

ИДЕНТИФИЦИРАНЕ НА СЦЕНАРИИ ЗА ГОЛЕМИ АВАРИИ И ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОБЩИ МЕРКИ ЗА ПРЕДОТВРАТЯВАНЕ И/ИЛИ ОГРАНИЧАВАНЕ НА ПОСЛЕДСТВИЯТА ОТ ТЯХ ЗА СКЛАДОВИ ПОМЕЩЕНИЯ

Въведение

При създаването на условия за безопасна експлоатация и описанието им в документацията, изисквана от българското законодателство в областта на предотвратяването на големи аварии, при складовите помещения трябва да се обърне внимание върху различията в изискванията към безопасната им експлоатация в сравнение с други предприятия, попадащи в обхвата на Наредбата. Най-важната разлика е, че в складовите помещения не протичат химични реакции, изискващи определени условия (повишена температура и налягане, възможност за протичане на странични реакции и т.н.), което позволява при анализа на риска за складови помещения да бъдат идентифицирани няколко основни сценария за възникване на големи аварии и съответно да бъдат определени няколко основни групи общи мерки за предотвратяване и/или ограничаване на последствията от тях.

Безопасността на складовете трябва да бъде обвързана по-скоро с прилагането на “меки” (организационни и/или управленски) системи за безопасност, например процедурите за контрол на персонала, кадровия подбор, обучението, надзора, работните процедури и контрола, отколкото с “твърди” (свързани с оборудване) системи, например технически мерки за контрол и ограничаване, което означава, че Системата за управление на мерките за безопасност трябва да изпълнява основна роля при създаването на условия за безопасна експлоатация и съответно трябва да бъде адекватно описана в документацията. В тази връзка, човешките фактори представляват важно звено от системата, на което трябва да бъде отделено подобаващо внимание. Също така трябва да се има предвид, че при независимо функциониращите складове (най-вече търговски складове за дистрибуция на химични вещества и препарати) при управленския и изпълнителен персонал може да не бъде налице обхвата от умения и познания, характерен за лицата, отговорни за експлоатацията на химическите, металургични и т.н. предприятия. По тази причина е възможно да са сформирана експертен екип за извършване и документиране на изискваната оценка на риска, която да докаже на Компетентния орган, че всички възможни сценарии за големи аварии са били идентифицирани и анализирани. Въпросният екип може да включва следните специалисти:

- Лице, запознато с изискванията при транспортирането на опасни продукти (например консултант по безопасността при автомобилен превоз на опасни товари, отговорника за организацията на транспорта за склада и т.н.)
- Лице с познания за организацията на дейността на складови помещения (изпълнителен директор, мениджър личен състав и т.н.)
- Лице с химически познания и познания за правилата за разделно съхраняване на химическите продукти

- Експерт с умения за извършване на оценка на риска и анализ на информацията за обхвата и мащаба на основните идентифицирани аварии
- Други експерти с допълнителни умения, които да доокомплектоват екипа, при положение, че екипа включва минимум изброените дотук представители. Необходимо е да се осигури достъп до информацията за обхвата и мащаба на основните идентифицирани аварии.
- Оптималният подход се свежда до извършването на структурирано колективно обсъждане с използване на опита, придобит при анализа на протоколите от разследването на документиран инцидент при експлоатацията на складовете, допълнено с информация за характеристиките за съответния обект проблеми от рисково естество, съхраняваните на територията на обекта опасни химични вещества, потенциалните причинители и евентуалните засегнати обекти (съседни обекти, природна и антропогенна околна среда и т.н.) и лица.
- Една от началните стъпки е изготвяне на списък на всички опасни вещества, съхранявани на територията на обекта. В документацията трябва да бъде обяснен начина за съставяне на въпросния списък, прилаганите за целите на подбора критерии и категоризирането на веществата по групи.
- Сценариите, които трябва да бъдат анализирани по-подробно са два – пожар и разлив (изпускане на опасни вещества), като последният може да бъде или да не бъде съпроводен с пожар. Оценката на риска трябва да включва описание на всички възможни инициращи събития, които може да доведат до реализирането на всеки от сценариите. След това инициращите събития трябва да бъдат класифицирани според тяхната вероятност за възникване и евентуални последствия и да се посочат причините за изключването на някои инициращи събития и/или сценарии за големи аварии от оценката на риска. Препоръчителен начин за демонстриране е използването на подходяща матрица на риска, комбинираща честотата и последствията от евентуални големи аварии. Може да се окаже полезно и изготвянето на таблица, отразяваща зависимостта между събитията, последствията и предприетите мерки.
- В долните таблици е съставен списък на възможни сценарии, които трябва да бъдат взети под внимание. Списъкът не е изчерпателен; към него могат да се добавят други специфични за конкретния обект сценарии. Използването на методи за анализ на риска като “метода на папийонката”, предпазни бариери и логически схеми е подходящ начин за демонстрирането на систематичен подход при извършването на анализа на риска. За кратко описание на подобни методи виж Приложение 1. От значение е демонстрирането на връзката между съответните опасности и предприетите мерки, като включването на “линия на времето”, показваща в кой момент превантивните/ограничителните/предпазните мерки биха дали резултат (например изолиране на проникнали извън територията на обекта отпадни води, пристигане на външни аварийни групи и т.н.) е една от възможните форми на този подход. Трябва да се отдели внимание и върху възможността събитията да настъпят поотделно, едновременно или последователно и тази възможност, както и възможността от

възникването на кумулативни и/или синергични ефекти да бъдат адекватно описани и анализирани в документа.

Таблица 1. Възможни сценарии за възникване на пожар

Събитие	Причина за възникване на аварията	Превантивни мерки/контрол	Информация, необходима за оценка на условията за безопасна и надеждна експлоатация на складовото помещение
<p>Голям пожар, включително пожар, който създава рискове извън територията на обекта вследствие на термично излъчване или формиране на токсичен облак от изпуснати опасни вещества и/или продуктите от тяхното изгаряне.</p>	<p>Липса или недостатъчни превантивни/ контролни мерки</p>	<p>Пожароизвестителна и противопожарна системи</p>	<p>Противопожарни стандарти, използвани при проектирането на склада. Описание на видовете технически средства за откриване на пожари, например димни/топлинни/ пламъкови сензори, и тяхната целесъобразност за съответното приложение. Описание на системата за противопожарна защита, например водна завеса/пяна/ оросители, стандарти, използвани при проектирането и целесъобразност за съответното приложение. Процедурите за поддръжка се описват в общия раздел в рамките на Системата за управление на безопасността, като извършените в този раздел позовавания трябва да визират характерните за експлоатацията на складовете процедури. Ред за повикване на противопожарните екипи.</p>
	<p>Умишлен палеж/саботаж</p>	<p>Охрана</p>	<p>Описание на съществуващата система за охрана, включително наличието на видеокамери със затворен контур на ключовите пунктове, обезопасяването на периметъра на обекта, използването на услугите на утвърдени охранителни организации и персонал, график за обхода на охранителите, системи за сигнализиране на проникването на външни лица на територията на обекта и т.н. и доказване на целесъобразността на избраните мерки в контекста на съответната инсталация.</p>
	<p>Дейност по механична поддръжка/ремонтни работи</p>	<p>Процедурни мерки за контрол</p>	<p>Същите трябва да бъдат описани чрез Системата за управление на безопасността, наред с което настоящият раздел трябва да съдържа позовавания на конкретни процедури, характерни за предотвратяване възникването на произтичащи от спецификата на поддръжката пожари в складовете.</p>
	<p>Пожар от електрически източник</p>	<p>Процедурни мерки за контрол</p>	<p>Същите трябва да бъдат описани чрез Системата за управление на безопасността, наред с което настоящият раздел трябва да съдържа позовавания на конкретните типове оборудване, използвани в пожароопасните участъци, и упоменаване на съответните стандарти за проектиране и тяхната целесъобразност. Трябва да се включи, също така, разяснение относно подбора (с позоваване на съответните стандарти) и поддържането на съответните участъци и процедурите за контрол на промените.</p>

	Липса на контрол върху веществата	Разделяне Въвеждане на нови продукти	СУМБ трябва да включва информация за общата политика по отношение на съхранението и обучението на персонала в тази насока, наред с което трябва да се извършат конкретни позовавания на начините за разделното съхранение на веществата в практиката, идентифицирането на продуктите в момента на тяхното приемане и прилаганата система за контрол за целите на осигуряването на съответствие със стандартите. Процедури за контрол и оценка.
	Товаро-разтоварни и транспортни дейности	Избор на конкретни технически средства за товарене, разтоварване и транспорт	Причини за подбора на конкретното оборудване, например работа в потенциално пожароопасни среди; начини за контрол върху използването на оборудването (обосновка на избора на конкретни средства за специфични участъци). Процедури за зареждане на електрическото товарно и транспортно оборудване, обосновка на причините, поради които местата за извършване на зареждането се считат за безопасни, процедури за зареждане на бутилки с природен газ на оборудването, снабдено с газови уредби (включително причини, поради които местата за зареждане се считат за безопасни). Мерки за контрол на оборудването с двигатели с вътрешно горене; контрол на достъпа до основните рискови складове посредством подходящи разпоредби за организацията на транспорта и/или технически ограничителни мерки (гърбици, бариери и т.н.); обучаване за оценка на горепосочените основни опасности, включително отвъд обхвата на нормалните изисквания за обучение.

Таблица 2. Възможни сценарии за възникване на разлив

Събитие	Причина за възникване на аварията	Превантивни мерки / контрол	Информация, необходима за оценка на условията за безопасна и надеждна експлоатация на складовото помещение
Голям разлив	Пожар	Виж ПОЖАР по-горе	
	Изместване на фундаменти или други конструктивни дефекти	Оригинална проектна спецификация	Становище за целесъобразността за съответното предназначение на фона на предвидимите проблеми около устойчивостта на земната повърхност. Ако не съществуват проектни спецификации за фундаментите, трябва да се осигурят други доказателства за целесъобразността за съответното предназначение/устойчивостта.
	Пропадане на носеща конструкция	Оригинална проектна спецификация Режими на инспектиране и поддръжка Контрол на промените Контрол върху натоварването на носещите конструкции	<p>Основен стандарт за проектиране и целесъобразност за съответното предназначение. Позоваване на наличието на проектни данни без тяхното действително включване.</p> <p>Системата за управление на безопасността трябва да се позовава на съответния режим. Трябва да се осигури информация относно начина на организиране, компетентността на инспекторите (ако проверките са вътрешни), честотата на инспекциите и начина за вземане на решенията.</p> <p>Позоваване на наличието на документи за инспекциите и поддръжката от минали периоди, без включване на същите.</p> <p>Позоваване на предприети действия в резултат на проведените инспекции, използването на различно оборудване, преквалифициране и др.</p> <p>Разяснения относно контрола върху промените по носещите конфигурации; информация за участието (или неучастието, с посочване на причините) на първоначалния доставчик.</p> <p>Процедури и обучение плюс контрол, обвързани с граничните натоварвания от проектните спецификации на носещите конструкции.</p>
Изтичане от резервоар	Дефект на контейнер	Конструкция на контейнера	Информация, по целесъобразност относно употребата на сертифицирани по ООН контейнери. В случаите, когато в съответния склад не е установена практика на контрол върху контейнерите (само приемане, без съхраняване) трябва да се опишат съществуващите системи за приемане.
		Място/условия за съхраняване	Места за съхраняване на продуктите – в помещения/на открито; информация за

		на контейнерите	условията на контрола – вентилация и климатичен контрол; процедури за извършване на проверки за откриване на пропуски.
	Повреда на товарно устройство	Обучение и подбор на оборудване	Информация за програмата за обучаване и преквалифициране на товарачите. Описание на процедурите за подбор и работа с товарни и транспортни устройства и използваните приспособления. Системите за поддръжка трябва да бъдат описани в СУМБ, независимо от което трябва да се извърши упоменаване на всички особености, характерни за поддръжката на товарните и транспортни устройства.
	Падане на контейнери от товарните транспортни средства по време на товаренето/ разтоварването/ транспортирането	Подбор на оборудване и процедури Обучение Изолиране	Процедури за поддържане на подовите повърхности. Разясняване на методите за разтоварване и причините, поради които същите са подходящи за транспортните средства, които обслужват съответния склад в контекста на потенциала за големи аварии с опасни вещества; по какъв начин се обслужват непознатите транспортни средства; разяснение относно системата за управление на движението на транспортните средства и схемите за разделяне и тяхното контролиране. Информация за обучението и методи за работа Процедури за третиране на товари, приети в небезопасно / потенциално опасно състояние
	Наводнение	Защитни ограждения, отводняване	Описание на мерките за овладяване на разливите на течности, които могат да бъдат изпуснати от контейнерите, за предотвратяване нанасянето на вреди на околната среда. Вторични обваловки. Описание и преценка за адекватността за съответното оборудване, съобразно установените опасности.
Допълнителни указания	<p>Необходимост от демонстриране на познаването на достатъчен брой представителни сценарии за възможни аварии. Необходимо е да се извърши оценка за обхвата и мащаба на пораженията в резултат на предвидимо възникване на голям пожар или мащабно изпускане на опасни вещества.</p> <p>Необходимо е наличието на информация за мерките за предотвратяване на настъпването на горните събития и мерки за ограничаване на последствията. Предвидените мерки трябва да бъдат оценени в тяхната цялост на фона на очаквания обхват и мащаб на пораженията за да се докаже, че предвидените мерки намаляват рисковете до най-ниското разумно достижимо ниво.</p> <p>Трябва да се вземат под внимание екологичните последствия извън територията на обекта; използване на информация за свойството на веществото или информация за аналогично вещество, ако подобна информация липсва.</p>		

Методи за оценка на риска

1. Качествени методи за оценка на риска

- Предварителна оценка на риска
- Анализ на опасността и работоспособността (HAZOP)
- Анализ на вида и последствията от отказите (FMEA/FMECA)
- Обсъждане и заключение

2. Графични методи

- Дърво на отказите
- Дърво на събитията
- Анализ “Причина-последствие” (метод на папийонката)
- Метод на оценка на организацията и управлението на безопасността
- Обсъждане и заключение

3. Заключение

Библиография

1. Качествени методи за оценка на риска

В този раздел са дадени кратки описания на най-използваните качествени методи (техники) за оценка на риска, а именно предварителна оценка на риска, анализ на опасността и работоспособността (HAZOP) и анализ на вида и последствията от отказите (FMEA/FMECA).

1.1. Предварителна оценка на риска

Предварителната оценка на риска или оценка на опасността [1, 2, 3, 4, 5] е качествен (описателен) метод, който използва последователен и систематичен анализ на последователностите от събития, при които от дадена опасност би възникнала голяма авария [1]. При този метод първо се идентифицират възможните неблагоприятни събития, които след това се анализират поотделно. След това за всяко неблагоприятно събитие или опасност се определят съответни конструктивни/технически подобрения или превантивни мерки.

Резултатът от този метод дава възможност за определяне на категориите опасности, които трябва да бъдат анализирани по-подробно, както и индикация за това, какъв последващ метод е най-подходящ. Той също така е удачен в области на дейност, където липсват подходящи мерки за безопасност е лесно забележима. С помощта на матрица на риска от типа "честота/последствие", идентифицираните опасности могат да бъдат класирани съобразно риска, като съответните превантивни мерки бъдат приоритизирани.

1.2. Анализ на опасността и работоспособността (HAZOP)

Анализ на опасността и работоспособността (HAZOP) е разработен в началото на седемдесетте години на двадесети век [7] от концерн Импириъл Кемикъл Индъстрис [1]. HAZOP [1, 2, 7, 8, 17] може да бъде дефиниран като прилагане на последователни и систематични процедури по обективно изпитване на даден процес и конструктивни и/или инженерни идеи за нови или съществуващи инсталации, с цел да се оцени техният потенциал за възникване на опасности, възникващи от отклонения от конструктивните спецификации, както и да се анализират последствията върху инсталацията като цяло.

Обикновено този метод се прилага чрез използването на набор от два вида ключови думи: думи, изразяващи отклонение или описание като НЕ, ПОВЕЧЕ/ПО-МАЛКО, КОЛКОТО, ДРУГО и т.н., и експлоатационни параметри като ТЕМПЕРАТУРА, НАЛЯГАНЕ, ОБЕМ, ДЕБИТ. Чрез комбинация между двата вида ключови думи и оценка на приложимостта от подобна комбинация се идентифицират възможните сценарии за потенциални опасности или проблеми при експлоатацията. Например при проблеми с ДЕБИТА по дадена производствена линия, кодовата дума ПОВЕЧЕ ще отговаря на по-голям от проектния дебит, а ПО-МАЛКО – на по-малък. След като се определят комбинациите и свързаните с тях критични моменти се обсъждат възможните последствия и превантивни/контролни мерки. Този метод е много популярен в химическата промишленост като ефективен инструмент за подобряване на безопасността и ефективността на производството. В цитираната литература [7, 17] може да бъдат намерени подробни работни процедури.

1.3. Анализ на вида и последствията от отказите (FMEA/FMECA)

Този метод е разработен от инженери, занимаващи се с изучаване на надеждността на производствените системи, през петдесетте години на двадесети век с цел определяне на проблеми, които могат да възникнат при неизправности на военни инсталации. FMEA [1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 17, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23] е процедура, при която всеки потенциален отказ в дадена система се анализира, за да се определи неговия ефект върху системата и да бъде класиран (приоритизиран) съгласно мащаба на неблагоприятното му въздействие [1].

Ако обхватът на FMEA е разширен с анализ на критичността на даден отказ, тогава методът се нарича анализ на вида и последствията от критични откази (FMECA). FMEA е много популярен в авиационната и военна промишленост [7]. Методът се е утвърдил и в друга форма – като анализ на последствията от неправилна употреба [15]. Подробно разписани процедури как да се провежда FMEA и различните му приложения в множество производства са дадени в [1] и [3]. В [16, 17, 18] е обсъдено прилагането на експертни системи, с цел автоматизирането на процеса, като има и документиране на “причинно мислец” модел за провеждане на FMEA [19]. Подобрена методика за провеждането на FMEA, която използва единична матрица като модел на цялата система и набор от индикатори, получени от комбиниране на вероятностите, които описват значимостта на дадено събитие е описано в [20, 21].

1.4. Обсъждане и заключение

И трите метода, описани по-горе изискват ангажирането на експерти/служители, които са запознати с оборудването и процесите на дадена инсталация. Все пак методът FMEA изглежда по-сложен и трудоемък, тъй като се отчитат отказите на всички компоненти на дадена система. Заслужава да се отбележи, че тези методи могат да бъдат използвани както при планирането (конструирането), така и при експлоатацията на дадена инсталация.

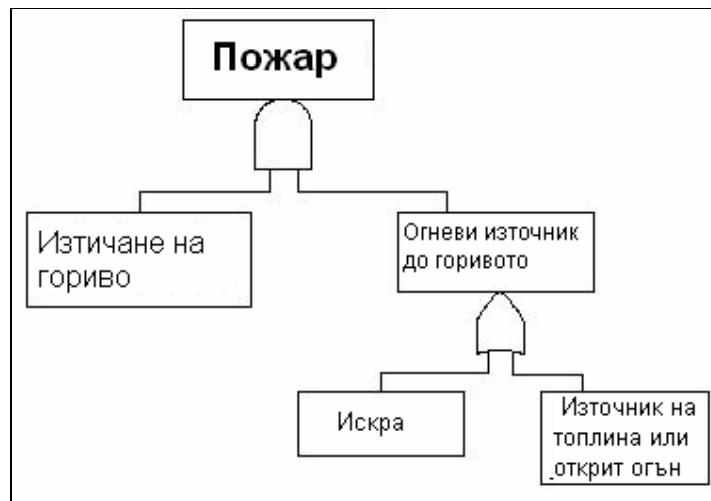
Тези методи се използват широко при оценката на риска за атомни електроцентрали и в химическата индустрия. Например FMEA, за използването на когото има много източници, се използва от корпорациите Интел[52] и Нешънъл Семикондъктьр[53], за да се подобри надеждността на продуктите им. Що се отнася до предварителната оценка на риска, тя се прилага при анализа на безопасността [2] и в оценката на риска за нефтени платформи [1]. HAZOP се използва широко в химическата промишленост [3], с цел подробно изучаване на възможните откази и последващите ефекти върху тръбопроводи и съдове.

2. Графични методи

В този раздел се разглеждат графични методи за оценка на риска, а именно: дърво на отказите, дърво на събитията, анализ “Причина-последствие” (метод на папийонката), дърво на рисковете от управленски пропуски и метод на оценка на организацията и управлението на безопасността.

2.1. Дърво на отказите

Концепцията на метода на дърво на отказите е разработена от “Бел телефон лабораторис” [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 17, 14] през 1962 г. като методика, с която да се извършва оценка на безопасността на системата за контрол на изстрелването на междуконтиненталните балистични ракети Минитмен [15]. Дървото на отказите е логическа диаграма, основана на дедуктивната логика, която показва връзките между отказ на системата, т.е. специфично неблагоприятно събитие, нарушаващо функционирането на системата като цяло, и отказа на различни компоненти на системата [2]. Нежеланите събития първо се дефинират и след това се определят възможните причинно-следствени връзки между отделните откази на компоненти на системата.



Фигура 1. Примерно дърво на отказите за нежелано събитие “Пожар в склад за гориво”

Методът на дърво на отказите може да бъде използван както за качествена, така и за количествена оценка на риска. Разликата е, че при качествената оценка на риска дървото на отказите е по-слабо структурирано (по-обобщено) и не изисква толкова изисквателно документиране на допусканията и изчисленията на вероятностите [7]. На фигура 1 е представено примерно дърво на отказите за нежелано събитие “Пожар в склад за гориво”. Този метод се използва в много клонове на промишлеността, като за него може да бъдат намерени много помощни материали като литература и софтуерни приложения, например пакета CARA [2]. Приложение на дървото на отказите за анализ на причинно-следствените връзки за пътнотранспортни произшествия е

цитирано в [11]. В специализираната литература има и подробни указания за прилагането на метода на дървото на отказите [1, 3, 7].

2.2 Дърво на събитията

Методът на дървото на събитията е начин за илюстриране на последователността от събития, които могат да бъдат интерпретирани като последици от възникването на определено инициращо (начално) събитие [3, 5, 6, 7, 8, 10, 14]. За разлика от метода на дървото на събитията, този метод използва индуктивна логика. Най-често този метод се използва при анализ на последиците. На крайната лява страна се нанася инициращото събитие, а на десния край – вида на последиците. На горния край на графиката се определят подсистемите, като за успешно събитие графиката се повдига, а при отказ – се спуска. За всяко събитие се изчислява вероятността да се случи.

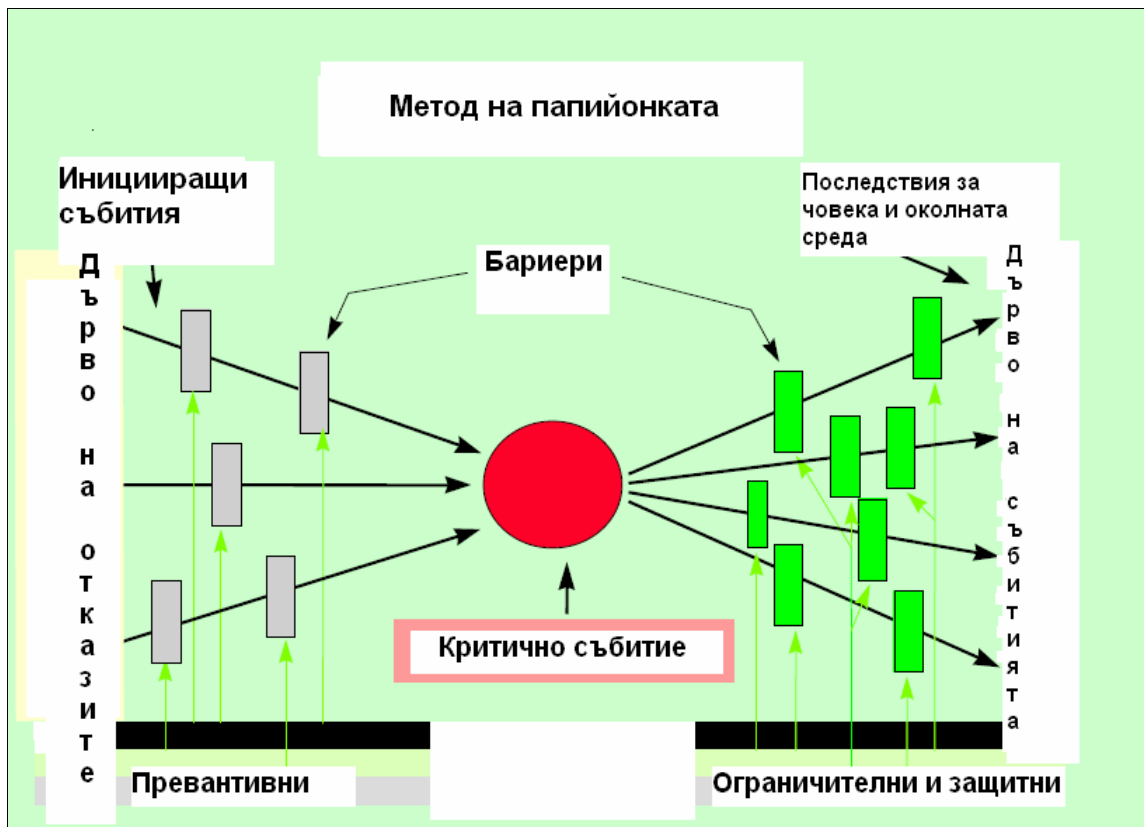


Фигура 2. Примерно дърво на събитията за инициращо събитие “Пожар”

Методът на дървото на събитията се използва в ядрената енергетика за анализ на работоспособността на АЕЦ и бе използван за анализ на последиците от аварията на два атомни реактора на остров Три Майлс Айланд, САЩ [6].

2.3 Анализ “Причина-последствие” (метод на папийонката)

Методът на папийонката е съчетание на методите дърво на отказа и дърво на събитията [2, 3, 5, 8, 14]. Той комбинира анализа на причините (описани в дърво на отказите) с анализ на последиците (дърво на събитията), като използва дедуктивна и индуктивна логика. Целта на метода на папийонката е да определи последователността от събития, които могат да доведат до неблагоприятни и нежелани последици. Чрез изчисляване на вероятностите за всички инициращи събития, може да се изчисли вероятността за възникване на всяко едно от последиците, като по този начин се опише нивото на риск за системата. На фигура 3 е представена типична диаграма за този метод.



Фигура 3. Примерна диаграма за метод на папийонката

Този метод е разработен от лабораториите РИСО в Дания с цел да бъде използван за анализ на риска за АЕЦ [2]. Той може да бъде да адаптиран за използване в други клонове на индустрията за определяне на безопасността на системи [2]. Подробности как да се извършва оценка на риска по метода на папийонката, както и предимствата и ограниченията на този метод са описани в литературата [2, 14].

2.4 Метод на оценка на организацията и управлението на безопасността

Методът на оценка на организацията и управлението на безопасността е опростена модификация на по-сложен метод, наречен “дърво на рисковете от управленски пропуски”, разработен в скандинавските страни през седемдесетте години на двадесети век [2, 14]. За разлика от другите изброени методи, този метод е структуриран като анализ на отделни нива чрез подходящи въпросници, но поради своята структурираност се причислява към дървовидните методи.

Анализът включва събиране на данни чрез въпросници и тяхното анализиране. Данните се събират чрез интервюта, изучаване на документи и проверки на място. Този метод се използва предимно за подробно разследване на аварии и нарушения на технологичния режим, както и за провеждане на одити на Системата за Управление на Мерките за Безопасност (СУМБ) и планиране на мерки за безопасност [2].

2.5 Обсъждане и заключение

Графичните методи се използват главно за анализ на последователности от събития, водещи до нежелани неблагоприятни последствия. Методите на дървото на отказите и дървото на събитията са широко използвани за получаване на количествени резултати за вероятността от възникване на дадено неблагоприятно събитие и последствията от него в количествената оценка на риска. Едно съществено ограничение на тези два метода е, че те представляват статични, логически изведени модели на сценарии на големи аварии [13] и не могат да отчетат особеностите на човешкото поведение.

3. Заключение

Качествените методи за оценка на риска са ефективни при идентифицирането на потенциалните опасности и откази на системата, макар че не отчитат зависимостите между събитията. От друга страна графичните методи избягват това ограничение чрез отчитане на взаимната зависимост на събитията и вероятността за тяхното възникване, доколкото тези данни са налични.

4. Библиография

1. J. D. Andrews and T.R.Moss. Reliability and Risk Assessment. 1st Ed. Longman Group UK, 1993.
2. Terje Aven. Reliability and Risk Analysis. 1st Ed. Elsevier Applied Science, 1992.
3. Ernest J. Henley & Hiromitsu Kumamoto. Probabilistic Risk Assessment. 1st Ed. IEEE Press, 1992.
4. Harold E. Roland & Brian Moriarty. System Safety Engineering and Management. 2nd Ed. John Wiley & Sons, Inc, 1990.
5. Ralph R. Fullwood & Robert E. Hall. Probabilistic Risk Assessment in the Nuclear Power Industry. 1st Ed. Pergamon Press, 1988.
6. J. R. Thomson. Engineering Safety Assessment. 1st Ed. Longman Group UK, 1987.
7. Ian S. Sutton. Process Reliability and Risk Management. 1st Ed. Van Nostrand Reinhold, 1992.
8. Center for Chemical Process Safety. Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis. American Institute of Chemical Engineers. 1989.
9. Abdelkader Bouti and Daoud Ait Kadi. "A state-of-the-art review of FMEA/FMECA". International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering. Vol 1, No. 4 (1994), pg 515-543.
10. M. Elisabeth Pate-Cornell. "Fault Tree vs. Event Trees in Reliability Analysis". Risk Analysis, Vol 4, No 3, 1984, pg 177-186.
11. Sarath C. Joshua and Nicholas J. Garber. "A causal Analysis of Large Vehicle Accidents through Fault-Tree Analysis". Risk Analysis, Vol 12, No. 2, 1992, pg 173-187
12. David I. Gertman and Harold S. Blackman. Human Reliability & Safety Analysis Data Handbook. 1st Ed. John Wiley & Sons, Inc., 1994.
13. N. Siu. "Risk Assessment for dynamic systems : An overview". Reliability Engineering and System Safety, Vol 43, 1994, pg 43-73.
14. Jouko Suokas and Veikko Rouhiainen. Quality Management of Safety and Risk Analysis. Elsevier Science Publishers B.V, 1993.
15. Jeffrey W. Vincoli. Basic Guide to Accident Investigation and Loss Control. Van Nostrand Reinhold, 1994.
16. David J. Russomano, Ronald D. Bonnell and John B. Bowles. "A Blackboard Model of an Expert System for Failure Mode and Effects Analysis". Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, pg 483-489, 1992.
17. C J Price, J E Hunt, M H Lee and R T Ormsby. "A Model-based Approach to the Automation of Failure Mode Effects Analysis for Design". Proc. IMechE, Part D: the Journal of Automobile Engineering, volume 206, pg 285-291, 1992.
18. C J Price, David R. Pugh, Myra S. Wilson and Neal Snooke. "The Flame System: Automating Electrical Failure Mode & Effects Analysis (FMEA)". Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, pg 90-95, 1995.
19. Daniel Bell, Lisa Cox, Steve Jackson and Phil Schaefer. "Using Causal Reasoning for Automated Failure & Effects Analysis (FMEA)". Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, pg 343-353, 1992.
20. Chakib Kara-Zaitri, Alfred Z. Keller, Imre Barody and Paulo V. Fleming. "An Improved FMEA methodology". Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, pg 248-252, 1991.

21. Chakib Kara-Zaitri, Alfred Z. Keller and Paulo V. Fleming. "A Smart Failure Mode and Effect Analysis Package". Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, pg 414-421, 1992.
22. C. Enrique Pelaez, John B. Bowles. "Applying Fuzzy Cognitive-Maps Knowledge-Representation to Failure Modes Effects Analysis". Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, pg 450-459, 1995.
23. Process and Service FMEAs. Technicomp Publishing, Inc, Cleveland, Ohio, 1990.