežné požiadavky

- Vstupy pre úlohy reakcií prevádzky (operátorov) zahŕňujú:
- informácie o velínoch, dozorniach, o ich projekte a o poruchových hlásičoch,
 - použitie prístupných simulátorov na zacvičenie obsluhy,
 - informácie napr. o konfigurácii velína, dozorne a jej ergonómii,
 - popisy systémov pre každý druh uvažovanej prevádzky,
 - systém stromov porúch,
 - kvantifikácia havarijných reťazcov a stromov udalostí a porúch.

Výsledky

Zoznam reakcií prevádzkovej obsluhy (operátorov) a s nimi spojené pravdepodobnosti výskytu porúch (zlyhaní, resp. chybných operácií).

5.4.3 Analýzy vspamätávania sa operátorov

Cieľ: Hodnotenie interakcií ľudského činiteľa pri požadovaní minimálneho poškodenia, keď operácie a činnosti vyžadujú ohraničenie havarijných procedúr.

Popis úlohy : Proces vspamätávania sa operátorov po havárii, ako aj vstupy a výstupy spojené s každým krokom sú zobrazené na obr. 14. Realizácia tejto úlohy je podmienená vykonaním šiestich čiastkových úloh :

Čiastková úloha 1 - Príprava postupu technických analýz pre analýzy vspamätávania sa

Čiastková úloha 2 - Zaškolenia pre postup analýz pre analýzy vspamätávania sa

Čiastková úloha 3 - Definovanie udalostí zapríčinených ľudským činiteľom

Činnosť vspamätávania sa prevádzkového personálu by mala byť definovaná z preskúšania kľúčových havarijných reťazcov pre alternatívne ľudské činnosti, zaškolenia personálu, výsledkov nesplnenia inštrukcií na simulátore (ak je simulátor k dispozícii), zo správ o udalostiach, zo súvislostí činností uvažovaných v iných PSA, alebo zo špecifických dovyžiadaní a rozhovorov s prevádzkovým personálom.

Výsledkom pracovných činností v tejto čiastkovej úlohe je preukázanie nepravdepodobnosti prispievania prevádzkového personálu (operátorov) k riziku.

Čiastková úloha 4 - Kvantifikácia udalostí vspamätávania sa prevádzkových operátorov

Väčšina príslušných modelov a údajov bude aplikovať kvantifikáciu pravdepodobných úspešných alebo chybných reakcií operátorov, ktoré prispievajú do priebehu havarijných reťazcov.

Výstup tejto úlohy je vyvíjaný preto, aby boli preskúmané a zaznamenané pravdepodobnosti ľudských omylov pre definované činnosti.

Pre tieto omyly sú preto použité rovnaké postupy prác pre kvantifikáciu ľudských omylov a odozvy činností v modele na nominálnom výkone a v modeloch pri odstavovaní prevádzky. Tieto identifikačné procesy sú podobné ako v predchádzajúcej úlohe a spočívajú v zozbieraní informácií z predchádzajúcich štúdií, iných štúdií odstavovaní prevádzky, ap..

Čiastková úloha 5 - Integrovanie do reťazcov

V tejto čiastkovej úlohe majú byť získané počiatočné zoradenia, ktoré sa získajú po kvantifikáciách počiatočných kritických rezov. Kritické rezy môžu byť upravené ako výsledok uvažovanej činnosti operátorov.

Čiastková úloha 6 - Dokumentácia vspamätávania sa operátorov

Do výsledného pracovného súboru budú vlastne zozbierané upravené informácie pre každý druh uvažovanej prevádzky. Tento balík bude pracovným súborom pre analytikov. Z balíka je separovaná samostatná správa o analýzach spoľahlivosti ľudského činiteľa, ktorá bude zdokumentovávať podrobné informácie pre tieto analýzy a pre analýzy činností operátorov a prevádzkového personálu pred udalosťou a pre analýzy reakcií operátorov.

Vstupy a predbežné požiadavky

Vstupy pre úlohy vspamätávania sa operátorov zahŕňujú:

- všetky informácie z predchádzajúcich úloh,
- opisy havarijných scenárov udalostí pre kľúčové kritické rezy,
- obhliadky zariadení s prevádzkovým personálom, vrátane školiťel'ov, operátorov dozorne (velína) a s projektantami (ak je to možné),

- havarijné plány, vrátane informácií miestnym úradom,
- kvantifikované kritické rezy z úloh analýz havarijných reťazcov.

Výsledky

Zoznam udalostí vspamätávania sa operátorov a s nimi spojené pravdepodobnosti.

5.5 ANALÝZY VONKAJŠÍCH UDALOSTÍ

Analýzy vonkajších udalostí v závislosti od pravdepodobnosti ich potenciálneho výskytu môžu byť roztriedené do štyroch nasledujúcich hlavných úloh:

- požiare vo vnútorných priestoroch,
- záplavy vo vnútorných priestoroch,
- seizmické udalosti,
- iné udalosti (poveternostné abnormálie, pády bremien, vonkajšie záplavy, ap.).

Analýzy vonkajších udalostí predstavujú špecifickú problematiku riešenia, pretože si vyžadujú zvyčajne veľmi dobrú spoluprácu so špecialistami v jednotlivých oblastiach. Zanedbanie detailného riešenia tejto problematiky zvyčajne prináša do celkovej PSA štúdie 1. úrovne, tj. do definovania pravdepodobnosti výskytu závažných havárií) významné neurčitosti, pre ktoré klesá vierohodnosť tejto štúdie, a preto sa týmto analýzám prikladá čoraz väčší význam.

5.5.1 Analýzy požiarov vo vnútorných priestoroch

Cieľ: Identifikácia a hodnotenie zraniteľnosti prevádzky požiarom (výbuchmi) vo vnútorných priestoroch.

Popis úlohy : Prístup k analýzám rizika požiarov zvyčajne spočíva na viacerých metodológiách (deterministických aj pravdepodobnostných), opísaných v rôznych príručkách, publikáciách a návodoch.

V SR pre tieto účely sa v 80-tych rokoch používala metodológia výskumného ústavu "VÚPEK" nazývaná DIMEHOP (D*ia*gnostická metóda hodnotenia rizika požiarov), ktorá sa postupne rozpracovala až do dnešných aplikácií vo firme RISK CONSULT, spol. s r. o. pre jadrový, chemický a petrochemický priemysel. Používa sa ako najbežnejšia metodológia aj v mnohých ďalších oblastiach priemyslu.

Špecifické prístupy, použité pri analýzach požiarov vo vnútorných priestoroch v tejto práci sú zobrazené na obr. 15.

Realizácia tejto úlohy je podmienená vykonaním nasledovných čiastkových úloh:

Čiastková úloha 1 - *Príprava postupu technických analýz pre analýzy požiarov (výbuchov) vo vnútorných priestoroch*

Čiastková úloha 2 - *Zaškolenia pre postup technických analýz pre analýzy požiarov (výbuchov) vo vnútorných priestoroch*

Čiastková úloha 3 - *Zozbieranie údajov o prevádzke*

V tomto kroku sa vlastne vyvíja a naplňa situačná databáza. Na zozbieranie dokumentácie o prevádzke a jej objektoch musia byť preskúmané jednak existujúce údaje, ale taktiež zozbierané údaje, potrebné na vypracovanie správy o hodnotení rizika požiarov (výbuchov). Preskúmanie dokumentov o prevádzke mimo iného zahŕňa :

- bezpečnostné analýzy pri prevádzke a odstavovaní,
- analýzy požiarneho nebezpečenstva prevádzok a zariadení,
- informácie o projekte požiarnej ochrany, o delení objektov do požiarnych úsekov ap.,
- informácie o lokalizácii technických zariadení vrátane kábelových trás,
- postup hasičov, vrátane iných s tým spojených informácií,
- postupy požiarnej pohotovosti.

Zozbierané informácie sú potom udržiavané v databáze, použiteľnej pre riešenie nasledujúcich čiastkových úloh.

Čiastková úloha 4 - Vývoj modelov reťazcov udalostí spôsobujúcich požiare (výbuchy)

Integrované modely prevádzky sa modifikujú zahrnutím iniciačných udalostí spôsobujúcich požiare a vhodných typov porúch zariadení, v dôsledku týchto požiarov. Musia byť preskúmané aj udalosti spôsobené ľudským činiteľom, a ak je to potrebné budú pridané nové prevádzkové činnosti. Do modelu potom musí byť zahrnutá lokalizácia zariadení (vrátane vybraných bezpečnostne dôležitých zariadení).

Čiastková úloha 5 - Vývoj scenárov požiarov (výbuchov)

Model možných scenárov požiarov musí obsahovať lokalizáciu a kvantifikáciu zdrojov vznietenia, potenciálnych horľavín, mechanizmus šírenia sa požiaru, typy ohrozených zariadení a dobu do ohrozenia ich činnosti, pasívne a aktívne systémy protipožiarneho zabezpečenia a ich vplyv na zmiernenie alebo potlačenie vyvíjaných požiarnych scenárov ap..

Čiastková úloha 6 - Vývoj a hodnotenie modelu poškodenia požiarom (výbuchmi)

Reťazcový model s indukovanými požiarom a získané požiarne scenáre musia byť zahrnuté do modelu, ktorý predstavuje požiarom indukované kritické rezy pre poškodenie hlavných zariadení a prevádzok.

Táto čiastková úloha, ak je to vhodné, tiež identifikuje a pričleňuje činnosti vspomätávania sa riadiacich pracovníkov a operátorov prevádzky a hodnotenie citlivosti a neurčitosti.

V tejto časti musí byť uskutočnená identifikácia rôznych poruchových typov a scenárov (iných, ako už identifikovaných v analýzach vnútorných udalostí). Ak je identifikovaný nový typ poruchy musí byť definovaný nový stav poškodenia a reťazec potenciálneho požiarneho poškodenia musí byť znovu prehodnotený.

Čiastková úloha 7 - Vývoj a hodnotenie modelu mnohoúsekového požiarneho (výbuchového) poškodenia

Riešenie a ochrana požiarlych úsekov, skúmané v čiastkovej úlohe 3 sa v tejto úlohe rozšíri a bude sa hodnotiť možnosť šírenia sa požiaru do susedných požiarlych úsekov. Ak je to potrebné bude vyvinutý mnoho-úsekový model s uvažovaním reakcie požiaro-deliacich konštrukcií.

Dôležité požiarne úseky, v ktorých sú lokalizované rizikové zariadenia a systémy, obsiahnuté v dominantných reťazcoch pri odstavovaní prevádzky sú identické s reťazcami vyvinutými pre prevádzku na nominálnom výkone, a preto bude zvyčajne použitý model poškodenia pri nominálnom (projektoom) výkone, len so zmeneným modelom iniciácie požiaru. Ak dominantné reťazce sa vzťahujú na nové požiarne úseky, nechránené pri nominálnom výkone, musí byť vyvinutý východiskový model pre dominantné reťazce pri odstavovaní s novým scenárom vývoja požiaru pre dôležité požiarne úseky pri prevádzke, aj napr. pri prevádzke na nízkom výkone.

Čiastková úloha 8 - Verifikácia

Na overenie kľúčových vstupných údajov a predpokladov musia byť uskutočňované pochôdzky po prevádzke. Tieto pochôdzky sú vždy doporučované, o ich rozsahu sa však vedú polemiky.

Čiastková úloha 9 - Dokumentácia požiarlych (výbuchových) analýz

Do pracovného súboru musia byť zozbierané upravené informácie pre každý druh uvažovanej prevádzky. Tento balík bude potom pracovným súborom pre analytikov a pre prevádzkových pracovníkov vykonávajúcich kontrolu. Z balíka je potom odseparovaná samostatná správa o požiarlych analýzach, ktorá zdokumentuje podrobné informácie pre tieto analýzy ako aj ich metódy, použité údaje a výsledky týchto analýz.

Vstupy a predbežné požiadavky

Vstupy pre úlohy požiarlych analýz zahrňujú:

- stavebné alebo situačné výkresy lokalizácie stavebných objektov a dispozície zariadení,
- výkresy delenia objektov do požiarlych úsekov,
- kábelové trasy a prepojenia kanálov (výkresy alebo tabuľky),
- deterministické, alebo iné analýzy nebezpečenstva požiarov, ak existujú,
- umiestnenie dôležitých zariadení a káblov v objektoch,
- systém dozoru v požiarnej ochrane a prevádzanej údržby a kontroly,
- normálne a abnormálne prevádzkové postupy,
- postupy a výcvik požiarnej jednotky,
- údaje o horľavých materiáloch a zdrojoch požiaru,
- havarijné reťazce iniciované požiarimi,
- stromy udalostí s iniciačnými požiarimi.

Výsledky

Zdokumentované modely a výsledky požiarom indukovaného rizika vo vnútorných priestoroch.

5.5.2 Analýzy záplav vo vnútorných priestoroch

Cieľ : Identifikácia a zhodnotenie zraniteľnosti prevádzky a komponentov záplavami vo vnútorných priestoroch.

Popis úlohy : Prístup k analýzam rizika vnútorných záplav zvyčajne spočíva na obdobnom postupe ako je to pri hodnotení požiarov. Taktiež sú k dispozícii viaceré metodológie, ktoré umožňujú aj detailne analyzovať dôležité uzly (deterministické aj pravdepodobnostné postupy hodnotenia).

Prístup spoločnosti RISK CONSULT, spol. s r. o. k týmto analýzam je obdobný ako ku požiarnym analýzam a sú pritom využívané jednoduchšie metodiky hodnotenia, ktoré uprednostňujú "inžiniersky orientovaný odhad" hlavne na nasledovné problémy :

- (1) explicitné modelovanie reťazcov udalostí, ktoré vedú k poškodeniu prevádzky;
- (2) zahrnutie hardwarových chýb a omylov prevádzkovej obsluhy a operátorov;
- (3) použitie inžinierskych "expertných" odhadov, sústreďujúcich sa na analýzy najkritickejších záplav, čím možno redukovať pracné a intenzívne počítačové analýzy.

Súhrn jednotlivých krokov a čiastkových úloh tohoto prístupu je zobrazený na obr. 16. Analýzy záplav vo vnútorných priestoroch sa skladajú z nasledovných šiestich čiastkových úloh:

Čiastková úloha 1 - *Príprava postupu technických analýz pre analýzy záplav*

Čiastková úloha 2 - *Zaškolenia pre postup technických analýz pre analýzy záplav vo vnútorných priestoroch*

Čiastková úloha 3 - *Zozbieranie informácií o záplavách*

Táto čiastková úloha sa rozpracuje na základe správy o modele vnútorných udalostí a projektových výkresov. Musia byť identifikované priestory možných záplav, zdroje záplav, záplavové cesty, ktorými záplavová voda (ale i napr. olej, resp. iné médium) sa dostávajú ku zariadeniam v zaplavovaných priestoroch.

Čiastková úloha 4 - *Vývoj scenárov o záplavách*

V tejto čiastkovej úlohe musia byť vyvinuté scenáre o záplavách, ktoré identifikujú zdroje záplav, záplavové cesty, ktorými záplavová voda (médium) preteká od zdrojov ku dôležitým komponentom. Je potrebné zachytiť aj detekciu záplav a možnosť izolácie záplav. Táto čiastková úloha tiež zahrňuje ohodnotenie frekvencie výskytu záplav od identifikovaných zdrojov. Zohľadňované ochrany od záplav, použité v projekte prevádzky sústreďuje analýzy na scenáre kritických záplav.

Čiastková úloha 5 - *Vývoj a hodnotenie modelu záplav poškodzujúcich dôležité zariadenia*

Táto čiastková úloha určuje kritické rezy záplav poškodzujúcich prevádzku mapovaním scenárov o záplavách vo vnútorných priestoroch. Dominantné záplavové reťazce musia byť tiež stanovené, s rešpektovaním schopnosti detegovať a izolovať prednostne záplavy vedúce k poškodeniam komponentov a následne k výpadku zariadení a systémov. Táto čiastková úloha tiež hodnotí, či scenáre záplav reprezentované dominantnými reťazcami poškodenia prevádzky tiež obsahujú spoločné poruchy indukované záplavami (poruchy zo spoločných príčin).

Čiastková úloha 6 - Dokumentácia analýz záplav vo vnútorných priestoroch

Do pracovného súboru musia byť zozbierané upravené informácie pre každý druh uvažovanej prevádzky. Tento balík bude potom pracovným súborom pre analytikov a kontrolných pracovníkov z prevádzky. Z balíka je separovaná samostatná správa o analýzach záplav vo vnútorných priestoroch, ktorá musí zdokumentovať podrobné informácie pre tieto analýzy ako aj metódy, údaje a výsledky týchto analýz. Ak je to potrebné, potom musí byť prevedený celkový prehľad tejto správy, a ak je to vhodné budú doň zaradené aj príslušné vysvetľujúce komentáre (rozsah utajenia problematiky).

Vstupy a predbežné požiadavky

Vstupy pre úlohy analýz záplav vo vnútorných priestoroch zahŕňujú:

- stavebné a technologické výkresy objektov a zariadení,
- veľkosti drenáže a drenážne trasy,
- diagramy potrubí v prevádzke a v jednotlivých objektoch,
- umiestnenie zariadení,
- normálne a abnormálne prevádzkové postupy, vzťahujúce sa na záplavy,
- havarijné reťazce,
- stromy udalostí.

Výsledky

Zdokumentované modely a výsledky záplavami indukovaného rizika vo vnútorných priestoroch.

5.5.3 Seizmické analýzy

Cieľ: Identifikácia a hodnotenie zraniteľnosti prevádzky v dôsledku zemetrasenia. Cieľom seizmických analýz je odhadnutie rozdelenia frekvencií výskytu závažnej havárie pri rôznych poruchách, haváriách a nehodách zatriedených do havarijných reťazcov, indukovaných zemetrasením.

Popis úlohy: Jedná sa o špecifickú úlohu, ktorú realizuje príslušný špecialista v spolupráci s prevádzkou, prípadne aj projektantami a stavebnými staticmi.

Sú dva typy týchto analýz:

- hodnotenie frekvencií výskytu a magnitúd zemetrasení, ktoré môžu postihnúť stavenisko,
- hodnotenie vplyvov zemetrasenia na štruktúru a komponenty prevádzky.

Možno zdôrazniť, že hodnotenie seizmicity sa podstatnou mierou opiera o posudky špecialistov. Tí sa zameriavajú na možné realistické hodnotenie parametrov, používajúc prístupné informácie, ktoré sú explicitne zaťažené stupňom neurčitosti, spojeným s každým hodnotením. Analýzy seizmických udalostí obsahujú sedem hlavných čiastkových úloh (ako je to zobrazené na obr. 17).

Čiastková úloha 1 - *Príprava postupu technických analýz pre seizmické analýzy*

Čiastková úloha 2 - *Zaškolenia pre postup technických analýz pre seizmické analýzy*

Čiastková úloha 3 - *Charakterizovanie seizmického nebezpečenstva (rizika)*

Rozsah a cieľ tejto čiastkovej úlohy musí zabezpečiť stanovenie (výpočet, alebo odhad) hodnôt pre seizmické zrýchlenia, ako aj výpočet a náčrt vhodného spektra, zhodného s obvyklou metodológiou v komerčnom priemysle. Musia byť realizované analýzy na hodnotenie frekvencie výskytu a magnitúd na stavenisku, používajúc pravdepodobnostný prístup, založený na lokálnych geologických a seizmologických údajoch. Hodnoty vrcholu terénnej akcelerácie, odvodené z PSA budú využívať výpočty reakcie spektrálnych klasifikácií pre projektovo požadované spektrum. Očakáva sa, že základné údaje v už napr. realizovanej analýze a v projekte staveniska, ktoré obsahujú platné pravdepodobné odhady rizika budú dodané z iných prevádzok (z iných obdobných). Realizácia týchto analýz a prevedenie realistického hodnotenia seizmicity je spojená s rôznymi stupňami neurčitosti pre seizmické udalosti, a preto tiež musí byť detailne podchytená.

Čiastková úloha 4 - *Pochôdzkové overovanie (verifikácia)*

Vzhľadom na skutočnosti uvádzané v predchádzajúcej čiastkovej úlohe budú v tejto úlohe identifikované seizmicky indukované poruchy, ktoré môžu byť pričlenené do modelu PSA. Sú tvorené z prehľadu štrukturálnych projektových informácií a pochôdzok prevádzkou. Na identifikovanie tých porúch, o ktorých možno uvažovať je zvyčajne použitý prístup odhadu okrajových podmienok (konzervatívny odhad). Tie poruchy, ktoré potom majú dostatočnú rezervu od okrajových podmienok potom nemusia byť zahrnuté do ďalšej analýzy. Verifikačné pochôdzky slúžia potom na identifikáciu tých porúch, ktoré môžu spôsobiť zlyhanie bezpečnostných systémov v dôsledku interakcií so s nimi lokalizovanými systémami.

Čiastková úloha 5 - *Vývoj krehkosti štruktúr a komponentov*

Účelom tejto čiastkovej úlohy je vývoj generických schopností bezpečnostných komponentov a štruktúr, ako sú odhady "krehkosti" alebo pravdepodobnosti porúch. Sú uvažované iba tie štruktúry a komponenty, ktoré sú zahrnuté do hypotetického scenára nehôd. Súbor niekoľkých podstatných štruktúr a komponentov zvyčajne je pripravený na základe stromov porúch a fyzických pochôdzok prevádzkou.

Typy katastrofických porúch musia byť použité v analýzach krehkosti aspoň jednej dôležitej štruktúry a dvojíc mechanických a elektrických komponentov, ktoré môžu oslabiť celkovú bezpečnosť pri odstavovaní prevádzky. Porucha je charakterizovaná kumulatívnym rozdelením, ktoré opisuje pravdepodobnosť vyskytujúcich sa porúch, poskytovanou hodnotou zaťaženia. Experimentálne údaje spolu so skúsenosťou expertov a porovnaním podobných mechanických

a elektrických zariadení budú použité na realistickejšie vypočítanie krehkosti komponentov.

Čiastková úloha 6 - Integrácia a ohodnotenie seizmických systémov, krehkosť a riziko

Kvantifikácia seizmických havarijných reťazcov si vyžaduje uvažovať tri typy pravdepodobností porúch:

- pravdepodobnosti neseizmických (náhodných) porúch komponentov,
- pravdepodobnosti seizmických porúch komponentov,
- omyly prevádzky a operátorov.

Náhodné pravdepodobnosti porúch sú tie, ktoré sa používajú v kvantifikáciách vnútorných udalostí. Pravdepodobnosti seizmických porúch sú vypočítané z výskytu seizmických udalostí a údajov krehkosti. Pravdepodobnosti omylov prevádzky a operátorov sú odhadnuté v analýzach vnútorných udalostí, a preto musia byť preverené, aby sa určili tie, ktoré treba pridať a tie, ktoré možno vylúčiť počas seizmickej udalosti.

Preto musí byť použitá integrovaná kvantifikačná metóda na zachytenie existujúcich neurčitostí v seizmických a neseizmických pravdepodobnostiach porúch, použitých vo všetkých havarijných reťazcoch. Táto metóda používa seizmické, krehkostné a náhodné údaje porúch, druhy distribučného rozdelenia a kvantifikáciu havarijných reťazcov. Kvantifikácia je realizovaná v niekoľkých vybraných úrovniach seismicity a integrovaných cez všetky úrovne na dosiahnutie konečnej distribúcie havarijných reťazcov. Ak typy odlišných porúch sú identifikované rovnako ako tie, ktoré sú hodnotené v analýzach vnútorných udalostí, musí byť definovaný nový model a bude treba znovu určiť nový seizmický reťazec do tohto nového modelu.

Čiastková úloha 7 - Seizmická dokumentácia

Do pracovného súboru musia byť zozbierané upravené informácie pre každý druh uvažovanej prevádzky. Tento balík potom bude pracovným súborom pre analytikov a kontrolných pracovníkov. Z balíka bude potom odseparovaná samostatná správa o seizmických analýzach, ktorá bude zdokumentovávať podrobné informácie pre tieto analýzy ako aj metódy, údaje a výsledky týchto analýz.

Vstupy a predbežné požiadavky

Vstupy pre úlohy seizmických analýz zahrňujú:

- rizikové údaje o stavenisku,
- havarijné reťazce,
- výkresy zariadení,
- projektové seizmické údaje o štruktúrach a komponentoch,
- stromy porúch.

Výsledky

Zdokumentovaný model a výsledky rizika poškodenia prevádzky seizmicky indukovanými dôležitými poruchami.

5.5.4 Analýzy iných udalostí

Ciel': Identifikácia ďalších vonkajších udalostí, ktoré majú primerané (odhadované) možné príspevky k riziku oohrozenia prevádzky, oprávňujúce ich aby boli zahrnuté do PSA.

Popis úlohy : Okrem kľúčových vonkajších udalostí, ako sú seizmické udalosti, požiare a záplavy vo vnútorných priestoroch je množstvo iných vonkajších udalostí, na ktoré treba poukázať, a ktoré príležitostne môžu ovplyvňovať bezpečnosť prevádzky a ktoré závisia od špecifických vlastností prevádzky a od jej umiestnenia.

Pre jadrovoenergetické zdroje vo svete je spracovaný súhrnný zoznam týchto udalostí, ktoré zahrňujú vonkajšie záplavy, víchrice, extrémne teploty, rozmanité situácie pri prudkých búrkach, vonkajšie požiare, pôsobenie mimozemských telies (napr. meteoritov a družíc), vulkanické činnosti, lavíny, zosuvy pôdy, uvoľnenie nebezpečných materiálov z mimostaveniskových skladov, havárie blízkych priemyselných alebo vojenských zariadení. Táto úloha vykonáva štrukturované, ale jednoduché analýzy poskytnutím dokumentácie, kde všetky udalosti budú buď zamietnuté alebo zahrnuté do analýz na základe určitých "obranných" podkladov. Je to dosiahnuté pomocou jednoduchého prezretia havarijných reťazcov a obmedzovacích analýz, určujúcich že v PSA sa nemá uvažovať s niektorou z týchto udalostí. Súhrn prístupu, používaný pre analýzy rizika spojenými s "inými" vonkajšími udalosťami je zobrazený na obr. 18 a je obdobný ako pri vyššie uvádzaných analýzach. Realizácia tejto úlohy je podmienená spracovaním nasledovných čiastkových úloh:

Čiastková úloha 1 - *Príprava postupu technických analýz pre analýzy iných vonkajších udalostí*

Čiastková úloha 2 - *Zaškolenia pre postup technických analýz pre analýzy iných vonkajších udalostí*

Čiastková úloha 3 - *Vývoj pracovného balíka iných vonkajších udalostí*

Pracovný balík "iných" vonkajších udalostí bude zvyčajne zostavený tak, aby obsahoval všetkých kandidátov vonkajších udalostí. Tento balík obsahuje:

- (1) charakterizačné štúdie staveniska z oblastí meteorológie, hydrológie, geológie, dopravných trás a susediacich zariadení a iné údaje špecifikujúce stavenisko,
- (2) referenčné projektové informácie, týkajúce sa charakteristík projektu súvisiacich so zmiernením následkov vonkajších udalostí,
- (3) poskytnutie nevyhnutných informácií potrebných na uskutočnenie úlohy.

Čiastková úloha 4 - *Uskutočnenie počiatočnej previerky*

Aplikáciou súboru štyroch kritérií na kandidátov udalostí sa zaháji eliminácia "iných" vonkajších udalostí z ďalších uvažovaných udalostí. Previerkové kritériá sú aplikované vo vzrastajúcom poradí obtiažností, vyžadujúcich minimálnu hladinu úsilia. Sú uvažované nasledujúce štyri kritériá previerky :

- eliminácia všetkých udalostí, ktoré sa nevyskytujú dostatočne často, aby mohli mať vplyv.

Napr. ak víchrica nemá vplyv na vnútorné zariadenia a uvoľnenie toxických látok zo vzdialených zdrojov nemôže sa dostať do snalýzy.

- eliminácia všetkých udalostí, ktoré sú zahrnuté v pojmoch iných udalostí.

Napr. ak je zdrojom uvoľnenia toxických plynov okoloidúci vlak, potom uvoľnenie toxických plynov môže byť klasifikované už v dopravných nehodách.

- eliminácia všetkých udalostí, ktoré sa pomaly vyvíjajú, ak prešiel dostatočný čas na eliminovanie zdroja hrozby alebo na poskytnutie adekvátnej odozvy.

Napr. eliminácia víchric, ako možnej príčiny dôležitej hrozby poškodenia prevádzky je možná tak, že sa vyžaduje pri víchricovom poplachu (nebezpečenstve) odstaviť prevádzku.

- eliminácia všetkých udalostí, ktorých priemerná frekvencia výskytu je významne nižšia ako iných udalostí s podobnými neurčitostami, a ktorých vplyv na prevádzku nemôže prevýšiť spomenuté iné udalosti.

Napr. ak možný účinok zemetrasenia má frekvenciu $1.0E-5$ (10^{-5}) za rok, môže byť porovnávaný s účinkom vetra s frekvenciou nižšou ako $1.0E-7$ za rok a väčšie víchrice netreba uvažovať.

Čiastková úloha 5 - Prevedenie ohraničení analýz

V tomto kroku musí byť vypočítaná maximálna frekvencia výskytu udalosti s možným poškodením prevádzky. Je to uskutočnené posúdením informácií z projektu, ktoré systémy, štruktúry a komponenty sú schopné udržania sa počas trvania vonkajších udalostí. Sú použité konzervatívne kritériá hodnotenia porúch systémov, štruktúr a komponentov.

Zvyčajne sa tu eliminujú všetky vonkajšie udalosti, ktorých frekvencia výskytu je menšia ako $1.0E-6$ až $1.0E-7$ za rok.

Čiastková úloha 6 - Určenie iniciačných udalostí pre PSA

Zostávajúce vonkajšie udalosti sú potom určené, aby boli zahrnuté do PSA ako iniciačné udalosti. V tejto úlohe sú definované špecifikácie a ich priame účinky. Sú tu tiež načrtnuté (a poskytnuté do úloh iniciačných udalostí a do úloh stromov udalostí) tie iniciačné udalosti na určenie, či sú vyžadované dodatočné stromy udalostí. Sú definované a poskytnuté do úloh stromov porúch (pre zahrnutie do modelov) a do úloh krehkosti (pre kvantifikáciu) možné poruchy systémov, štruktúr a komponentov, ktoré môžu byť zapríčinené príslušnou udalosťou.

Čiastková úloha 7 - Príprava zprávy o "iných" vonkajších udalostiach

Do pracovného súboru sú zozbierané upravené informácie pre každý druh uvažovanej prevádzky. Tento balík je potom pracovným súborom pre analytikov. Z balíka je separovaná samostatná správa, ktorá zdokumentováva podrobné informácie pre tieto analýzy ako aj metódy, údaje a výsledky týchto analýz.

Vstupy a predbežné požiadavky

Vstupy pre úlohy analýz o iných udalostiach zahrňujú:

- údaje o stavenisku,
- projektové údaje o vonkajších udalostiach,
- výkresy zariadení,
- havarijné reťazce,
- stromy porúch.

Výsledky

Zdokumentované hodnotenie rizika poškodenia prevádzky zapríčineného inými vonkajšími udalosťami.

6. TECHNICKÝ PRÍSTUP K MODELU PSA (PRA) 2. A 3. ÚROVNE

Prezentovaný metodicky postup v predchádzajúcej kap. 5 umožňuje pri jeho aplikácii na konkrétnu technológiu kvantifikovať pravdepodobnosť vzniku závažnej havárie, čo je prvý predpoklad pre kvantifikáciu jej rizika. Naplnenie druhého predpokladu, kvantifikovanie veľkosti únikov a veľkosti následkov závažnej havárie býva zvyčajne komplikovanejšie práve preto, že mnohé následky závažných havárií nevieme ešte aj dnes vôbec zhodnotiť (oceniť). Preto aj pripravovaný zákon o závažných haváriách sa vyhýba stanovovaniu veľkosti únikov (každý únik mimo technológiu, tj. do životného prostredia je závažnou haváriou) a kvantifikuje následky závažnej havárie jednotkovo (konštantne), ako ohrozenie zdravia a života jednotlivca alebo viac osôb a ohrozenie životného prostredia, tj. nekvantifikuje ich (neoceňuje množstevné úniky ani škody v korunách), a preto vlastne výsledkom ocenenia rizika závažnej havárie je určenie pravdepodobnosti výskytu závažnej havárie a zhodnotenie prijateľnosti, resp. neprijateľnosti konkrétného číselného výsledku.

Metodika PSA 2. a 3. úrovne je procedurálne založená na prístupe konzistentnom s prístupom ku PSA 1. úrovne uvedenom v predchádzajúcej časti.

K rozmanitým úlohám, navrhnutým pre analýzy PSA 2. úrovne patria:

- oboznámenie sa s prevádzkou,
- vývoj stavov jej poškodenia,
- analýzy postupov havárií,
- charakteristika zdrojových členov,
- hodnotenie citlivosti a neurčitosti.

Kľúčovým aspektom technického prístupu je transfer technológie. Je ním preto, lebo zabezpečenie každej úlohy obstará ďalší postup technických analýz a školenia, aby bolo možné detailne riešiť jednotlivé problémy.

Vzhľadom na uvedené skutočnosti nie je ďalej už tento postup prezentovaný, pretože cieľom tohto metodického návodu je predovšetkým dosiahnuť zavedenie určitého systému do riešenia celej problematiky PSA pre dosiahnutie jej prehľadnosti a odbornej kontrolovateľnosti na 1. úrovni požadovanej pripravovaným zákonom SR o závažných haváriách.

Pokiaľ sa podľa uvedeného postupu zrealizujú všetky kroky v PSA 1. úrovne, potom bude možné jednoducho a zrozumiteľne dosiahnuté výsledky transferovať do technológie pre získanie výsledkov v PSA 2. úrovne, tj. stanovia sa veľkosti a rozsahy poškodení a potom následne v 3. úrovni sa presne definujú (kvantifikujú) následky závažných havárií.

6. ZÁVER

Predkladaný projekt si kládol za cieľ naplniť požiadavky zadávateľa, tj. prezentovať, odôvodniť a odporučiť jednotný metodický postup opierajúci sa o použitie osvedčených pravdepodobnostných (kvantifikačných) metód hodnotenia rizika závažných havárií na základe prezentovania a popísania detailného

formálneho (vzorového) postupu jednotlivých hlavných a čiastkových rizikových analýz a vzájomných logických a systémových väzieb medzi týmito analýzami.

Spracovateľ projektu, na základe oboznámenia sa s legislatívnym zámerom a návrhom pripravovaného zákona o prevencii závažných havárií s prítomnosťou vybraných nebezpečných látok, detailne rozpracoval jednotlivé úlohy tohto metodického postupu tak, aby pri jeho konkrétnej aplikácii u prevádzkovateľa rizikovej technológie pri analýze rizík závažnej havárie sa zabezpečila objektívnosť, porovnateľnosť a kontrolovateľnosť každého kroku analýzy, čo je základný predpoklad pre prijatie objektívnych rozhodnutí zadávateľa v procese riadenia týchto rizík.

Spracovateľ projektu chcel zároveň veľmi zrozumiteľnou cestou, pomocou prezentovaných postupových diagramov pre každú úlohu procesu analýzy rizík, poukázať na základný aspekt tohto postupu, tj. jeho plnú výpovednú schopnosť a kontrolovateľnosť nielen zo strany štátneho dozoru, ale aj riadiacimi a kontrolnými zložkami podniku, ktoré rozhodujú o jeho bezpečnostnej politike.

Ak by tento metodický postup mal slúžiť len štátnemu dozoru, potom by jeho prezentovaná formálnosť pretrvala. Riadenie bezpečnosti v priemyselnom podniku je však komplexným programom zameraným predovšetkým na ekonomické, technické, ľudské a organizačné aspekty, ktoré sa musia objaviť aj v príslušných bezpečnostných riadiacich systémoch, a práve v tejto oblasti môže predkladaný metodický postup najviac pomôcť prevádzkovateľom rizikových technológií pri identifikovaní, lokalizovaní a hodnotení rizík, teda aj v procese riadenia rizík.

Viacere krajiny EÚ (Holansko, Španielsko, Dánsko, Anglicko, Francúzsko, Nemecko) si uvedomili význam pravdepodobnostných metód hodnotenia rizík závažných havárií a zaviedli ich už aj do procesov územného plánovania.

Práve uvádzané skutočnosti môžu byť pri následnom zapracovaní tejto metodiky do pripravovanej legislatívy SR hodnotené ako výrazný prínos do procesu prípravy a hodnotenia rizika nebezpečných prevádzok v rámci krajín, ktoré ešte nie sú členmi EÚ.

7. LITERATÚRA

- [1] Legislatívny zámer zákona o prevencii závažných havárií s prítomnosťou vybraných nebezpečných látok a o pripravenosti na ich zdolávanie, MŽP SR, Bratislava, október 2000
- [2] Kandráč, J. : Možnosti aplikácia metodiky pravdepodobnostného hodnotenia rizík v chemickom priemysle, In : 1. Medzinárodná konferencia CHEMORISK, ZS VTS, Bratislava, 1993
- [3] Pravděpodobnostní hodnocení bezpečnosti, ÚIS pro jaderný program, Zborník přednášek ÚJV Řež, Praha, 1987
- [4] Kandráč, J. : Pravdepodobnostné hodnotenie rizika jadrových elektrární v ČSSR, SVŠT EF Bratislava, písomná práca k odbornej kandidátskej skúške, 1984
- [5] Kandráč, J. : Ekologické aspekty velkých požárnych udalostí na JE V-1 a V-2,

VS VÚPEX č. 823-002-003-4/2, Bratislava, 1992

- [6] Zapletalová-Bartlová I.
Balog, K. : Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií, Edice SPBI
Spektrum, Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství,
Ostrava, 1998
- [7] Kirchsteiger, C. : Posudzovanie a riadenie rizík ako základné prvky v kontrole
nebezpečí závažných havárií v Európskej únii, JR Centre,
ISPRA, Taliansko, 1998
- [8] Kandráč, J. : Prípadové štúdie konkrétnych havárií, Kurz "Manažment
nebezpečných činností, ADAPT, Bratislava, 1997
- [9] Kandráč, J.,
Škvarka, P. : Metodika hodnotenie rizika požiaru na JE, VS VÚPEK
č. 823-02-01-4/2, Bratislava, november 1989