

РЪКОВОДСТВО за анализ на риска от големи аварии

Доц. Асен Петков
Доц. Жанета Балгаранова

Химикотехнологичен и металургичен университет - ХТМУ

СОФИЯ, 2005

1. АНАЛИЗ НА РИСКА

Основна цел на анализа на риска и на безопасността е намаляване на вероятността за протичане на дадена авария и свързаните с нея човешки жертви, икономически загуби и увреждане на околната среда. Чрез него се определят причинните взаимовръзки между изходните аварийни събития, отнасящи се към откази на оборудването и грешки на персонала, и последствията от тях. С изследването се определя вероятността за протичане на нежелано събитие и възможността за неговото предотвратяване. Набелязват се мерки за предотвратяване на събитието и за отстраняване на вредните въздействия чрез усъвършенстване на изследваните обекти.

Важна и ефективно действаща процедура прилагана към методите за идентифициране на опасностите е метода за изучаване опасностите и функциониране на обектите, известен още под името HAZOP.

При него изследователският екип преценява свободно, чрез собствени разсъждения и в същото време контролирано, чрез своеобразни ръководни думи всички възможни пътища, по които могат да се случат откази в даден процес. В този екип обикновено се включват хора с богат и различен опит от всички области в дадено производство. Процедурата на изследването е тези думи да се приложат:

- към всички различни етапи на процеса;
- към различните условия на водене на процеса;
- към различните вещества използвани в него;
- към времето - например продължителност, честота, последствия от отклонения.;
- към мястото - позиция, източник, предназначение.

Ключовите думи са представени в Таблица 1.

Таблица 1 Водещи думи при анализа HAZOP

№	Водещите думи са	Значение
1.	НЕ	Пълно отричане на замисъла, намерението, целта
2.	ПОВЕЧЕ	Количествено увеличаване
3.	ПО-МАЛКО	Количествено намаляване
4.	КАКТО И	Качествено увеличаване
5.	ЧАСТ ОТ	Качествено намаляване
6.	ОБРАТНОТО	Логически противоположно на замисъла (целта)
7.	ДРУГО ОСВЕН	Пълно заместване

При извършване на анализа първа и особено важна стъпка е предварителното разделяне на процеса на отделни единици (части), всяка от които отразява точно определена цел на процеса.

Такава част например, може да бъде поток от въздух. Неговото предназначение може да е да захранва пневматично задействащ се спирачен кран. В случая въздушният поток се счита като отделна част от процеса.

Изследването се прави последователно за всяка линия към апарат, за всички апарати на даден поток (включително спомагателните), за всички потоци поотделно. По този начин се откриват възможните опасни събития при функциониране на дадено производство.

Друг широко прилаган метод за анализ на отказите на оборудването и последствията от тях е методът на "Папийонката". Той се състои в графична комбинация между методите "Дърво на отказите", "Дърво на събитията" и диаграма на "барьерите" (мерките за безопасност). Положителна страна на метода е, че илюстрира възможно по-пълно картината на аварията от пораждащото събитие до критичното и от там развитието на аварията, т. е. последствията или нейното ликвидиране. Методът дава възможност да се изследват човешки грешки и при наличие на данни за честотата на отказите и вероятността за тях, може да даде количествена оценка на вероятността за проявяване на крайните събития.

Методът "Дърво на отказите" става доста популярен за процесите на химическата промишленост, главно в резултат на успешния опит, натрупан при прилагането му в атомната енергетика. Той дава възможност за детайлен анализ на възможните състояния.

"Дървото на отказите" е дедуктивен метод. Определя начините, по които опасностите могат да доведат до аварии и крупни катастрофи със значителен ефект върху околната среда. Методът започва с добре дефинирано крайно събитие и се връща назад до различните възможни изходни събития, които могат да причинят авария. Така например, спуканата гума на автомобила може да е предизвикана от две възможни събития (причини):

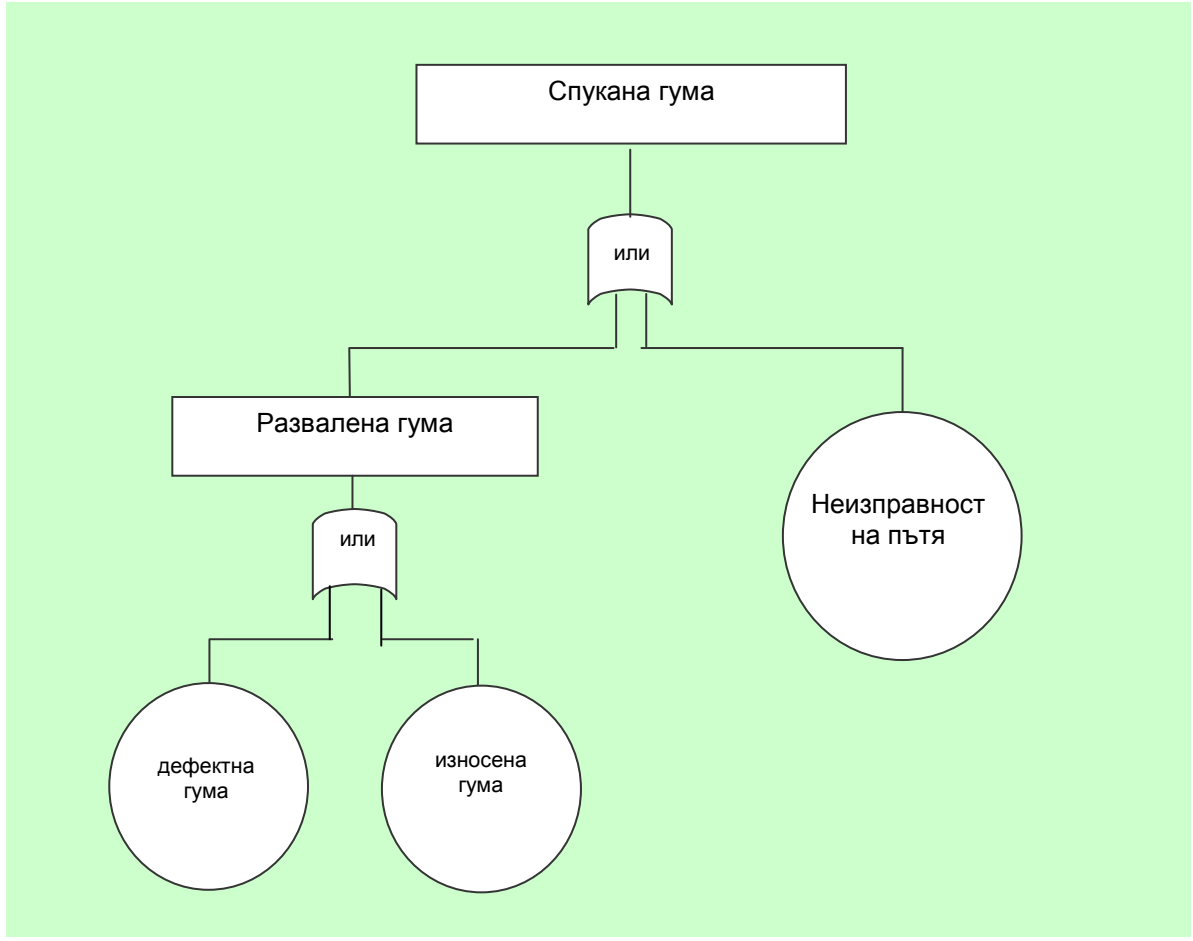
- гумата е пробита от пирон или острие по пътя;
- гумата е повредена или развалена.

Спуканата гума е крайното събитие - най-важното. Другите две се дефинират като основни или междинни.

Основни са тези събития, които не могат да бъдат определени по-нататък при анализа, докато междинните могат. В случая да попадне гумата на пирон е основното събитие. То не може да се определя по-нататък. Но "развалена гума" може. Тя може да е резултат от "дефектна" или "износена гума".

Както се вижда от Фиг.1.1 "Дървото на отказите" представлява своеобразна логическа диаграма. В нея кръговете изразяват основните събития, а правоъгълниците - междинните. Тези събития са свързани помежду си с логически връзки, представени също със съответни символи. На практика изходните







събитията при развитието на една авария могат да са свързани с неизправности на оборудването, програмни, технологични, човешки грешки, и такива свързани с факторите на околната среда – корозия, вибрации, земетресения.



Фиг. 1 Схема на дърво на отказите

Логическите елементи които се използват при построяването на “Дървото на отказите” се наричат от някои автори ключове (врати). Те изразяват връзките между събитията (Таблица 2).

Таблица 2

Символ	Логически елемент	Смисъл на логическия елемент
	И	За да има крайно събитие, трябва да съществуват всички входящи събития
	ИЛИ	Ситуация при която крайното събитие ще се прояви, ако едно или повече от включените събития съществуват.
	НЕ	Определя ситуацията, когато логическото състояние на едно събитие е обърнато обратно
	ЗАБРАНА	Описва причинно взаимоотношение между един и друг отказ, които действат само за част от времето.
	ПРЕКЛЮЧВАНЕ	Превключвач за включване на части от дървото, като те могат и да са към определената ситуация
	ОСНОВНО СЪБИТИЕ	Не изисква допълнително определяне

Първоначално се изчертава крайното събитие. Определят се събитията, които подпомагат крайното. Те се нанасят като междинни, основни, неразвити или външни. Когато две събития се отнасят паралелно т.е. необходимо е да протече и едното и другото за да откаже системата, те се свързват с логически знак **“И”**. Ако действат независимо едно от друго, те се свързват с логическия знак **“ИЛИ”**. Ако дадено събитие не може да се отнесе към крайното, чрез проста логическа връзка тогава вероятно то е неправилно уточнено.

Преди да започне изчертаването на дървото на отказите трябва да се направи следното:

1. Да се дефинира прецизно крайното събитие
2. Да се дефинират съществуващите събития
3. Да се дефинират непозволените събития
4. Определят се физическите връзки
5. Определя се състоянието на оборудването
6. Определя се нивото на разглеждане

По принцип крайното събитие може да се случи вследствие проявяване на различни комбинации от събития. Всяко едно съчетание от събития водещо до крайното събитие е минимално аварийно съчетание (МАС). От построеното дърво на отказите се определя минималния брой аварийни съчетания. Това е най-малкия брой от неповтарящи се, различни съчетания, които могат да доведат до аварията т.е. крайното събитие.

Минималните аварийни съчетания служат за определяне на различните пътища, по които едно крайно събитие може да се случи. Някои МАС са по-вероятни от другите. Например, съчетание включващо две събития ще бъде по-вероятно, отколкото съчетание от три събития. По подобен начин съчетание включващо човешко действие има по-голяма вероятност за отказ, отколкото, включващо система за управление. От определените комбинации тази със събития най-вероятно водещи, до отказ на инсталацията се изследва за допълнителна защита.

При метода на " Папийонката" изчертаването на "Дървото на отказите " започва с веригата от основни събития отляво надясно (или отдолу нагоре). То се използва за да илюстрира как тези основни събития или пораждащите ги събития могат да причинят едно "критично" събитие(т.е. крайното събитие от "Дървото на отказите"). Най-често на практика това критично събитие е загуба на цялост на оборудването, което дава неконтролирано изпускане на опасни вещества (запалими и/или токсични).

Дясната(горната) страна на "Папийонката" се чертае във формата на "Дърво на събитията", показващо възможното развитие на критичното събитие в серия от алтернативни последици (самите големи аварии).

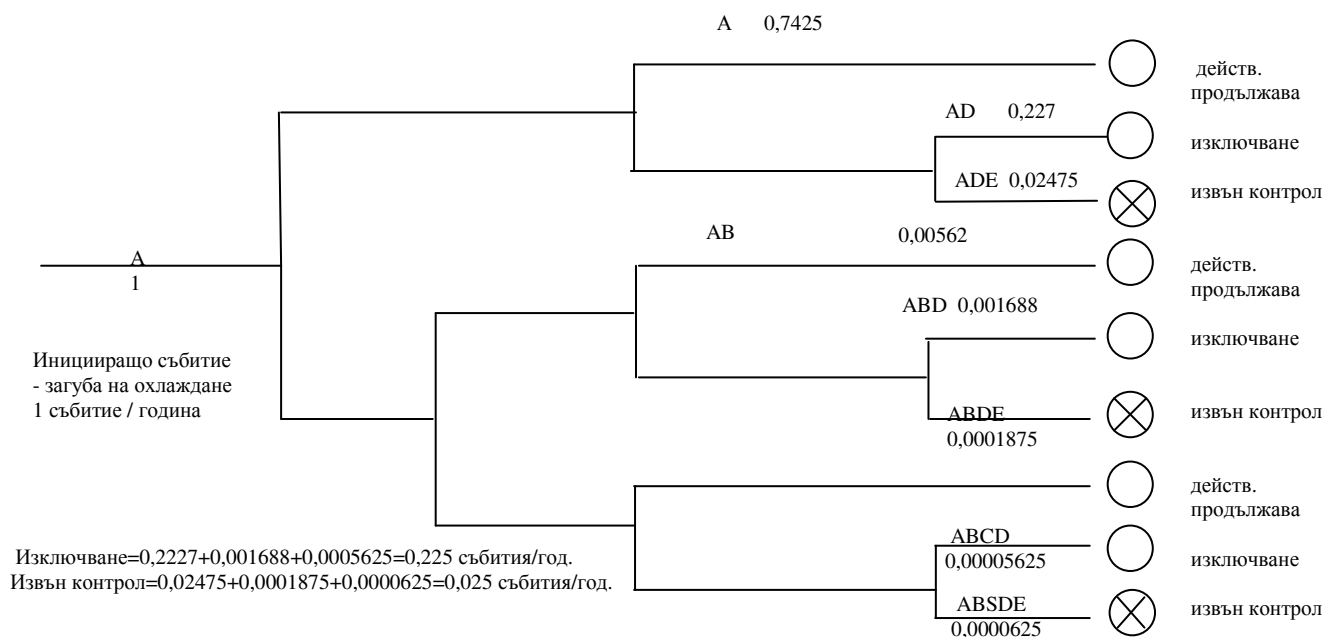
"Дървото на събитията" е индуктивен метод, даващ информация за това как един отказ на системата, критичното събитие, обект на разглеждането, може да се случи и вероятността за протичане на това събитие до крайните аварийни събития.

Целта на анализа "Дърво на събитията" е при наличие на подходящи данни за честотата на проявяване на критичното събитие, да се получи количествена оценка на вероятността за настъпване на определени последици. Методът дава възможност и за взимане на най-правилно решение за това, какво подобрене трябва да се направи, за предотвратяване на последици и намаляване на риска.

В диаграмата на "Папийонката" могат да бъдат илюстрирани и "барьерите на безопасност", т.е. мерките за намаляване на вероятността за протичане на критичното събитие (предотвратяване) или "защитните граници", намаляващи последици от него (смекчаване), разположени върху дясната (или горната) страна, в дясно (или отгоре) от критичното събитие.

"Дървото на събитията" се построява от ляво надясно от критичното събитие. След това то се свързва с права линия до първото противодействие (мярка на безопасността). (Фиг.1.2)

Действия на Безопасността: Показател:	Аларма за висока температура В	Работникът забелязва повиш.Т С	Работникът включва отново охлажд. D	Работникът изкл. реактора Е	Резултат
Отказ / поискване	0,01	0,25	0,25	0,1	



Фиг.1.2

В тази точка приложената мярка може или да “успее” или да “пропусне”. Прието е мерките по безопасността, които заработват (успяват) да се изчертават нагоре, а тези които не заработват надолу. Горизонталните линии се чертаят от тези две състояния до следващата мярка на безопасността.

Ако дадена мярка за безопасност не се прилага, хоризонталната линия се продължава до следващата мярка без разклоняване. В разглеждания например на фигурата случай на загуба на охлаждането на реактор, се преминава от мярка за безопасност С (работникът забелязва повишаването на температурата) до мярка Д (работникът включва отново охлаждането) без разклоняване на дървото при мярка С, защото ако алармата заработи, операторът ще е наясно, че съществуват условия за нарастване на температурата поради загуба на охлаждането.

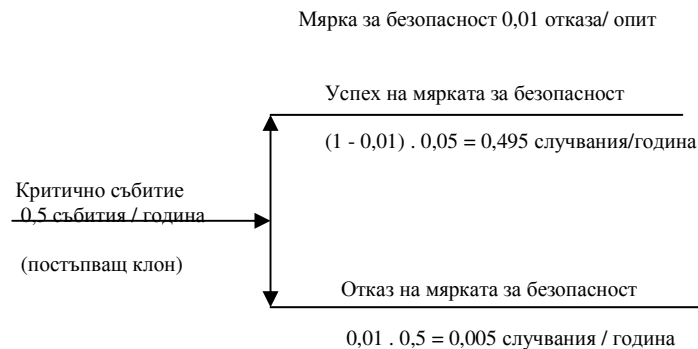
Последствията и тяхното описание по реда , по който те могат да се случат се дават в крайната дясна част на дървото.

Буквеното означение се прави с цел да се покаже точно определено събитие. Буквите посочват и последователността на отказите на системата за безопасност. Инициращото събитие винаги се включва като първа буква при означаването. Така например линията ADE означава, че това е първоначално събитие А, последвано от откази на мерките за безопасност D и E.

Дървото на събитията може да даде и количествена оценка на вероятността, ако са известни данни за скоростта на отказите, на мерките за безопасност и скоростта на проявяване на първоначалното събитие.

Ако се познават честотите за отказ на мерките за безопасност, могат да се изчислят честотите на опасните състояния, когато системата (дадена инсталация) излиза извън контрол.

На Фиг.1.2 скоростта на отказите за мерките за безопасност са записани под самите мерки. Начинът на изчисляване на всяка безопасност става по следния начин. (Фиг.1.3)



Фиг. 1.3 Изчисляване на безопасността

Горното отклонение дава успешните опити, а долното - отказите. Честотата на отказите (долния клон) се изчислява чрез умножаване скоростта на отказ на мярката за безопасност по скоростта на настъпващото (критично) събитие. Честотата на успеха за горното разклонение се изчислява чрез произведението на:

$(1 - \text{скоростта на отказа}) \times \text{честотата на постъпващия клон}$ (т.е. честота на критичното събитие).

Изразът в скобите се нарича скорост на успеха. Пълната честота на отказите е сума от честотите на опасните състояния (състояния, които са извън контрол).

За идентифициране на мерките за безопасност се извършва анализ по метода **HAZOP**.

В случаите на изпускане на запалими вещества разпространението на аварията и нейните последици зависят от влиянието на външни фактори – възможност за мигновено или забавено запалване. В този случай Дървото на събитията може да се представи със следната схема (Фиг. 1.4)

	Мигновено възпламеняване	Забавено запалване 0 - ΔT	Забавено запалване от ΔT до $2\Delta T$	Явление
Изтичане на запалимо в-во	да			BLEVE -експлозия на пари от кипяща течност Струен пожар
	не	да		Забавено запалване Експлозия в газов облак
		не	да	Забавено запалване
			не	Диспергиране

Фиг 1.4 Последствия при разливане на запалими вещества

Дървото на събитията показва, че са възможни различни крайни събития в зависимост от вероятността от мигновено или забавено запалване – BLEVE, огнено кълбо, пожар в локва, мигновен пожар без нарастване на налягането, експлозия в парен облак или разсейване в атмосферата.

2.1. ИДЕНТИФИЦИРАНЕ НА ВЪЗМОЖНИТЕ ПРИЧИНИ ЗА АВАРИИ

За определяне на причините за възникване на големи аварии се извършва изследване на потенциалните опасни събития, които могат да доведат до загуба на цялост на оборудването. Проучването се извършва чрез детайлно изследване на дейностите и оборудването.

Получаването, съхраняването и експедирането на запалими и силно запалими продукти в едно производствено предприятие крие риск от пожари и взривове, поради ниската пламна температура и ниската долна концентрационна граница на възпламеняване, висока температура на пламъка при горене, високия коефициент на обемно разширение, високото относително тегло на парите и способността им от натрупване в слабо проветриви пространства.

При възникване на пожар или взрив на някое от съоръженията, той би могъл да предизвика т.нар. “ ефект на доминото “ и да доведе до големи материални щети в предприятието и съседните обекти, както и поражения на хората, намиращи се в тях.

Освен това предприятия работещи с токсични и/или запалими вещества са потенциално опасни рискови обекти за залпово замърсяване на околната среда поради:

- **евентуален голям разлив при товаро-разтоварните операции;**
- **изтичане на големи количества продукти без възникване на пожар** при нарушаване целостта на производствени съдове, резервоари или тръбопроводи;
- **изтичане на големи количества продукти и запалването им**, при което биха се образували и емитирали в атмосферата продукти на непълно горене, някои от които имат висока степен на токсичност и канцерогенност (опасност R51 и R53).
- **Пожар или експлозия в резервоари или реактори.**

За идентифициране потенциалните причини, криещи риск от големи аварии при работа и съхранение на опасни продукти се прилага методологията за “Анализ на риска от големи аварии”.

Потенциалните опасности, които могат да се проявят в такива предприятия могат да се обединят в следните групи:

1.Нарушаване на целостта или пълно разрушаване на оборудването (най-вече реакционни съдове, резервоари и тръбопроводи), което може да доведе до изтичането на цялото съдържание на съоръжението за кратко време. Причините за това могат да бъдат различни:

- **грешки при проектирането;**
- **лошо изпълнение** при построяването и монтажа;
- **надпроектни динамични натоварвания;**
- **интензивна корозия** на материалите (заваръчни шевове);
- **злоумишлени действия;**

2. Разливи на опасни продукти в ограничени количества. Причините за това също могат да бъдат най-различни:

- **Пробиви** по стените или шевовете на резервоарите и тръбопроводите;
- **Изпускане на фланцови връзки, кранове, салникови уплътнения и др. подобни;**
- **Препълване** на реактори, резервоари и цистерни;
- **Скъсване на гъвкави шлангове;**
- **Грешка на оператора;**

3. Пожари и взривове в съоръженията.Източниците на запалване също могат да бъдат най-разнообразни:

- **светкавици** (при отказ на гръмоотводите);
- **нагриване** при триене на аварирани детайли на оборудването;
- **открит пламък или нажежени частици** при заваръчни работи;
- **механични искри** при рязане, шлайфане и др.;

- **искри от натрупано статично електричество;**
- **външни източници** (небрежност или злоумишленост, пожари на съседни площадки).

2.2 АНАЛИЗ НА ВЪЗМОЖНИТЕ СЦЕНАРИИ НА АВАРИИ

Процесите, съоръженията и местата на площадката, където е възможно възникването на големи аварии се идентифицират чрез:

- визуална инспекция на площадките и съоръженията;
- разговори с експерти в и вън от предприятието;
- използване на метода HAZOP и метода на “Папийонката” за извършване на анализа на риска;
- преглед на цялата документация, включваща:
 - Правилник за работата на предприятието;
 - Инструкциите за технологичните процедури;
 - Инструкции за безопасност;
 - Проектна документация;
 - Аварийни планове;
 - Описание на опасните свойства на материалите;
 - План-скица на предприятието;
 - Оценка на въздействието на околната среда;

Възможните сценарии на големи аварии могат да включват:

- **Разрушаване на производствена единица или резервоар и изтичане на големи количества токсични или запалими материали върху земната повърхност или в обваловка** – емисия на пари, пожар около съда или в обваловката, експлозия или пожар в газов облак, замърсяване на въздуха, почвата и подпочвените води.
- **Разкъсване на гъвкавите ръкави и разливане на големи количества опасни материали**, при което е възможно: изтичане в канавките, изпарение, пожар в локва, експлозия или пожар в парен облак, запълване на отстойни басейни и замърсяване на водите на повърхностни реки.
- **Изтичане от тръба при трансфер на опасни продукти**, при което е възможно емисия на пари, експлозия или пожар в парогазов облак, пожар в локва, замърсяване на въздуха, почвата и водите.
- **Пожар в резервоар или друга производствена единица**, при което ще е на лице – топлинна радиация, емисия на дим, въглероден оксид, въглероден диоксид, водни пари и продукти на непълното горене и пиролиза..

При всички тези сценарии **времето на разлива** зависи от времето, необходимо за неговото забелязване и спиране. **Времето за изолиране** пък зависи от разположението на аварийните кранове и адекватността на действие на операторите. При условия на стрес при авария е възможна и грешка на оператора при затваряне на крановете. В случай на пожар е възможна и повреда на аварийните кранове.

Най-голямата авария, която може да причини смъртни случаи на и извън една площадка е изпускането на силно токсични продукти или пожар на производствен съд, резервоар или в обваловката на резервоар. Поради голямата термична радиация, отделянето на продукти на непълно горене и разлагане, въглероден оксид и дим. Тъй като пожарът е комплексен феномен, пълна картина на продуктите на горене е невъзможно да се направи.

Запалването на по-малки разливи също може да доведе до големи аварии, поради разпространяването на пожара. Затова тези сценарии също заслужават съответното внимание.

От казаното до тук могат да се обобщят следните крайни събития:

1. Пожари

- Пожар в реакционен съд;
- Пожар в резервоар със запалими продукти;
- Пожар в обваловка на резервоар;
- Пожар от разлив

2. Експлозии

- Експлозия в реакционен съд;
- Експлозия на резервоар;
- Експлозия на парогазов облак;

3. Разливане

- Спукване на реакционен съд или резервоар;
- Спукване на тръбопровод;
- Масивен разлив при разтоварване/товарене на цистерни;

4. “Домино ефект”

- Домино ефект в резервоарния или производствения парк;
- Домино ефект от възникнали на съседни площадки пожари;

5. Големи аварии със силно въздействие върху околната среда

- Сценариите на големи аварии с силно въздействие върху околната среда обхващат всичко, изброено по-горе. Тяхното въздействие се изразява с:
 - разливане на големи количества продукти и въздействието им върху почвата, водната флора и фауна;

- разливане на големи количества продукт и неговото изпаряване – влияние върху земната флора и фауна;
- горене – термична радиация, отделяне на продукти на непълното горене и влияние върху земната флора и фауна.

2.3. РАЗГЛЕЖДАНЕ НА ВЕРОЯТНОСТТА ОТ ВЪЗНИКВАНЕ НА ГОЛЕМИ АВАРИИ ВЪЗ ОСНОВА НА СТАТИСТИЧЕСКИ МЕТОДИ И ДЕТАЙЛНИ АНАЛИЗИ

Количественото охарактеризиране на риска е важно средство за определянето му по време на употребата, боравенето, транспорта и съхранението на опасни материали. Една добра представа за големината на риска може да се получи и на базата на общи статистически данни за причините за отказ на оборудването като корозия, конструкционни грешки, грешки при заваряването, блокиране на вентили и клапани, товарене и разтоварване и на някои специфични за процесите, материалите и проектите грешки, което да доведе до масивни разливи на продукти и тяхното запалване или разсейване в околната среда.

Данните, цитирани по-долу, за честотата на отказите на оборудването и вероятностите за мигновено и забавено запалване са взети от Ръководство за изготвяне на количествена оценка на риска (“лилава книга”) CPR 18 E [2].

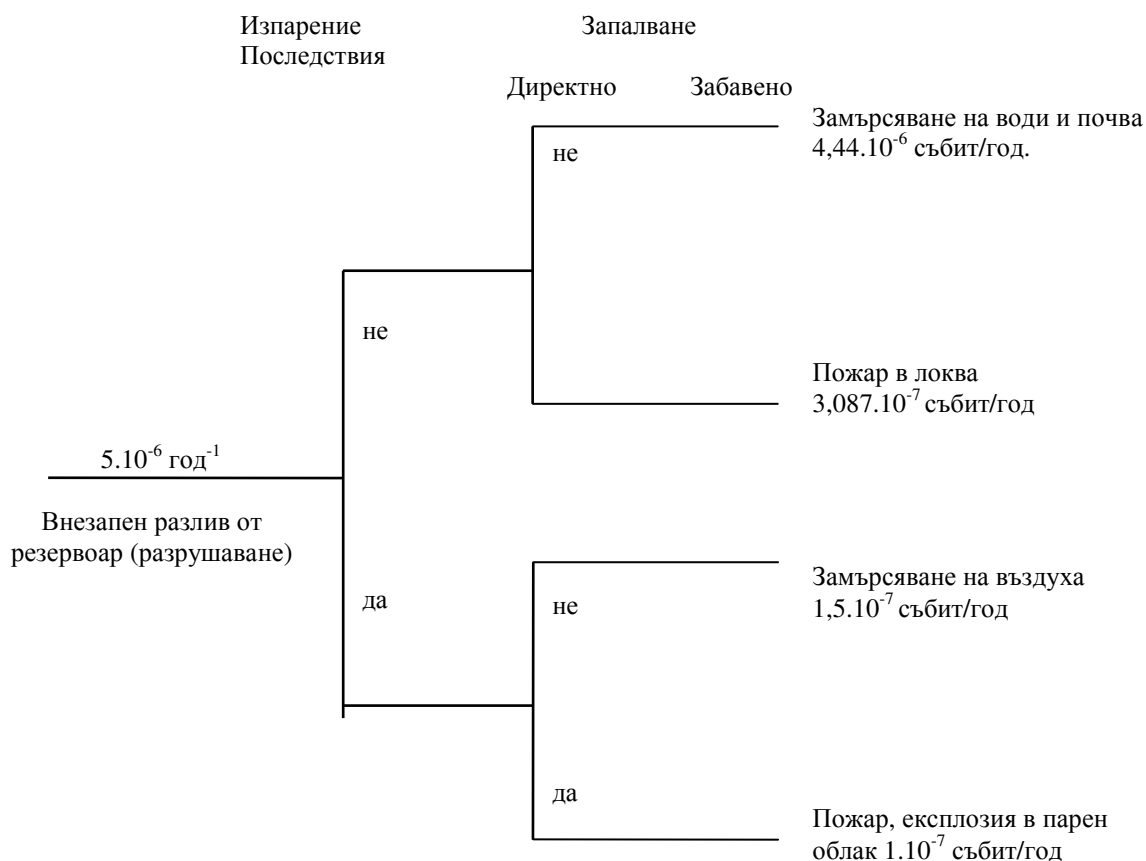
2.4. ОЦЕНКА НА ПОСЛЕДСТВИЯТА ОТ АВАРИИТЕ И АНАЛИЗ НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА НАЛИЧНИТЕ МЕРКИ ЗА БЕЗОПАСНОСТ

При повечето сценарии на големи аварии, посочени в глава 2.2 като главни последствия се открояват четири случая:

- **Пожар в локва при директно запалване** - силно изразена топлинна радиация, възможност за “домино “ ефект, разпространение във въздуха на продукти на непълно горене и разпадане.
- **Пропиване в почвата и подземните води** – замърсяване на околната среда
- **Разсейване на парния облак** – замърсяване на въздуха и земната фауна и флора.
- **Експлозия или пожар в парен облак** – забавено запалване при концентрации в газовия облак съответстващи на долната концентрационна граница на запалване.

Тези последици удобно се представят графично чрез “Дърво на събитията”.

Пример на такива последици от внезапен разлив на запалимо вещество от резервоар е даден на Фиг.2.1.



Фиг. 2.1 Вероятности за проявяване на последствията при внезапен разлив

При термична радиация от **пожар в резервоар** е възможно внезапно изпускане на 70 % от съдържащото се в резервоара запалимо вещество и директното му запалване.

При наличен излишък на топлинна енергия се предизвиква :

- загряване на запалимото вещество в резервоара, **нарастване на налягането на парите** в него;
- При горене и отказ на предпазните клапани **налягането може да нарасне до образуване на BLEVE** (експлозия от разширяващи се пари на кипяща течност).

В случай, че количеството на топлинната енергия е ниско при разгерметизирането е възможно

- **образуване на облак от пари** и
- **разлив** на горимо вещество в обваловката.

Директното запалване на парния облак ще доведе до:

- **мигновен пожар в парния облак**, без нарастване на налягането или
- **експлозия в парния облак**

Директното запалване на образувания разлив ще доведе до

- **пожар в обваловката** (локва)

За всеки един от идентифицираните сценарии се изследват съществуващите мерки за предотвратяване (МП) и за ограничаване (МО) на аварията или се набелязват нови за подобряване на съществуващите. Примерно описание на такива мерки за предприятие за съхраняване и дистрибуция на запалими продукти е дадена в Таблица 2.1

Таблица 2.1. Мерки за безопасност и ограничаване на евентуални аварии

Защита от общи опасности

Опасност 1	Защита 2	Вид 3
Човешка грешка – умора - незнание - грешка	На съоръженията на се работи на смени, по 12 часа през ден или 33 работни часа на седмица на всеки член от персонала, което осигурява достатъчно време за релаксация.	ПМ
Пушене	
Вандализъм		
.....		
.....		

Сценарий 1. Пълно разрушаване на резервоар

Причини 1	Мерки за защита 2	Вид 3
Корозия Слаба заварка	Два пъти дневно проверка на състоянието на оборудването.	ПМ
	Боядисване на резервоарите със слънцезащитна боя.	ПМ
.....	

В литературата съществуват статистически данни за вероятността на сценарии от различни аварии и за очакваните смъртни случаи (Таблица 2.2).

Таблица 2.2 Статистически данни за броя на смъртните случаи при авария и вероятността от възникването им[4]

Сценарии	Събития	Последици (очаквани фатални случаи)	Вероятност от възникване (годишно)
S-1	Изпускане/изтичане от тръбопровод	2	10^{-4}
S-3	Скъсване на товаро-разтоварен ръкав	15	2×10^{-5}

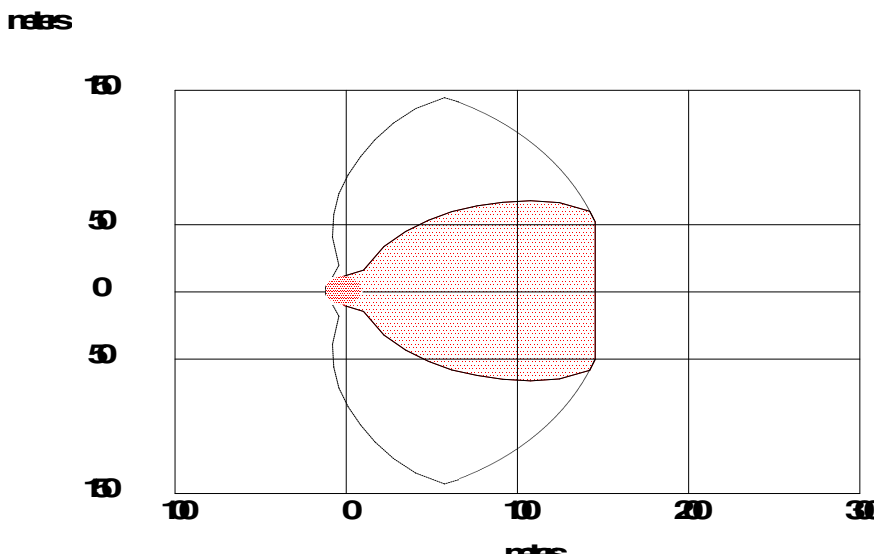
2.5.ДЕТАЙЛЕН АНАЛИЗ ЗА ВИДА НА АВАРИЯТА И НЕЙНИЯ ОБХВАТ ПРИ ВЪЗМОЖНИ СЦЕНАРИИ ЗА АВАРИИ ПОСРЕДСТВОМ МОДЕЛИ НА РАЗПРОСТРАНЕНИЕ.

Обхватът на последиците от аварията може да служи за мярка за тяхната сериозност, независимо от вероятностите за тяхното възникване. За неговото изразяване е прието да се определят разстоянията, на които дадена физична величина, описваща последицата (т.е. топлинна радиация, токсична концентрация, свръхналягане) достига за определен период на “експониране” прагова стойност, съответстваща на началото на нежелания резултат (т.е. смъртния случай).

Така например:

- За токсични изпускания се определя разстоянието, на което се постига смъртоносна токсична доза или сериозно отравяне /т.е. концентрация, съответстваща на “първата смърт” – смъртност 1%/ или 50 %. смъртност
- За топлинни лъчения от пожари – това е разстоянието, на което за даден период на “експониране” се предизвиква изгаряне с вероятност за смъртоносен изход.
- За експлозии – разстояние, съответстващо на свръхналягане с вероятност за смъртен изход или сериозни увреждания (спукване на тъпанче).

За целта с помощта на математични модели в зависимост от условията на разлива, количеството на горящата маса, скоростта на изпарение на опасните материали, метеорологичните условия и др. се определят разстоянията от източника, на които при възникване на аварията със съответна вероятност могат да се достигнат опасните стойности на токсични дози, топлинна радиация и свръхналягане, предизвикващи “смъртност 1%”, сериозни наранявания или 50% смъртност. Тези разстояния се представят графично с линии свързващи точките с еднакви параметри. На Фиг. 2.2 е дадена такава диаграма, представяща разсейването на парен облак.

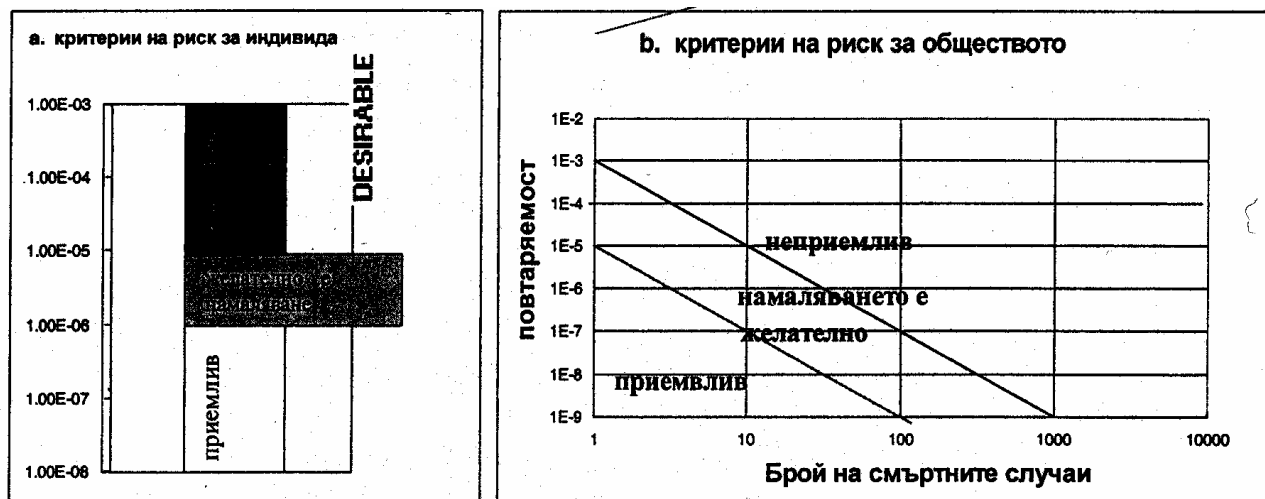


Фиг.2.2 Проекция на парен облак с опасни за възникване на токсично въздействие концентрации.

Определят се 2 критерии на риска:

- 1. Риск за индивида** – определя се като вероятност за възникване на фатален случай. Представя се като криви около източника (авариралата инсталация), свързващи точките с една и съща вероятност за фатален случай при различните сценарии за инсталацията. Прието е, че нито един индивид не трябва да бъде излаган на степен на риска (смъртност) по-голяма от 10^{-6} год⁻¹.
- 2. Риск за обществото** – определя се за групи от хора и представлява вероятността от възникване на авария, в резултат на която ще се получат определен брой смъртни случаи, но по-голям от една определена величина. Чрез него се изследва възможността за по-голям брой жертви, ако дадено населено място се намира в близост до “безопасното разстояние”. При определяне на риска за обществото се взема под внимание не само гъстотата на населението около инсталацията, но така също и промените в броя на населението през деня и нощта.

Общата идея на двата критерия е показана на Фиг.2.3.



Фиг.2.3 а) Индивидуален риск (смъртност);
б) Обществен риск. F-N диаграма (Честота- брой на смъртните случаи) [5]

На диаграмата са обозначени три области приемлив, допустим (но е желателно намаляване) и неприемлив риск.

Критерият за максимален риск за смърт на индивида при предприятия с голям риск е 10^{-6} год⁻¹. Спрямо този критерий се определят външните граници на безопасната зона на предприятието.

За риска за обществото е възприет критерия $10^{-3}/N^2$, където N е броят на фаталните случаи, както за съществуващите, така и за новите предприятия, носещи голям риск. Въз основа на данни, събрани от голям брой аварии и натрупан практически опит са определени критериите, съответстващи на първия смъртен случай и първите необратими ефекти при различни, най-често срещани сценарии. Тези критерии са представени в Таблица 2.3. [5] Подобно изследване се прави и за 50% смъртност при използване на съответните критерии.

Таблица 2. 3.

Сценарии	Приложими за типа съоръжение	Изучавани въздействия	Критерии, съответстващи на първи смъртен случай	Критерии, съответстващи на първите необратими ефекти
1	2	3	4	5
1. BLEVE (Експлозия от разширяващи се пари на кипяща течност)	Втечнени, лесно запалими газове	Топлинна радиация Свръхналягане	5 kW.m ⁻²	3 kW.m ⁻²
2. UCVE (Експлозия в свободно разпространяващ се парен облак)	Втечнени лесно запалими газове	Свръхналягане	14 kPa	5 kPa
3. Пълна мигновена разгерметизация	Резервоари, съдържащи втечнени или невтечнени токсични газове	Токсична доза	На базата на DTL (опасно токсично натоварване) SLOT и времето на експониране (преминаване на облака)	На базата на IDHL (в процес на преразглеждане) ²³ и времето на експониране (продължителност на изтичане)
4. Мигновен пробив на най-големия тръбопровод, водещ до интензивно изтичане.	Газови инсталации с токсични газове, херметичната обвивка на които е проектирана да издържа на външни въздействия или вътрешни от реакция на продуктите	Токсична доза	На базата на DTL (опасно токсично натоварване) SLOT и времето на експониране (преминаване на облака)	На базата на IDLH (в процес на преразглеждане) ²³ и времето на експониране (продължителност на изтичане)

5. Пожар в голям контейнер, експлозия на газова компонента в резервоар със стабилно закрепен покрив	Големи резервоари, съдържащи запалими течности	Топлинна радиация Свръхналягане Отломки и разпръскване на продукцията от експлозията	5 kW.m ⁻² 14 kPa	3 kW.m ⁻² 5 kPa
6. Експлозия на големи количества експлозивни вещества или експлозия от неконтролируема реакция.	Складиране или употреба на експлозивни вещества	Топлинна радиация Свръхналягане Отломки и разпръскване на продукти на експлозията ⁽⁴⁾	5 kW.m ^{-2 (5)} 14 kPa	3 kW.m ⁻² 5 kPa

1. SLOT - смъртоносна концентрация отнесена към 1% от населението при въздействие посредством вдишване за определен период от време.
2. Непосредствено опасно за живота и здравето (IDLH). Концентрацията, представлява максималната концентрация на веществото във въздуха, при която здраве мъже-работници могат да се спасят без да загубят живота си или да получат необратими увреждания за здравето, след като са били изложени на въздействието за максимум 30 минути.
3. Използването на IDLH понастоящем е в процес на преразглеждане. Количества, адекватно съответстващи на началото на необратими ефекти са предложени, изпробвани и са в процес на осъществяване.
4. Моделирането на поведението на отломки е трудно, но трябва да се има предвид за евентуална евакуация.
5. За предполагаем период на въздействие.

За определяне степента на риска за различните сценарии се използва т.н. "Матрица на риска", даваща връзката между честотата на проявяване и тежестта на последствията.

ЛИТЕРАТУРА

1. Crowl D.A. , Louvar J. F., Chemical Process Safety. Fundamentals with Applications. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffe, 1990.
2. Guidelines for quantitative risk assessment, Purple book CPR 18 E., Hague 1999
Committee for the Prevention of Disasters.
3. Risk assessment, Marino point, Cork, Irish Fertilizer Industries, July 2002
4. Материали от семинари по “Туининг” договор BG/IB/2001-EN 01 “СЕВЕЗО” на МОСВ, септември 2003 - юни 2004.
5. Ръководство за планиране на земеползването “Туининг” договор BG/IB/2001-EN 01 “СЕВЕЗО”, МОСВ, март 2004.