

Преглед на оценката на риска

I. Определения на риск и опасност

Експертите, които говорят за оценка на риска и управление на безопасността използват поредица от термини. Някои от тези термини водят до неправилно тълкуване, тъй като термините “риск”, “заплаха” “опасност” често се използват в ежедневието. Следователно преди да пристъпим към обсъждане оценката на риска трябва да си дадем сметка за това как тези термини са определени и тълкувани от различните групи от хора.

Директивата Севезо II включва определения на опасност и риск:

- *Опасност* означава присъщо свойство на дадено опасно вещество или физическа ситуация с потенциал за причиняване на вреди/щети върху здравето на човека и/или околната среда.
- *Риск* означава вероятността от специфично въздействие, настъпващо в рамките на определен период от време или при определени обстоятелства.

Като такъв, рискът е сложна функция от *опасности*, свързани с определена система, *вероятността* една опасност да резултира в нежелано събитие, *последниците* от това събитие и *уязвимостта* на изложената на опасност околна среда. Рискът, така както е тълкуван от широката публика, както и приемливостта на определени рискове изглежда, че зависи от много аспекти, такива като контрол, страх, знания, доверие.

Трябва да се прави разграничение между опасност и риск. Ако проследим тълкуването на речниците ще видим, че опасността често се описва като “източник на риск”, докато рискът се описва като “вероятност от настъпване на нежелани последици”. Следователно, опасността съществува просто като един източник. Рискът от друга страна, включва “вероятността”, при която този източник може да се трансформира в реална вреда/щета. С помощта на подходящи мерки за предпазване рискът може да бъде намален. Следователно, рискът зависи не само от опасността, но и мерките за предпазване, които се предприемат срещу тази опасност. (Kirchsteiger et al, 1998)

В следващото изложение ще бъдат дадени определения, чиято употреба е широко разпространена в количествената оценка на риска (КОР). Тези определения са полезни в обсъжданията между компетентните органи и персонала на една инсталация. В обсъжданията с широката публика трябва много да се внимава, когато се използват конкретни цифри, основани на тези определения, защото разбирането на широката публика за “риска” може да бъде различно от тези технически интерпретации.

1. Определения за риск в КОР

В рамките на количествената оценка на риска, рискът се определя по един точен начин като вероятността на една авария се умножава по едно количество, за да се изрази сериозността на последиците (често пъти броя на смъртните случаи). Рисковете от различен вид аварии или последици могат да бъдат комбинирани и да доведат до редица параметри, които количествено да изразяват общото равнище на “риск”. Между тях са:

- Риск за индивида
- Риск за обществото

Риск за индивида

Рискът за индивида се отнася до риска за отделния човек, който е в близост до източник на опасност. Тази мярка включва характера на щетата/вредата за индивида, “вероятността” тази вреда да възникне и периодът от време, в който тази вреда може да възникне. Най-често срещан е фаталният риск за индивида, когато вредата се отнася за смъртта на един човек, но също така могат да се използват и други видове вреди. В повече подробности, рискът за индивида е вероятността от възникване на авария с нежелана последица за индивида, намиращ се в точка (x,y) около рисковата инсталация. Периодът от време, за който се отнася мярката също трябва да бъде определен (“времето, за което се отнася рискът”). Едно стандартно “ниво на риска” е например 10^{-6} годишно.

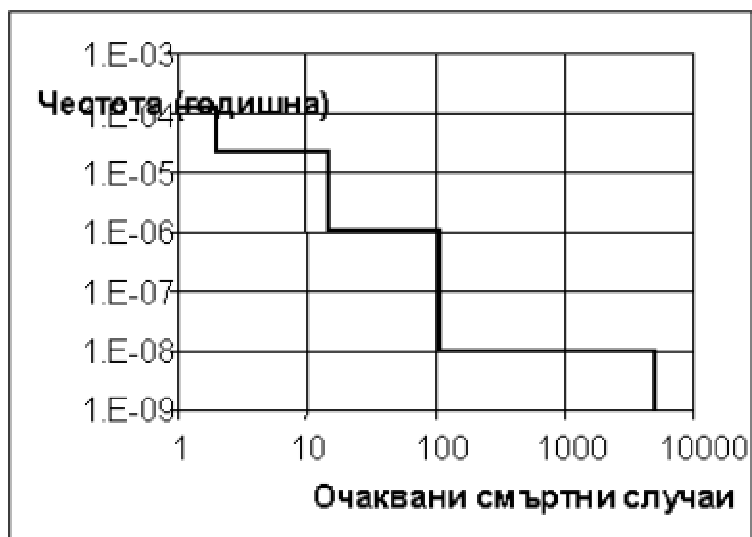
Мярката на риска за индивида в различните точки дава географското разпределение на риска, представляващо характеристика на зоната около рисковата инсталация. Кривата на изориска се определя като набор от точки (x,y) около инсталацията, където рискът за индивида има специфична (еднаква) стойност. Тези криви, известни още като контури (изоплети) на риска за индивида, зависят предимно от самата инсталация, независими са от гъстотата на съседното население и представляват една ясна картина на риска около инсталацията.

Риск за обществото

Рискът за обществото е рискът, пред който е изправена група от индивиди, засегнати от авария. Той се изразява като отношение между честотата и броя на хората от дадено населено място, пострадали от авария. Той представлява обхватът на последиците на възможните аварии и е илюстриран с “кривите Ч-Б”. “Кривите Ч-Б” са графично изобразяване на честотата (Ч), с която могат да възникнат определен брой последици (Б). Ако последиците са броят на смъртните случаи, то тогава “кривата Ч-Б” показва броя на аварията за една година с Б или повече смъртни случаи на авария (кумулятивно разпределение). Тази графика дава показания за това колко хора са изложени на различни нива на риск.

Следващият пример е взет от (Kirchsteiner et al. 1998): Да предположим, че анализът на риска на едно производствено химическо предприятие идентифицира 4 основни сценария на изпускане на опасни вещества. Тези сценарии заедно с вероятността от възникване и съответните последици (в термините на очаквани смъртни случаи) са описани накратко в следната таблица:

	Сценарии на събитията	Последици (очаквани фатални случаи)	Вероятност от възникване (годишно)
s ₁	Изпускане/изтичане от тръбопровод	2	10 ⁻⁴
s ₂	Катастрофален пробив на резервоар	5000	10 ⁻⁸
s ₃	Изпускане от пробив на резервоар	110	10 ⁻⁶
s ₄	Пробив в товаро/разтоварен ръкав	15	2 × 10 ⁻⁵



Пример на крива Ч-Б

И след като кривата Ч-Б е кумулативно разпределение, първото нещо което трябва да бъде направено е да се пренаредят сценариите според обхвата на сценариите (s₁, s₄, s₃ и s₂) и да се изчисли кумулативната честота. Това дава графиката, показана на Фиг. 1.2.

II. Използуване на матрицата на риска

Вместо комбинирането на вероятностните измерения с измеренията на последиците в една проста цифра, тези качества могат да бъдат представени заедно в една матрица. Този подход често се използва за качествена оценка на риска. В този случай вероятностите и последиците се изразяват с описателни термини ("малко вероятни" и "сериозни"). Проблемът е в това, че тълкуването на тези описателни термини се оказва доста трудно, когато от експертите се поиска да определят количествено тези термини. Без поне един минимум от количествено определяне не е възможно да се осъществи оценка на риска. Матрицата на риска, изложена по-долу включва няколко предложения за терминология, определения и количествени измервания, но те са все още далече от стандартизиране!

В матрицата на риска може да се посочи определено ниво на риска за всяка една от клетките в зависимост от вероятността и последиците. Матрицата на риска се използва за очертаване на риска на (индивидуалните) сценарии на аварии. Когато всички идентифицирани сценарии на аварии са очертани се получава впечатлението за общото ниво на риск за предприятието. Предимството на използване на матрицата на риска е, че и двете измерения на риска (вероятност и последици) са запазени, което може да се окаже от полза при докладването на риска и избора на мерки за намаляване на риска.

		Последици				
Вероятност	Честота на възникване за година	Катастрофални, Смъртни случаи в и извън предприятието	Значителни Смъртни случаи в предприятието и наранявания извън предприятието	Сериозни Сериозни наранявания или трудови заболявания в предприятието	Малки Малки наранявания или трудови заболявания	Нищожни По-малки наранявания и нищожни вреди
Случайно Може да се случи няколко пъти по време на жизнения цикъл инсталацията	$1 \cdot 10^{-2}$					
Вероятно Възможно е да се случи, но не непременно	$10^{-2} - 10^{-4}$					
Невероятно Малко вероятно или невероятно, но възможно	$10^{-4} - 10^{-6}$					
Много невероятно Трудно допустимо	$10^{-6} - 10^{-8}$					
Крайно невероятно Вероятност под разумни граници	$< 10^{-8}$					

II. Въведение в оценката на риска

Целта на този раздел е да осигури:

- Разбиране на термините и определенията, които се използват в оценката на риска;
- Преглед на процеса на оценката на риска.

1. Планиране на работата по оценка на риска

За управлението на риска е важно оценката на риска да бъде един непрекъснат процес, който да отчита промените в практиката и опита на предприятието, включително аварии/инциденти. Оценката на риска не бива да се разглежда като упражнение веднъж завинаги.

Силна страна на повечето методи за анализ на риска е в това, че събират заедно различни експерти. Важно е анализът да се направи от групата за анализ, в която е необходимо да бъдат представени експерти от различни области на знанието; по този начин се осигурява една база за оценка на различните приноси към риска, произтичащи например от химични вещества, човешка грешка или оборудване. За да се максимизира ефикасността на работната група, тя трябва да бъде оглавена от експерт, който е наясно с аналитичния метод. Методите за анализ на риска не са начини за генериране на нова фактическа информация, а просто най-добрия начин за системно събиране на знания, които членовете на работната група вече имат и могат да послужат като основа за оценката на риска.

Работата по анализ на риска трябва да бъде организирана като съставна част от всеки проект. Подходящо организираните анализи обикновено резултат в по-безопасни, но също така и по-надеждни и по-икономични предприятия. Хората от компанията обикновено имат най-пълните знания за обстоятелствата в съществуващите предприятия, но трябва да се използват и външни експерти, когато това е необходимо. Областите, за които могат да се необходими експертни знания са например физически явления, свързани с анализирания събития, математически или статистически знания, свързани с обработката на данни и т.н. Събирането на опит, свързан с аварии или едва предотвратени аварии в подобни предприятия, на друго място също може да изисква експертна помощ.

Отговорността за гарантиране качеството на работата трябва да бъде възложена на компетентен човек, който не е активно ангажиран с анализа. Гарантирането на качеството на работата включва проверка на това дали анализът е бил направен в съответствие със спецификациите и дали отклоненията са обяснени по един задоволителен начин. Стратегията по качество трябва да третира несъответствията между очакванията и получените резултати по такъв начин, че да подсилва, а не да пречи на процеса на анализа. Това означава, че всеки междинен и краен резултат от процеса на анализа трябва да бъде проверяван веднага след неговото завършване, за да се гарантира откриването на грешки, колкото се може по-рано.

Следващата схема идентифицира дейностите в изследването на анализа на риска (Malmén et al, 1992). Това са основните дейности, които трябва се вземат

пред вид, както за едно качествено, така и за едно количествено изследване. Разсъжденията върху резултатите от всяка дейност се предполагат така, че през цялото време да се мисли за мерките за намаляване на риска. Повечето от споменатите дейности в тази схема ще бъдат разгледани по-подробно и по-късно в това кратко изложение.

Що се отнася до определението на системата, опитът на много, ако не на повечето от анализите на риска на съществуващите предприятия, показва че този етап включва преразглеждане и преработване на чертежите и документацията на предприятието, защото те не съответствуват на реалното състояние на оборудването. И въпреки, че с въвеждането на чертежи на електронен носител, се улеснява актуализирането на чертежите, все още е необходима много дисциплина, за да се постигне своевременна актуализация, следваща направените в предприятието промени.

(CCPS 1985) представя оценката на риска с всички междинни разсъждения върху намаляването на риска в следния списък:

1. Идентифициране на присъщите опасности в процеса/предприятието
1. Оценка на последиците, които могат да произтекат от идентифицираните по-горе (1) опасности.
2. Идентифициране на благоприятните възможности за намаляване на по-горните (2) последици.
3. Идентифициране на събития, които предизвикват аварии и могат да доведат до оценените по-горе (2) последици.
4. Оценка на вероятностите на пораздащите събития.
5. Идентифициране на благоприятните възможности, за да се намалят вероятностите на пораздащите събития.
6. Идентифициране на последователността от аварийни събития (реакции на системата), които могат да доведат до оценените по-горе (2) последици.
7. Оценка на вероятностите и последиците на веригата от аварийни събития, идентифицирани по-горе (7).
8. Идентифициране на благоприятните възможности за намаляване на вероятностите и/или последиците на веригата от аварийни събития, идентифицирани по-горе (7).
9. Ако е необходимо, количествена оценка на опасностите за намаляване на неопределеността в оценките на вероятностите и последиците и идентифициране на оптималните инвестиции за постигане на едно ниво на приемлив и обмислен риск.

Както беше споменато в по-горе, самият процес на анализ на риска генерира идеи за мерки за намаляване на риска.

2. Подходи при анализ на отказите

Целта на този раздел е да въведе някои методи за подробен анализ на опасностите и отказите. Техниките на оценката на опасностите HAZOP и дървото на отказите ще бъдат описани с повече подробности.

Идентифицирането на уязвимите сфери на специфичните опасности и неизправности е от фундаментално значение за предотвратяване отказите. В днешно време имаме на разположение цяла плеяда от техники за анализ на опасностите и отказите, които могат да бъдат използвани в различните фази на един проект и за анализ на различни видове откази. Няма един единствен метод или процедура, затова е важно когато се анализира предприятието да се постави ударение на различните видове дейности и параметри, като например:

- Условия на процеса (налягане, температура, концентрация, поток)
- Оборудване (производствени единици и контролно-измерителни средства и т.н.)
- Човешки дейности (работа, поддръжка, ремонт и т. н.)

Важен принцип при идентификацията на опасностите и анализа на отказите е да се използва натрупания опит. Използването на стандарти и правила може да помогне в избягването на опасностите и отказите, за които хората даже може и да не подозират. Правилата и опитът, които са включени в стандартите и правилата са израз на най-новите достижения на техническия прогрес и представляват един минимум от изисквания, които трябва да бъдат изпълнени, за да се постигне желано ниво на безопасност.

Ще въведем някои от методите за идентифициране на опасностите и анализ на отказите.

3.Изследване на опасностите (HAZOP)

HAZOP е разработен от ICI в края 1960-те. Този метод е разработен, за да идентифицира опасностите в едно производствено предприятие и да идентифицира проблемите на експлоатация, които макар и не рискови могат да изложат на риск способността на предприятието да постига проектната продуктивност. Експлоатацията включва такива въпроси като включване, изключване, контрол и поддържане на оборудването.

Възприетият подход изисква формирането на мултидисциплинарен екип, който работи съвместно за идентифицирането на опасностите и проблемите на експлоатирането чрез търсенето на отклонения от проектните намерения. Опитният ръководител системно ръководи екипа през технологичната схема на предприятието като използва предварително определени ключови думи и чек-листове

Процесът е систематичен и ще бъде полезно ако се дефинират термините:

- ПРЕСЕЧНИ (КЛЮЧОВИ) МЕСТА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО- Местоположението (на тръбопроводите и контролно-измерителните средства и процедурите върху чертежите), на които се изследват отклоненията от параметрите на процеса.
- НАМЕРЕНИЕ- намерението определя как се очаква да функционира предприятието без отклонения в пресечните точки на изследването. Това може да бъде направено в различни форми и може да бъде или описателно или схематично, т.е. схема на технологичния процес, линейни диаграми P&IDs.

- **ОТКЛОНЕНИЯ**- Това са отклонения от замисъла, които са разкрити чрез систематичното прилагане на ключовите думи (например, “повече налягане”).
- **ПРИЧИНИ**- Това са причините, поради които могат да възникнат отклоненията. Веднъж показано, че отклонението има правдоподобна причина, то може да бъде считано смислено. Тези причини могат да бъдат неизправности в апаратурата, хардуера, човешки грешки, непредвидимо състояние на процеса (например, промени в устройството), външни смущения (например, липса на хранване) и т.н.
- **ПОСЛЕДИЦИ**- Това са резултатите от възможните отклоненията, в случай че те настъпят (например, изпускане/изтичане на токсични вещества). Тривиалните последици, свързани с целите на изследването са пропуснати.
- **КЛЮЧОВИ ДУМИ**- Това са прости думи, които се използват за количествено или качествено изразяване на намеренията, за да се ръководи и стимулира процеса на “мозъчна атака” и по този начин да се разкриват отклонения. Всяка ключова дума се отнася да променливите на процеса в ключовите места, които се изследват .

Ключовите думи, които се използват за генериране на “отклонения” за дискусиите са представени в следната таблица (Lees, 1980, CCPS, 1985)

Ключова дума	Значение	Указание за използване на ключовите думи
НЕ или НЕ Е позволено, не е възможно, отрицание, отказ	Отрицание на намерението	Липса на поток в права посока, например няма поток
НЕ ПОВЕЧЕ ОТ	Количествено увеличение	Повече отколкото трябва да бъде всяко физично свойство т.е. по-голям дебит на поток (скорост или общо количество), по-висока температура, по-високо напрежение, по-висок вискозитет и т.н.
ПО-МАЛКО ОТ	Качествено намаление	По-малко отколкото трябва да бъде всяко физично свойство, например по-нисък дебит на поток (скорост или общо количество), по-ниска температура, по-ниско напрежение, и т.н.
КАКТО И, В ДОПЪЛНЕНИЕ НА	Качествено увеличение	Повече налични компоненти в системата, отколкото трябва да бъдат, например наличие на повече фази (твърдо, пари), примеси (въздух, вода, киселини, продукти на корозия) и т.н.
ЧАСТ ОТ	Количествено намаление	Различен състав на системата от този, който трябва да бъде т.е. промени в съотношение на елементите, липсващи компоненти и т.н.
ОБРАТЕН, ПРОТОВОПОЛОЖЕН	Логична противоположност на намерението, замисъла	Поток в обратната посока.
ДРУГО	Пълен заместител	Какво друго може да се случи, различно от замислената операция т.е. поток на друг компонент, включване, изключване, бавна скорост на протичане, алтернативен метод на работа, пропуск на услугите на предприятието, поддръжка, промяна на катализатор и т.н.

Има също така някои полезни модификации на ключовите думи, такива като:

- ПО-РАНО ИЛИ КЪСНО за ДРУГО ОСВЕН когато се отнася за време
- КЪДЕ ДРУГАДЕ или за ДРУГО ОСВЕН когато се отнася до положение, източник или назначение, дестинация
- ПО-ВИСОКО или ПО-НИСКО за ПОВЕЧЕ и ПО-МАЛКО когато се отнася до издигане, температури, или налягане.

Изследването HAZOP изисква достъп до подробното описание на предприятието - чертежи, схеми на технологичния процес. Изследването HAZOP също така изисква значителни знания за процеса, контролно-измервателни уреди и операции, като обикновено членовете на екипа осигуряват тази информация. Резултатите на изследването обикновено са количествени и включват:

- Идентифициране на опасностите и проблемите на функциониране

- Предложени промени в проекта, процедурите и т.н.
- Препоръки за последващи изследвания за случаите, за които не са били възможни заключения, поради липса на информация или знания.

Следният пример е взет от (Lees 1980). Таблицата представлява пример на матрица за HAZOP за специфично ключово място в производствената единица за производство на диамониев фосфат ДАФ (DAP), отнасящ се за параметъра на процеса поток.

Ключова дума	Отклонение	Последици	Причини	Предложено действие
Няма	Няма поток	Излишък от амоняк в реактора. Изтичане в работната среда	Отказ на вентил А - остава затворен	Автоматично затваряне на вентил Б при липса на поток от фосфорна киселина
			Запасът на фосфорна киселина е изчерпан	
			Запушване на тръбата; пробив в тръбата	
По-малко	По-малък поток	Излишък от амоняк в реактора. Изпускане в работната среда, в количество, съответстващо на неподаденото количество киселина	Вентил А частично затворен	Автоматично затваряне на вентил Б при намален поток от подаваната фосфорна киселина
			Частично запушване или пукнатина в тръбата	
Повече,	По-голям поток	Излишъкът на фосфорна киселина разгражда продукта. Няма опасност за работната среда.	-	-
Част от	Нормален поток от намалена концентрация на фосфорна киселина	Излишък на амоняк в реактора. Изпускане в работната среда в количество, съответстващо на неподаденото количество киселина	Доставен погрешен материал или концентрация	Проверка на концентрацията на фосфорната киселина в резервоара след зареждане
			Грешка в зареждането на резервоара за фосфорна киселина	

Пример на матрица за HAZOP за параметъра "поток" (Lees, 1980)

4. Анализ на видове откази и последици FMEA

FMEA е систематично подреждане в таблица на системата/оборудването на предприятието, вида на техните откази, последиците от всеки вид отказ върху системата/оборудването на предприятието и класифицирането им по критичност. Изследването FMEA започва с един компонент. Видът отказ е описание на това как оборудването е отказало да работи (отворено, затворено, включено, изключено, теч и т.н.). Последиците от вида на отказ е реакцията на системата или авария в резултат от отказ на оборудването. Човешките грешки обикновено не се изследват систематично от FMEA. FMEA представлява един “отдолу нагоре” подход и един от недостатъците му се състои в това, че разглежда компонентите само един по един, а не изследва едновременно множество откази или последиците от скритите откази. FMEA може да бъде представен в таблична форма, както е илюстрирано по-долу. Обикновено FMEA се използва в комбинация с Анализа на дърво на отказите (виж по-долу).

КОМПОНЕНТ	ВИД ОТКАЗ	ПРИЧИНА	ПОСЛЕДИЦА И ОТКРИВАНЕ	МЕРКИ

5. Анализ на дървото на отказите/грешките (АДО)

Анализът на дървото на отказите е подход “отгоре надолу” и представлява една дедуктивна техника, която се концентрира върху определено аварийно събитие и осигурява метод за определяне на причините за него. Дървото на отказите може да се използва или като количествена или като качествена техника. Дървото на отказите е една диаграма, която описва логическата връзка между едно избрано крайно събитие и събитията, водещи до него. Крайното събитие обикновено е нежелано опасно събитие и възможността на тази опасност трябва да се предвиди преди конструирането на дървото на отказите.

Самото дърво на отказите е един графичен модел, който показва различни комбинации на откази на оборудването, които могат да доведат до аварийно събитие. След като бъде избрано крайното събитие започват да се търсят второстепенните събития, които могат да предизвикат това събитие. Ако причините водят независимо до крайното събитие, те се прибавят чрез “логическия знак ИЛИ”. Понякога, обаче едно събитие ще доведе до крайното събитие само ако са изпълнени определени условия. В тези случаи, събитията и условията се прибавят чрез “логическия знак И”

И

ИЛИ

Основно събитие

Междинно събитие (събитие-отказ)

Решението на дървото на отказите е списък от съчетания на откази/грешки, които са достатъчни, за да породят интересуващото ни аварийно събитие. АДО може да включва човешки грешки, както и откази в оборудването. Дървото на отказите помага да се разкрият кои са възможните причини за рискове чрез разделянето на една авария на основни откази и човешки грешки. Дървото на отказите може да бъде оценено количествено когато са налице данни за отказите. Методът на дървото на отказите не е пригоден за моделиране на зависимостта от времето, и освен това не предлага помощ при идентифицирането на подходящ списък за отчитане на крайните събития.

Конструкцията на дървото на отказите започва с крайното събитие и продължава ниво по ниво, докато всички събития се развият до техните основни причини (ОСНОВНИ събития). Анализаторът започва с крайното събитие и за следващите нива определя непосредствените, необходимите и достатъчни причини, които пораждаят крайното събитие. Обикновено това не са основни причини, а междинни откази, които изискват допълнително развитие.

Пълното дърво на отказите осигурява полезна информация чрез показването на взаимозависимостите на отказите на оборудването, които биха могли да резултират в авария. С изключение на най-простото дърво на отказите, обаче дори и опитен анализатор не може да идентифицира направо от дървото на отказите всички комбинации от откази на оборудването, които могат да доведат до авария. Този раздел дискутира един метод за "разрешаване" на дървото на отказите или постигането на минимални аварийни съчетания (MAC) за дървото на отказите. Минималните аварийни съчетания са всички комбинации на откази на оборудването, които могат да доведат до крайното събитие на дървото на отказите. MAC се използват за класифициране на пътищата, по които аварията може да възникне и позволяват количествено изразяване на дървото на отказите ако има налице подходящи данни. Методът на решение на дървото на отказите има четири стъпки:

- Идентифициране на всички логически знаци и на всички ОСНОВНИ събития.
- Достигане до ОСНОВНИТЕ събития
- Отстраняване на дублиращи се събития в рамките на едно съчетание
- Премахване на всички супер съчетания (съчетания, които съдържат други съчетания като подсъчетания).

В този пример има четири комбинации или съчетания на ОСНОВНИ събития, които могат да доведат до крайното събитие:

Съчетание 1 : 1,2

Съчетание 2 : 1,2,4

Съчетание 3 : 1,2,3

Съчетание 4: 1,3,4

Следващата стъпка от процедурата на решение на дървото на отказите е премахването на всички супер съчетания, които се появяват в съчетания с основните събития. В по-горните резултати има две супер съчетания. И двете съчетания 2 и 3 са супер съчетания на 1, т.е. всяко от съчетанията 2 и 3 съдържа 1 като подсъчетание. След като бъдат премахнати супер съчетанията, останалите съчетания са MAC за нашия пример на дърво на отказите:

MAC 1 : 1,2

MAC 2 : 1,3,4

Класифицирането на MAC е последната стъпка от процедурата анализ на дървото на отказите. За едно количествено класифициране могат да се вземат пред вид два фактора. Първият е структурното значение, който се основава на множеството ОСНОВНИ събития от всяко минимално разклонение. В този тип класифициране MAC от едно събитие е от по-голямо значение отколкото MAC от две събития, MAC от две събития е от по-голямо значение от MAC от три събития и т.н. Това класифициране предполага, че е по-вероятно да се случи едно събитие, отколкото две събития, че е по-вероятно да се случат две събития отколкото три и т.н. Вторият фактор взема пред вид класифицирането в рамките на всяко MAC например класифицирането на MAC от две събития, основаващо се на това какъв тип събития правят минималното съчетание. Общото правило на класифицирането е:

1. човешка грешка
2. активен отказ на оборудването
3. пасивен отказ на оборудването

Анализ на дървото на събитията

Анализът на дървото на събитията е метод за оценка на възможните изходи от определени откази на оборудването или човешки грешки, известни като поражаващи събития. За разлика от анализа на дървото на отказите, анализът на дървото на събитията е процес на “предварително мислене”, т.е. анализаторът започва с едно поражаващо събитие и разработва следващата верига от събития, които описват възможни аварии, като си дава сметка както за успехите така и за неуспехите на функциите по безопасност докато аварията се разгръща.

Анализът на дървото на събитията взема пред вид и реагирането на системата за безопасност на оператора на поражаващото събитие в определянето на възможните изходи на аварията. Резултатите от анализа на дървото на събитията са верига от аварии т.е. хронологична поредица от откази, събития и грешки, които определят една авария. Анализът на дървото на събитията е подходящ за системите за безопасност или аварийните процедури за реагиране на определени поражаващи събития или за моделиране на времевите зависимости между отказите/грешки и събитията в една верига от аварии .

Ние представяме 2 примера на дърво на събитията. Първото показва действието на системите за безопасност и дейностите на оператора към поражаващото събитие (от CCPS, 1985):

МЕРКИ ЗА БЕЗОПАСНОСТ:	Алармата за висока температура на реактор за окисление алармира оператора при температура T1	Операторът възстановява потока на охлаждаща вода към реактор за окисление	Системата за автоматично изключване прекъсва реакцията при температура T2	ОПИСАНИЕ НА РЕЗУЛТАТА
	B	C Успех	D	A
	Успех		Успех	Безопасни условия, връщане към нормална работа AC
		Отказ		Безопасни условия, спиране на процеса
ПОРАЖДАЩО СЪБИТИЕ : Загуба на охлаждащата вода към реактора за окисление			Отказ	ACD
A			Успех	Опасни условия, излязла извън контрол реакция, операторът знае за проблема AB
	Отказ			Нестабилни условия, спиране на процеса
			Отказ	ABD
				Опасни условия, излязла извън контрол реакция, операторът не знае за проблема

Следващият пример показва въздействието на външни фактори върху разпространението на аварията и нейните възможни последици (Kirchsteiner, 1996):

Изпускане на пропан бутан	Мигновено възпламеняване	Забавено възпламеняване	Експлозия	Явление
	да			BLEVE
	не	да	да	U.V.C.E
			не	Flash Fire
		не		Диспергиране

U.V.C.E- забавено възпламеняване и експлозия на парен облак

Flash Fire- забавено възпламеняване и запалване на парен облак

6.Подходът на “Папийонката”

Подходът на “Папийонката” се състои от (графична) комбинация на дървото на отказите, дървото на събитията и диаграма на бариерите. Започвайки с веригата от основни събития от лявата страна, дървото на отказите се използва за да илюстрира как тези основни събития или поражаващите ги събития могат да причинят едно “критично събитие”, крайното събитие от дървото на отказите. Критичното събитие е събитието- загуба на херметичност, което дава началото на неконтролирано изпускане на опасно вещество в околната среда. Дясната страна на папийонката се чертае във формата на дърво на събитията, показващи възможното развитие на критичното събитие в серия от алтернативни последици (самите големи аварии).

В тази графа могат да бъдат илюстрирани “бариерите на безопасност” или “защитните граници”, т.е. мерките за намаляване на вероятността (=превенция) от критичното събитие (на лявата страна на папийонката) или намаляване на последиците (=смекчаване).

7.Анализ на дейностите и грешките (АДГ)

АДГ е една стратегия за изследване, която идентифицира възможните отклонения при погрешна работа на човека. Този метод се използва обикновено като допълнение или на анализа АДО или HAZOP. Анализът се основава на постепенното описание на процедурите на работа, изпитване, поддръжка и т.н. Работните процедури са описани като последователност от дейности, като са отбелязани последиците на всяка една от тях върху предприятието. След това се отчита въздействието на един набор от възможни грешки за всяко действие като за целта се използват поредица от ключови

думи като: прекалено рано, прекалено късно, много малко, много дълго, много късо, погрешна посока, на погрешен обект, погрешно действие.

Изискванията за данни за АДГ включват: а) процедури на предприятието

б) информация от интервюта с персонала от предприятието;

в) знания за местоположението на предприятието/функции/разпределение на задачи;

г) местоположение на контролния пулт и алармената система и т.н.

Различните фази от обработката на данни, такива като техническа обработка на данни, анализ на получената информация, сравнение на информацията с целите и процеса на вземане на решение само понякога са включени в обхвата на АДГ. Изследват се само външните резултати от моделите на грешки в различните стъпки.

Литература

- CCPS (Center for Chemical Process Safety) (1985). *Guidelines for Hazard Evaluation Procedures*. American Institute of Chemical Engineers, New York.
- Kirchsteiger, C. (ed.) (1998). *Risk Assessment and Management in the Context of the Seveso II Directive*. Industrial Safety Series, vol. 6. Elsevier. 537 pp.
- Lees, F.P. (1980) *Loss Prevention in the Process Industries*. Butterworth & Co.
- Soukas, J.; Pyy, P. (1988). Evaluation of the validity of four hazard identification methods with event descriptions. VTT Research report no. 516. 55pp.
- Malmén, Y.; Nissilä, N.; Rasmussen, B.; Rouhiainen, V. (1992). *Nordic experiences concerning future trends for the preparation of safety reports*. Nordic Council of Ministers, Nord 1992:46, 178 pp.
- Papadakis, G.A.; Amendola, A. (editors) (1997). Guidance on the preparation of a safety report to meet the requirements of council directive 96/82/EC (Seveso II). Joint Research centre. European Commission. EUR 17690 EN. 66 pp.
- Rogers, R.L. (ed) (2000) *The RASE Project: Methodology for the Risk Assessment of Unit Operations and Equipment for Use in Potentially Explosive Atmospheres*, EU Project No: SMT4-CT97-2169, INBUREX GmbH, Hamm, Germany (This document can be downloaded from www.safetynet.de)