

## **Анализ на риска**

### **(съгласно Методично ръководство на унгарските компетентни органи)**

Анализът на риска включва 5 етапа:

- a) идентифициране на сценариите
- b) определяне на очакваната вероятност на тези сценарии
- c) определяне на последствията при тези сценарии
- d) определяне на риска чрез комбиниране на вероятността от възникване и очакваните последствия
- e) оценка на приемливостта на риска (сравняване с предварително зададени критерии).

Количествената оценка на риска изисква идентифициране и анализиране на всички възможни сценарии на аварии, за да се постигне пълно описание на нивото на риска. В Доклада за безопасност трябва да се включи списък на сценариите, използвани при оценката на риска. За всеки сценарий, този списък трябва да предоставя следната информация:

- информация за веществото (вид, количество, начин на съхранение, преработка или произвеждане, физикохимични и токсикологични характеристики и т.н.)
- количеството вещество, което участва в аварията (изпуснато вещество)
- продължителността на изпускането
- условията на изпускането (налягане, температура, фаза)
- мястото на изпускането и ситуацията (в помещение/на открито, наличие на обваловки и т.н.)
- честота на аварията (изразена като честота на възникване).

Анализът на опасностите и анализът на причините за аварията следва да доведе до разработването на няколко сценария за големи аварии със сравними характеристики на "събитието със загуба на съдържание" (изтичане, място, физични условия). За ограничаване на обема на изчисленията, въпросните сценарии могат да се обединят чрез дефиниране на представителен за всички тях сценарий за изпускане на вещество с честота на възникване, която представлява сума от честотите на включените в комбинацията сценарии.

Сценариите с очаквана честота по-ниска от  $1 \cdot 10^{-8}$  за година се считат за сценарии с незначителен риск и, като такива, могат да се изключат от анализа на последствията и оценката на риска.

Изискването за подробно описание на сценариите за големи аварии в Доклада за безопасност произтича от:

1. Изискването да се покаже какви технически и управленски превантивни и предпазни мерки, залегнали в системата за управление на мерките за

безопасност, са предприети с оглед на ограничаването на вероятността от възникване на аварията и намаляване на неблагоприятните последици от нея;

2. Необходимостта от информация за разработването на вътрешен аварийен план;
3. Необходимостта от предоставяне на властите на информация за разработване на външни аварийни планове;
4. Потребността да се идентифицират възможните опасни въздействия и районите, които могат да бъдат засегнати от тези въздействия.

Разработен е метод за подбор на сценарии, които предоставят информация за предприетите превантивни и предпазни мерки. Този метод прави разграничение между следните видове сценарии:

- подробно качествено описание на ограничен брой (приблизително 3) представителни за предприятието сценарии на изпускане на вещество с оглед на приважането на достатъчно ясни доказателства за това, че системата за управление на мерките по безопасност се прилага в цялото предприятие.
- качествено описание на минимум два и максимум десет сценария на изпускане на вещество за всяко съоръжение (обособена технологична единица, вкл. складови съоръжения), илюстриращо риска от възникване на голяма авария във въпросната инсталация и доказващо прилагането на общи (за цялото предприятие) превантивни и предпазни мерки, както и допълнителни мерки в зависимост от спецификата на съоръжението.

За оценка на евентуалните неблагоприятни въздействия върху хората и околната среда извън предприятието трябва да се извърши подробно описание на някои типични (представителни), както вероятни, така и най-неблагоприятни сценарии. Вероятните сценарии, които изискват поддържането на външна аварийна готовност, имат очаквана честота от порядъка на  $1 \cdot 10^{-2}$  до  $1 \cdot 10^{-3}$  за година. Най-неблагоприятните сценарии се избират въз основа на най-тежките възможни последици.

Трябва да се гарантира включването на всички възможни последици в оценката и анализа на риска. При анализа на последициите най-често се работи с т.нар. "дърво на събитията", чрез което се оценяват възможните последици от събитията и вероятностите за отделните събития (например, вероятността от внезапно или забавено запалване, ефекта от превантивните и/или предпазни действия, като пожароизвестителни и/или пожарогасителни системи и т.н.).

Трябва да се вземат под внимание следните хипотези за възникване на неблагоприятни събития:

- изтичане на вещество (газ, пари, течности, твърди вещества);
- внезапно запалване: BLEVE (експлозия на разширяващи се пари от кипяща течност, факелен пожар, пожар в локва);
- експлозия;
- разрушаване;
- образуване на токсичен разлив;

- образуване на токсичен облак;
- образуване на разлив от запалима течност;
- образуване на запалим облак;
- забавено запалване на запалим облак.

Докладът за безопасност трябва да съдържа описания на събитията от дърветата на събитията (включително вероятностите) по такъв начин, че всеки сценарий от горесцитирания списък да бъде свързан с едно дърво на събитията. За всеки сценарий от списъка на сценариите трябва да бъде възможно да се определи очакваната честота на последното събитие и неговите въздействия.

Следващата таблица съдържа въпросник, свързващ агрегатното състояние на изпуснатото вещество с възможните последващи събития.

	Газ под налягане	Втечен газ, получен чрез съгъстяване	Охладена течност	Течност	Прахообразно вещество	Друго твърдо вещество
<b>Изпускане</b>	Монофазна газова струя,	Двуфазова газова струя, Моментално двуфазово изтичане	Изтичане на течност, Изпаряване от локва (с кипене на течността)	Изтичане на течност, Изпаряване от локва (без кипене на течността)	Разрушаване на контейнер,	-
<b>Разсейване</b>	Газов облак или газова струя	Газов облак или газова струя (с изпаряващи се аерозоли)	Газова струя	Струя от пари <sup>1</sup>	Прашен облак или струя	-
<b>Пожар</b>	Струен пожар, факелен пожар	Двуфазен струен пожар, пожар в локва	Пожар в локва, факелен пожар	Пожар в локва	Пожар	Пожар
<b>Експлозия</b>	Експлозия <sup>2</sup> , Експлозия на газов облак	Експлозия <sup>2</sup> , BLEVE <sup>3</sup> , Експлозия на газов облак	Експлозия на газов облак	Експлозия на облак от пари <sup>1</sup>	Експлозия на прах <sup>4</sup>	Разрушаване <sup>2</sup> , Детонация на твърдо вещество

<sup>1</sup> По принцип няма разлика между "пари" или "газове", пари се използва за да се подчертае, че налягането на парите при нормални условия е по-малко от един бар. В по-голямата част от литературата всички експлозии в газови облаци се наричат "експлозии в облаци от изпарения".

<sup>2</sup> При сценарий на изпускане разрушаване на съд или част от съоръжение (експлозия), самото разрушаване може да причини щети чрез летящите парчета (ефект на шрапнела), независимо от вида на веществото, съхранявано в съда.

<sup>3</sup> Типичен пример за BLEVE е експлозия на съд, съдържащ втечен пропан-бутан при излагането му на въздействието на външен огън.

<sup>4</sup> Експлозията на прах е опасна, дори и прахът да е съставен от вещество (вещества), които не са класифицирани като опасни, поради вероятността от разрушаване на съда, в който се съхранява (вж. т. 2).

За изчисляване на събитията (физично явление) се използват математически или изчислителни модели. Информация за модели, описващи различни физични явления (изтичане и разпръскване, изпарение от локва, разсейване на облак от пари, експлозия на облак от пари, топлинно излъчване от пожар, разрушаване на съдове), се съдържа в “Жълтата книга” и “Лилавата книга” (раздел 4).

Тези модели се отнасят, в зависимост от сценария, до вещества и ситуации:

- Изтичане
- Изпарение от локва
- Разсейване на облак от пари
- Методи за изчисляване на топлинното излъчване от BLEVE, факелни пожари (пожар в струя) и пожари в локва
- Разрушаване на съдове
- Изчисляване на свръхналягане от експлозия

Докладът за безопасност трябва да съдържа:

- описание на използваните модели или препращане към подобни описания от общодостъпната литература,
- обосноваване на приложимостта на модела към подлежащото на анализ явление, например:
  - когато се определя разсейването на облаците от газообразни вещества в атмосферата, трябва да се използват подходящи модели, съобразени с плътността на облака по отношение на въздуха, например, за облаците, чиято плътност е по-висока от тази на въздуха, се използват модели за разсейване на плътни газове.
  - При изпускане на двуфазни струи (потоци) температурата на парите може да падне до стойности, по-ниски от температурата на кипене, което ще доведе до увеличаване на плътността (при двуфазово изпускане на амоняк парите му стават по-плътни от въздуха).

Компетентният орган трябва да извърши оценка за това, дали използваните модели са международно утвърдени и подходящи за съответното приложение.

Физичните явления зависят от външните условия в момента и на мястото на изпускането. Най-значимите параметри, които влияят върху анализа са:

- Условията, които влияят върху образуването на облаци от изпарение, например наличие на обваловки, характеристиките на земната повърхност, начина на изпускане (в помещение/на открито);
- Условията, които влияят върху разсейването: скорост на вятъра, неравност на земната повърхност, устойчивост на атмосферата в класове на Паскил (класовете на устойчивост), посока на вятъра;
- Условията, които влияят върху ударната вълна в случай на експлозия, например преграждане на пътя на ударната вълна от сгради и т.н.

Органът трябва да бъде сигурен, че усредненото време на разсейване на (полу-) непрекъснатите изпускания съответства на нормата. При запалимите

вещества, усредненото време трябва да бъде кратко (20 секунди). При изпускания на токсични вещества, усредненото време трябва да бъде приблизително равно на допустимата продължителност на експозиция.

Заклучителната оценка на анализа на последствията засяга въпроса за въздействието и вредите, които физичните/химичните събития могат да причинят. В следващата таблица са описани евентуалните механизми на увреждане в зависимост от вида на веществото и събитието.

	Веществото е запалимо	Веществото или продуктите от неговото горене са токсични
Изтичане	Нараняване/увреждане от силата на струята, Изгаряния/измръзвания (от горещи или студени струи)	Интоксикация на хора. Унищожаване и/или увреждане на растителността, замърсяване на почвата, повърхностните или подземните води
Разсейване	Потенциал за факелен пожар (пожар в струя) или експлозия на облак от пари	Отлагане на токсични вещества в растителността, почвата и повърхностните води
Пожар	Топлинно излъчване върху хора и структури	Образуване на токсични продукти от изгаряне (газове или аерозоли)
Експлозия	Свръхналягане (ударна вълна), летящи предмети, топлинно излъчване върху хора и структури	Образуване на токсични продукти от изгаряне, изпускане на токсични вещества (газове или аерозоли)

#### Въпросник за изчисляването на последствията

За да се оцени дали определянето на последствията е извършено правилно е необходима информация за моделите и най-важните параметри. В Доклада за безопасност трябва да се включи следната информация като текст, или чрез позоваване на литературни източници:

- Източник на изпускане (за всеки сценарий):
  - информация за веществото (вид, количество, начин на съхранение, преработка или произвеждане, физикохимични и токсикологични характеристики и т.н.)
  - количеството вещество, което участва в аварията (количеството на изпуснатото вещество)
  - продължителността на изпускането
  - условията на изпускането (налягане, температура, фаза)
  - мястото и положението на изпускането(в помещение/на открито и т.н.)
  - наличие на обваловки или други съоръжения за улавяне.
- дървета на събитията за запалими вещества

- вероятности за запалване и използване на източници на запалване
- обработка на вещества, които са едновременно запалими и токсични
- параметри по отношение на околната среда
  - метеорологична информация
    - статистическо разпределение на посоките на вятъра, скоростта на вятъра, метеорологичната устойчивост по Паскил
    - температура, атмосферно налягане, влажност, слънчево излъчване
  - неравност на земната повърхност
  - наличие на хора (нощем/денем, вътре/извън помещенията) (информацията е необходима за изчисляването на колективния риск)

В “Зелената книга” и “Лилавата книга” (раздел 5) се съдържат модели, описващи щетите и въздействията върху заобикалящата среда (вреди, причинени от топлинно излъчване, последствия от експлозии за хората и постройките, отделяни вещества по време на пожари, поражения причинени от токсични вещества). В Доклада за безопасност трябва да се посочат:

- връзката между топлинното излъчване и смъртността (*индивидуален риск и колективен риск*)
- връзката между свръхналягането (ударните вълни) и смъртността (*индивидуален риск и колективен риск*)
- връзката между излагането на въздействието на токсично вещество и смъртността (*индивидуален риск и колективен риск*)

Доколкото ни е известно, не съществуват международно утвърдени модели за оценка на увреждането на околната среда като резултат от големи аварии, които да могат да се използват в хода на анализа на риска за отделното предприятие. В раздел 7 от “Лилавата книга” е извършено позоваване на метод за оценка на последствията за повърхностните води. Поради липса на количествени методи, операторът трябва да предвиди възможност за качествена оценка на възможните вреди за околната среда в случай на изпускане на вещества, които могат да увредят околната среда.

Повечето от дотук цитираните налични модели за оценка на последствията осигуряват представена в количествено изражение информация за измеренията на последствията и техните въздействия. Използването на тази информация в количествената оценка на риска (КОР) е въпрос на методология. Съществуват критерии за индивидуалния риск и за колективния риск, които се основават на смъртността, и в тази връзка, прилагането на КОР, който да осигурява подобна информация, се разглежда като необходим минимум.

“Лилавата книга” (CPR, 1999) съдържа кратко описание на начините за извършване на изчисления за индивидуалния риск и колективния риск.

Трябва да се отдели внимание на въпроса за обработка на данните за метеорологичните условия за сценариите, при които атмосферното разсейване е важен фактор. Експлозиите в очертанията на инсталациите, BLEVE и други подобни събития обикновено оказват въздействие върху цялата заобикаляща среда независимо от посоката или скоростта на вятъра. В подобни случаи, вероятността от смърт в дадена точка се изчислява като произведение от вероятността за реализиране на сценария за съответната авария и условната

вероятност за причиняване на смърт във въпросната точка при реализиране на сценария, която в много случаи е функция единствено на разстоянието. За BLEVE, например:

$$P_{\text{смърт}, BLEVE}(x, y) = P(BLEVE) \cdot (\text{вероятност (част) за смърт в } (x, y) \text{ за тази BLEVE})$$

Ако атмосферното разсейване е важен фактор, всяко метеорологично състояние (например, комбинация от посока на вятъра, скорост на вятъра и устойчивост на атмосферата) може да се разглежда като отделен сценарий. Трябва да се изчислят вероятностите от смъртоносно поражение в разглежданата точка (x,y) по отношение на всички метеорологични състояния и получените резултати да се съберат, за да се получи общата (обобщена) стойност за сценарий на изпускане (изтичане) X.

$$P_{\text{смъртсценарий}X}(x, y) = \sum_{\text{всички посоки на вятър } \varphi} \sum_{\text{всички скорости на вятър } U} \sum_{\text{всички устойчивости } N} P(\text{смърт}(x, y) | \text{сценарий}X \wedge \varphi \wedge U \wedge N)$$

При мигновен пожар, горното означава, че е необходимо да се изчисли при кои метеорологични състояния точката (x,y) попада в очертаванията на запалимата част на облака (обикновено се извършва изчисление, базирано на най-лошия възможен сценарий, визиращо възпламеняване извън територията на предприятието на максимално разстояние от струята, т.е. с вземане под внимание на възможно най-голямата зона на покриване, виж CPR 1999)

При изпускане на токсични вещества, "Лилавата книга" (CPR 1999) предлага опростяване на облака чрез дефиниране на т.нар. ефективна ширина на облака (ЕШО), в очертаванията на която смъртността е постоянна и равна на смъртността по осовата линия на струята, а общият брой на жертвите в ЕШО е равен на броя на жертвите на това разстояние за реалната струя.

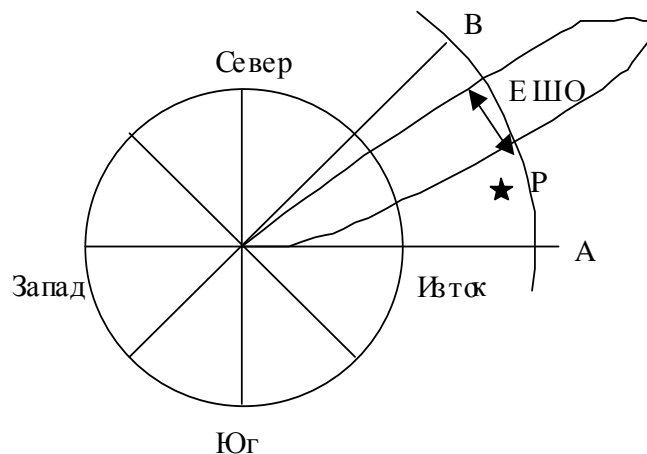
Разбира се, за да могат да се извършат тези видове изчисления, трябва да бъде осигурен достъп до статистическа информация (например, усреднени данни, за предпочитане за период между 10 и 20 и по възможност не по-малко от 5 години) за комбинациите от посоки на вятъра, скорости на вятъра и атмосферна устойчивост, характерни за конкретното място.

Трябва да се отбележи, че:

- е възможно да съществуват значителни различия между статистическите метеорологични данни и действителната метеорологична обстановка в рамките на даден район, особено около планините и по-големите морета или езера.
- макар, че обикновено местните летища разполагат с данни за различни комбинации от посоки и скорости на вятъра, в повечето случаи не може да се открие информация за устойчивостта. Данни за устойчивостта могат да се получат, ако информацията за скоростите и посоките на вятъра се съчетае с данни (ако такива има) за покритието на облака в зависимост от часа.

- При някои приложения може да възникне необходимост от осигуряване на разделни метеорологични данни за различни периоди. Съпоставката на данни за дневните с данни за нощните периоди е необходима за целите на оценката на риска за населението, при което има различия по отношение на броя на изложените на риск хора (между “у дома” и “на работното място”, между “хората в помещения” и “хората на открито”). Между дневните и нощните периоди има особено големи различия по отношение на устойчивостта. Сезонното представяне на данните може да бъде от значение за туристическите райони или индустриите със сезонна дейност. Сезонните различия са по-добре изразени в районите с континентален климат, отколкото в крайбрежните зони.

Статистическите данни за посоката на вятъра се представят като вероятността за ситуиране на духащия вятър във всеки от охарактеризиращите този параметър сектори. Ширината на секторите обикновено е между  $15^\circ$  и  $45^\circ$ . За изчисляване на вероятността от поразяване от запалим или токсичен облак, (ефективната) ширина на облака се разделя на ширината на сектора и полученият резултат се умножава по вероятността вятърът да духа в съответния сектор при допускане за равномерно разпределение на вероятността във вътрешността на отделните сектори, виж фигурата по-долу: Вероятността точка Р да бъде поразена от облака (при дадена скорост на вятъра и дадена устойчивост) е равна на произведението от вероятността за ситуиране на вятъра между западното и югозападното направление и частното на ефективната ширина на облака с дъгата А-В. Ако вероятностите за посоката на вятъра не се различават съществено между различните сектори, изчислението може да се прилага и по отношение на облаци или струи, които са по-широки от даден сектор (т.е. при които съотношението ЕШО/дъга А-В е по-голямо от единица). Препоръчително е, при по-широките струи, (ефективната) ширина на струята да се измерва по дъгата.



Обикновено изчисленията за индивидуалния риск не включват съображения за евентуална защита от сгради и т.н. Индивидуалният риск изразява “опасността” за заобикалящия район, транспонирана върху лице, което се намира в неговия периметър, независимо от състоянието на лицето (облекло, дейност, защита). Обратно на това, при изчисляването на колективния риск трябва да се вземе под внимание защитата на (групи от) населението.



Изчисляването на колективния риск изисква информация за населението в съответния район. Населението, което трябва да бъде взето под внимание при изчисленията, включва работния персонал в съседните предприятия. Изчисленията обхващат населението, което живее в радиуса на последствията от най-неблагоприятния сценарий (1 % смъртност). Въпросният район се простира отвъд границите на опасните зони, определени от кривите за индивидуалния риск. При изчисляването на колективния риск трябва да се вземе под внимание дяла на хората, които се намират във вътрешността на помещения, както и различията между броя на присъстващите хора през деня, нощта и почивните дни, специалните мероприятия (спортни събития) и/или сезоните. В случаите, когато гъстотата на населението се променя с часовото време, изчисленията трябва да се подразделят съобразно подходящо избрани отрязъци от време (ако под "дневно време" се разбира периодът между 8:00 и 18:30 часа, отрязък от дневното време може да бъде 10.5/24). При определянето на риска за всеки от вариантите за разпределение на населението трябва да се извършат корелации с опасните дейности в промишления обект (Работи ли инсталацията нощем?; Извършват ли се някои от технологичните операции в периоди, когато наоколо има повече или по-малко хора?). Всеки вариант за разпределение на населението представлява отделен сценарий за целите на изчисляването на колективния риск, т.е. нова точка от кумулативната F-N крива (крива на честотата-броя на смъртните случаи).

---