



ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ

Машинно – технологичен факултет

Катедра „Теория на механизмите и машините“

Маг. мат. Златина Иванова Ценова

**ОЦЕНКА НА РИСКА ПРИ АВАРИЙНИ СИТУАЦИИ В
ЦИНКОВО ПРОИЗВОДСТВО**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертация за придобиване на образователна и научна степен
"ДОКТОР"

Област: 4. Природни науки, математика и информатика

Професионално направление: 4.6. Информатика и компютърни науки

Научна специалност: Информатика

Научен ръководител: Доц. д-р, д-р, инж. мат. Яна Стоянова

СОФИЯ, 2018 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита от Катедрения съвет на катедра „Теория на механизмите и машините“ към Машинно-технологичен факултет на ТУ-София на редовно заседание, проведено на 08.11.2018 г..

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои на 12.03.2019 г. от 15:00 часа в Конферентната зала на БИЦ на Технически университет – София на открито заседание на научното жури, определено със заповед № ОЖ-4.6-05 от 20.11.2018 г. на Ректора на ТУ-София в състав:

1. Проф. д.т.н. инж. Ради Романски – председател
2. Доц. д-р, д-р инж. мат. Яна Стоянова – научен секретар
3. Проф. д.т.н. инж. Тодор Стоилов
4. Проф. д-р инж. Николай Козарев
5. Доц. д-р мат. Димитър Биров

Рецензенти:

1. Проф. д.т.н. инж. Тодор Стоилов
2. Проф. д-р инж. Николай Козарев

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в канцеларията на Машинно-технологичен факултет на ТУ-София, блок №3, кабинет № 3230.

Дисертантът е докторант на самостоятелна подготовка към катедра „Теория на механизмите и машините“ на Машинно-технологичен факултет. Изследванията по дисертационната разработка са направени от автора, като някои от тях са подкрепени от научноизследователски проекти.

Автор: маг. мат. Златина Ценова

Заглавие: Оценка на риска при аварийни ситуации в цинково производство

Тираж: 30 броя

Отпечатано в ИПК на Технически университет – София

I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Актуалност на проблема

В наши дни понятията „опасност“ и „риск“ са широко разпространени и тясно свързани в ежедневието ни. Сам по себе си, рискът е сложна функция от опасности, свързани с определена система. Всъщност това е вероятността да се реализира нежелано събитие, последиците от това събитие и уязвимостта на изложената на опасност околна среда. Най-често опасността се описва като „източник на риск“, докато рискът се описва като „вероятност от настъпване на нежелани последици“. Следователно, опасността съществува просто като един източник. От друга страна, рискът 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 от мерките за предпазване, които се предприемат срещу тази опасност. Рискът съществува независимо и вън от индивидите и социалните групи, които го възприемат и реагират спрямо него. Той е обективен и познаваем факт, потенциална опасност или вече причинена вреда, която може да бъде измерена независимо от социалните процеси и културна среда. Той се конструира от хората и това винаги е и ще бъде продукт на исторически, политически и социално обусловен възглед за света. Рискът е функция на процеси, които се осъществяват на ниво индивид или група и повлияват възприемането и осмислянето му.

Цел на дисертационния труд, основни задачи и методи за изследване

Целта на настоящата работа е да се направи пълна оценка на риска при аварии в цинково производство и да се предложи стратегия за управлението му. Във връзка с изпълнението на тази цел са формулирани следните задачи:

1. Да се направи сравнителен анализ на методите, техниките и методиките за оценка на риска и да се подберат подходящи такива за настоящото изследване.
2. Да се разработят модели: за пресмятане на вероятността от възникване на замърсяване с определена концентрация при авария с вредни химически вещества, за изследване на кумулативен ефект при индустриални аварии, на най-рискова механична смес с цел прилагането му при моделирането на последствията от аварии чрез АЛОНА, на реакцията на цинковия прах вследствие на контакт с влага/влажен въздух с цел прилагането му при оценката на риска.
3. Да се идентифицират рисковете при възникване на авария в цинково производство, да се изготви количествен и качествен анализ на идентифицираните рискове, да се изследват последствията от авария и кумулативен ефект, да се изчислят индивидуалния и обществен риск и пространствените граници на зоните на аварийно планиране.
4. Да се предложи стратегия за управление на риска при аварии в цинково производство.
5. Да се разработят приложения в MS Excel чрез VBA за оценка и анализ на риска за методика за подбор на инсталациите за количествена оценка на риска, бърза оценка на риска, метод на сценариите и матрица на риска и оценка на последствията при авария.

Количествената оценка на риска в настоящата дисертация протича на няколко етапа.

1. Описват се инсталациите в предприятието, които имат принос към риска като цяло по метод на подбор на инсталациите. Идентифицират се опасните вещества, съхранявани на територията на инвестиционното предложение. Окончателното решение за определяне на инсталациите с най-съществен принос за риска и вземането им под внимание при количествена оценка на риска се базира и на експертна оценка.

2. По метод за анализ на сценариите се описват подробно възможните сценарии за възникване на аварии и вероятността за възникването им и условията, при които те настъпват съобразно възможните вътрешни и/или външни причини за това. Идентифицират се обобщени сценарии за възникване на аварийни ситуации съобразно вероятните причини за събъждането им и въз основа на статистически данни като се вземат предвид възможните събитията със загуба на съдържание и събитията със загуба на херметичност. Определят се източниците на емисията и разсейването в околната среда за конкретната ситуация. За изчисляване на източника и разсейването на веществата в околната среда е необходимо да се познават физичните (температурно - зависими) свойства на веществата.

3. Построява се матрица на риска за приоритизиране на обобщените сценарии съобразно класа на последствията от всеки от тях, както и вероятността от възникване на аварийна ситуация.

4. Чрез метод на папийонката се извършва оценка на последствията от идентифицираните представителни сценарии за анализ.

5. Извършва се оценка на последствията чрез симулации на аварийни ситуации, произтичащи от съхранението, обработката и транспорта на опасни вещества, се използва комплексен софтуерен пакет ALOHA, който съдържа данни за физичните, химичните и токсикологичните свойства на чисти вещества и някои химични съединения. Базата данни включва вещества, които са потенциален източник на авария и генерират токсични облаци или представляват заплахата от пожар или експлозия. Резултатите се визуализират чрез GOOGLE EARTH. Използва се модел за оценка на значимостта на последствията, който дава зависимост между броя на застрашените лица, площта на зоната на въздействие и гъстотата на население в засегнатата територия. Изчислява се вероятността от възникване на голяма авария, която е функционално зависима от вероятността за възникване на определен брой аварии за една година. Окончателната стойност на вероятността за възникване на голяма авария се получава като сбор от стойностите на вероятността от възникване на голяма авария за всички опасни вещества и съоръжения. За всяко опасно вещество се изчислява рискът от възникване на авария като се използва връзката му с вероятността от последствията от авария, причинена от това вещество.

6. Изследва се кумулативен ефект от натрупване на въздействия в инсталациите, в които опасните вещества се съхраняват в повече от един съд за съхранение.

7. С помощта на метода на дефиниране на мрежа се оценява индивидуалният риск и риска за обществеността.

8. Следващата стъпка от методиката за количествена оценка на риска е представяне на получените резултати. С помощта на бърза методика се определят зоните на аварийно планиране, като се изчисляват радиусите им. Засегнатата област представлява част от кръг или кръгов венец. Вероятността от замърсяване при високи концентрации на замърсител се изчислява, използвайки геометрична вероятност. Определя се вероятността за възникване на голяма авария във всяка инсталация поотделно, а също и на територията на предприятието като цяло. Определя се

потенциалният брой засегнати работници във всяка от определените зони за аварийно планиране. Правят се препоръки за намаляване на ефектите от големи аварии.

9. Разглеждат се задачи за максимизиране на надеждността и за минимизиране на уязвимостта на инсталациите като част стратегията за управление на риска.

Научна новост

Разработени са модели пресмятане на вероятността от възникване на замърсяване с определена концентрация при аварии с вредни химически вещества, базиран на идеята за геометрична вероятност (формули (3.1) – (3.6)), отчитайки средната месечна температура ($^{\circ}\text{C}$), посоката на вятъра φ , скоростта му m/s и честотата му на появяване, а също и влажността на въздуха (%) и степента на облачност.

В точка 3.2. е дефинирано понятието „моделна смес“ и са представени начини за изчисляване на нейните физико-химични и термодинамични свойства (Таблица 3).

Точка 3.3 е посветена на изследването на кумулативният ефект на вероятността от възникване на нежелано събитие с неблагоприятни последици вследствие на аварийна ситуация с всички вещества, съхранявани в различен брой съдове (формули (3.7) – (3.11)).

В точка 3.4. е изследвана кинетиката на реакцията на запалване на цинковия прах вследствие на контакт с влага и е проучена скоростта на отделяне на водород (формули (3.12) – (3.14)).

Практическа приложимост

Направена е детайлна оценка на риска при аварийни ситуации в цинково производство. Показан е метод за идентифициране на вредните вещества. Направено е подробно описание на площадката на инвестиционното предложение, включващо географски, демографски, метеорологични данни. Разгледани са всички инсталации в предприятието, с географските им координати, а също и с координатите им спрямо началото на подходящо избрана координатна система. Описани са всички вещества, количествата и начинът им на съхранение.

В точки 4.4.2. и 4.4.3. са изчислени индикаторните числа на опасните вещества (Таблица 6), а също и индикаторните числа на инсталациите (Таблица 7). С помощта на софтуерния пакет Excel в точка 4.4.4. са изчислени числата на подбора на всяка инсталация (Таблица 8) и са подбрани рисковите инсталации за анализ и количествена оценка на риска.

В точка 4.5. са разгледани и идентифицирани и обобщение всички сценарии за възникване на аварийна ситуация с неблагоприятни последици. Разгледана е вероятността за такива въз основа на статистически данни. С помощта на матрица на риска, построена въз основа на тежестта на последициите и вероятността от възникване на голяма авария са приоритизирани сценариите и се идентифицират представителни сценарии за възникване на аварии.

В точка 4.6. е направена оценка на последициите от избраните за количествена оценка на риска сценарии чрез метод на папийонката.

С помощта на софтуерният продукт ALOHA е направена симулация на всички подбрани за количествена оценка на риска сценарии при зимни (януари) и летни (юли) метеорологични условия. Изчислени са дължините на всички опасни зони, а също и вероятността на възникване на аварийна ситуация съобразно посоката на вятъра и средно месечната температура. Визуализирано е териториалното разпространение на

вредните вещества. Направени са изводи за вероятността за получаване на замърсяване с опасна концентрация и дължината на опасната зона.

В точка 4.7. е формулиран и описан кумулативният ефект на вероятността от възникване на нежелано събитие с неблагоприятни последствия в склад за съхранение на сярна киселина и в склад за съхранение на пропан бутан. Приложен е подход за извършване на оценка на кумулативното въздействие чрез пресмятане на вероятността от възникване на производствена авария в един, два или три съда за съхранение във всеки един от рисковите складове.

В точка 4.8. е оценен индивидуалният риск и рискът за обществеността чрез прилагане на методът с дефиниране на мрежа.

В точка 4.9. е приложена бърза методика за оценка на риска. Въведена е оценка на риска за всяко опасно вещество като функция на вероятността за възникване на голяма авария, свързана с него и оценка на последствията от нея. Изчислени са пространствените граници на зоните за аварийно планиране.

Апробация

Дисертационният труд е апробиран в основните си части на:

- Международна научна конференция „70 години МТФ“, 11 – 13. 09.2015, Созопол;
- 42-ра международна конференция „Приложение на математиката в техниката и икономиката“, 08 – 13. 06. 2016, Созопол;
- 12-та международна конференция по трибология „Бултриб“, 27-29.10.2016, София;
- 44-та международна конференция „Приложение на математиката в техниката и икономиката“, 08 – 13. 06. 2018, Созопол.

Публикации

Основни постижения и резултати от дисертационния труд са публикувани в 6 научни статии, от които 2 самостоятелни.

Структура и обем на дисертационния труд

Дисертационният труд е в обем от **249** страници, като включва увод, 6 глави за решаване на формулираните основни задачи, списък на основните приноси, списък на публикациите по дисертацията, използвана литература и **5** приложения, от които едно на електронен носител. Цитирани са общо **166** литературни източници, като **102** са на латиница и **8** на кирилица, а останалите са интернет адреси. Работата включва общо **29** фигури и **20** таблици. Номерата на фигурите и таблиците в автореферата съответстват на тези в дисертационния труд.

II. СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

ГЛАВА 1. Увод

1.1. ОСНОВНИ ПОНЯТИЯ И ДЕФИНИЦИИ

Риск. Това са такива ситуации, при които последствията могат да се опишат с вероятностни разпределения. Например, ако се знае, че река приижда до определено ниво средно веднъж на 20 години, това е по-скоро ситуация на риск, отколкото на несигурност.

Несигурност. В тези ситуации последствията не могат да се опишат чрез познати вероятностни разпределения, нито могат да се оценят адекватно.

Неточност. Последствията не могат да се опишат чрез вероятностни разпределения, но могат да се оценят.

Променливост (непостоянство). Това е резултат на присъщи колебания или разлики в качеството на обекта на изследване.

В ситуация на производствена авария най-често разглеждани са *индивидуален* и *обществен риск*. За да се оценят индивидуалният и общественят риск съгласно е необходимо да се дефинира мрежа, покриваща представляващата интерес област (мрежа на изчисленията). Центърът на отделна клетка от мрежата се нарича точка от мрежата.

Индивидуалният риск е вероятността от възникване на смъртен случай на отделно лице поради настъпване на събития със загуба на херметичност. Предполага, че това лице е незащитено и през цялото време на експозицията остава на същото място.

Обществен риск – кумулативната честота за очакван брой смъртни случаи при възникване на аварии, които засягат едновременно група лица.

Настоящата работа е посветена на изчисляването и оценката на риска при аварийни ситуации, включващ екологичен, индивидуален и обществен фактор.

Процесът на **планиране на оценката на риска** и постигане на сигурно ниво на защита е комплексен. Състои се от всички начини за информиране и правилно вземане на решения. Доброто планиране включва специалисти, оценяващи риска, експерти по планиране и своевременно реагиране.

Оценка на риска. Най-общо, това е математическа функция на вероятността за възникване на промишлена авария и последствията от нея. Целта на адекватната оценка на риска е да идентифицира потенциалните източници на авария, да анализира причините за възникването ѝ и да изчисли последствията от нея.

Кумулативен ефект е общ ефект от различни въздействия върху всеки отделен компонент от изследваната система. Може да се отчита натрупване на еднакви въздействия, които да водят до ново значително въздействие или натрупване на различни въздействия, които водят до ново значително въздействие.

Важна част от анализиране и оценка на риска от голяма авария е моделиране на последствията от нея. По-често срещаните последствия са образуване на токсичен облак пара, пожар и взрив.

Същността на оценката на риска е да се идентифицират опасностите, свързани с работата, работния процес и работната среда с последващо вземане на решение за ограничаване или премахване на този риск. Редът, начинът и периодичността на извършване на оценка на риска са описани в Наредба №5 от 11.05.1999г., обн. ДВ, бр. 47 от 21.05.1999 г. със Закон за Здравословни и Безопасни условия на труд, обн. ДВ, бр. 124 от 23.12.1997, изм. ДВ, бр. 98 от 14.12.2010г. се въвеждат общи принципи за

превенция и мерки за стимулиране на подобренията за безопасността и здравето на работещите.

Оценката на риска, представена в настоящата работа, е съобразена и с Наредба за предотвратяване на големи аварии с опасни вещества и за ограничаване на последствията от тях, приета с ПМС № 2 от 11.01.2016 г., обн., ДВ, бр. 5 от 19.01.2016 г., в сила от 19.01.2016 г.

1.3. МЕТОДИКИ ЗА ОЦЕНКА И АНАЛИЗ НА РИСКА

1.3.1. МЕТОДИКА ЗА БЪРЗА ОЦЕНКА НА РИСКА

Това е опростена методика за бърза оценка на евентуални поражения от голяма авария с опасни химични вещества. Въведена е от италианското правителство през 1994г. Главната цел на тази методика е да се категоризират и приоритизират промишлените предприятия по отношение на риска от големи аварии. Методиката за бърза оценка на риска има няколко недостатъка. Един от тях е, че вероятностите за възникване на голяма авария в различните сценарии не се оценяват или сравняват. Не се оценяват дългосрочни и забавени неблагоприятни ефекти от аварията върху човешкото здраве и върху околната среда.

1.3.2. МЕТОДИКА ЗА АНАЛИЗ НА РИСКА, РАЗРАБОТЕНА ОТ УНГАРСКИТЕ КОМПЕТЕНТНИ ОРГАНИ

Предимството на тази методика е анализирането на последствията, въздействията и вредите, които различните сценарии могат да причинят. Недостатъкът е, че оценката не е точна при наличие на значителни различия между статистическите метеорологични данни и действителната метеорологична обстановка на територията на анализираният обект.

1.3.3. МЕТОДИКА ЗА ПОДБОР НА ИНСТАЛАЦИИТЕ ЗА КОЛИЧЕСТВЕНА ОЦЕНКА РИСКА

Основни стъпки:

1. Подбор на инсталациите, които имат най-съществен принос за риска в предприятието;
2. Дефиниране на събитията със загуба на съдържание и събитията със загуба на херметичност, както и честотата на отказите;
3. Изчисляване на разсейването на опасните вещества;
4. Изчисляване на въздействието;
5. Заключително представяне на резултатите.

Недостатъкът на тази методика е, че не се вземат под внимание въпроси, свързани с променливо във времето изтичане и разсейване на опасни вещества.

1.6. СОФТУЕРНИ ИНСТРУМЕНТИ ЗА АНАЛИЗ НА РИСКА И МОДЕЛИРАНЕ НА ПОСЛЕДСТВИЯТА ПРИ ПРОМИШЛЕНИ АВАРИИ

1.6.2. ИНСТРУМЕНТИ ЗА МОДЕЛИРАНЕ НА ПОСЛЕДСТВИЯТА ОТ АВАРИИ

ALOHA – Areal Locations Of Hazardous Atmospheres. Софтуерен продукт, който е разработен за моделиране на изпускането на химикали и е предназначен за планиране. Може да се изчисли разсейването на токсичен облак след изпускане в атмосферата, а

също и да се предвидят сценарии за пожари и експлозии. Програмата е проектирана за доставяне на разумни резултати достатъчно бързо, за да бъде полезен по време на реална авария. Продуктът минимизира грешките при въвеждане на данни чрез проверка на входните параметри и предупреждаване на потребителя, ако стойността е малко вероятна или физически невъзможна. Ключови функции на програмата:

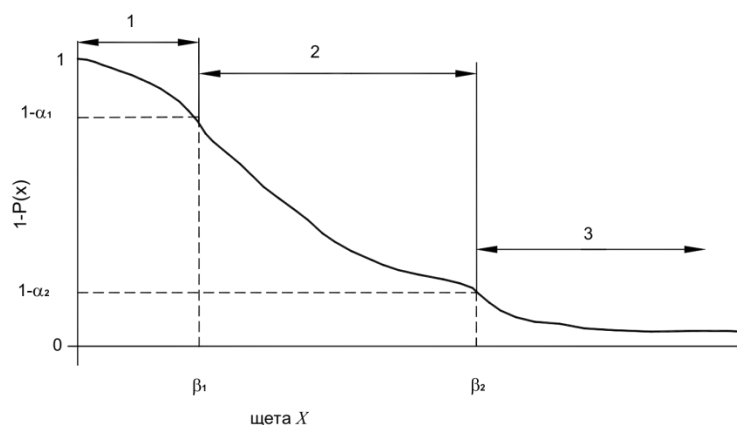
- Генерира разнообразие от специфични за сценария изходи, включително изображения на зоните на застрашеност, застрашеност на конкретни места и графики за силата на източника;
- Изчислява скоростта на отделяне на химикалите от резервоари, локви и газопроводи и прогнозира промяната на скоростта на изпускане в течение на времето;
- Моделира много сценарии на експозиция – токсични газови облаци, експлозии от кипене на втечнени разширяващи се пари, струйни пожари, експлозии при изпарение на облаци, пожари в локва;
- Оценява различните видове опасности, в зависимост от сценария на изпускане – токсичност, запалимост, термична радиация и свръхналягане;
- Моделира разсейването в атмосферата на химически разливи върху вода.

ALOHA показва три зони на застрашеност, наложени върху една снимка на обекта. Червената зона е тази с най-висока степен на застрашеност. Софтуерният продукт има функция да показва конкретна информация за опасностите в местата, представляващи интерес (училища, болници и др.).

Недостатък на ALOHA е, че работи само с еднокомпонентни химикали и разтвори, но не и със многокомпонентни смеси. Платформата обаче позволява допълване на базата данни и с физичните и термодинамични свойства на многокомпонентни смеси и оперирането ѝ с тях.

ГЛАВА 2. СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА МЕТОДИТЕ ЗА ОЦЕНКА И АНАЛИЗ НА РИСКА

2.1. ЧАСТИЧЕН МУЛТИЦЕЛЕВИ МЕТОД ЗА ОЦЕНКА НА РИСКА (THE PARTITIONED MULTIOBJECTIVE RISK METHOD – PMRM)



Фиг. 5. Плътност на вероятностите за отказ

Методът PMRM е метод на анализ на риска, който е развит за решаване на мултицелеви задачи от вероятностен характер. Той генерира функции от условно очаквани стойности, наречени „риск функции“, които описват риска от щета в определен интервал.

2.4. ДЪРВО НА ОТКАЗИТЕ – ПОСТРОЯВАНЕ И АНАЛИЗ

Методът за анализ чрез дърво на отказите (FTA - Fault Tree Analysis) е метод за идентифициране и анализ на фактори, които могат да допринесат за конкретно нежелано събитие. Причинните фактори се определят чрез дедуктивни методи, организирани са и са логически свързани. Представени са графично в дървовидна схема, която включва причинните фактори и тяхната логична взаимовръзка с крайното нежелано събитие. Факторите, посочени в дървовидната схема, може да са събития, свързани с отказ на елемент от техническо средство, човешки грешки или каквито и да са други събития, водещи към нежеланото събитие.

2.5. ПОДБОР НА ИНСТАЛАЦИИТЕ ЗА КОЛИЧЕСТВЕНА ОЦЕНКА НА РИСКА

Нека:

Q - налично количество от дадено вещество (в kg) в инсталацията, т.е. това е сумарното количество от веществото, намиращо се в границите на съответната инсталация;

Q_i - коефициенти за условията на процеса, $i = 1, 2, 3$.

Q_1 - коефициент за отчитане на типа на инсталациите, в които протичат технологични процеси и където се съхраняват опасни вещества и препарати.

$$Q_1 = \begin{cases} 1, & \text{ако инсталацията е за преработка;} \\ 0.1, & \text{ако инсталацията е за съхранение.} \end{cases}$$

Q_2 - коефициент, отчитащ влиянието на разположението на инсталациите.

$$Q_2 = \begin{cases} 1, & \text{ако инсталацията е открита;} \\ 0.1, & \text{ако инсталацията е капсулована.} \end{cases}$$

Q_3 - коефициент, отчитащ количеството на веществото в газова фаза.

$$Q_3 = \begin{cases} 10, & \text{ако веществото е в газова фаза;} \\ 10, & \text{ако веществото е в течна фаза и налягането на} \\ & \text{наситените пари е не по-малко от } 3 \text{ bar;} \\ X + \Delta, & \text{ако веществото е в течна фаза и налягането на} \\ & \text{наситените пари е между } 0 \text{ и } 3 \text{ bar;} \\ P_i + \Delta, & \text{ако веществото е в течна фаза и налягането на} \\ & \text{наситените пари е не повече от } 1 \text{ bar;} \\ 0.1, & \text{ако веществото е в твърда фаза.} \end{cases}.$$

За експлозивни $Q_1 = Q_2 = Q_3 = 1$. Коефициентът X нараства линейно от 1 до 10 с нарастване на налягането на наситените пари (P_{sat}) от 1 до 3 bar. X се изразява с линейното уравнение $X = 4.5P_{sat} - 3.5$. Коефициентите P_i (bar) са равни на парциалното налягане на парите на веществото. Коефициентът Δ е коригираща стойност, отчитаща допълнителното изпарение в резултат на топлинния поток от околната среда към образувалата се локва. Стойността на Δ зависи единствено от точката на кипене при дадено атмосферно налягане T_{bp} . G е гранична стойност (в kg) на веществото i . Това е мярка за опасните свойства на веществото, основаваща се както на физичните му свойства, така и на токсичността (експлозивността, запалимостта) на веществото. Тя се определя чрез средната летална концентрация LC_{50} (плъхове, вдишване, 1 час) и вида на фазата при 25°C.

A е индикаторно число за дадена инсталация. То представлява мярка за присъщата на инсталацията опасност. Индикаторното число е безразмерна величина и се дефинира с формулата

$$A = \frac{Q \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3}{G} = \frac{Q}{G} k, \text{ където } k = Q_1 Q_2 Q_3.$$

За експлозивните вещества $Q_1 = Q_2 = Q_3 = 1$. Тогава $k = 1$. Следователно $A = \frac{Q}{G}$.

В рамките на дадена инсталация може да има различни вещества и условия на процеса. В такива случаи за всяко от веществата i и за всяко от условията на процеса p се изчислява по едно индикаторно число A_{ip} . Индикаторното число за всяка инсталация се изчислява като сума от всички индивидуални индикаторни числа, т.е. $A = \sum_{i,p} A_{ip}$. Тази сума се изчислява за три различни групи вещества поотделно: A^F - за запалими вещества, A^T - за токсични вещества, A^E - за експлозивни вещества. Дадена инсталация може да има най-много три различни индикаторни числа. Въвежда се означение S - число на подбора. Това е мярка на опасността от инсталацията, разположена в конкретен участък. Нека L е разстоянието от инсталацията до конкретния участък (в метри), минимумът, за което е 100 метра. Тогава числата за подбора за различните видове вещества се получават както следва:

$$S^F = \left(\frac{100}{L}\right)^3 A^F, \text{ за запалими вещества,} \quad (2.26)$$

$$S^T = \left(\frac{100}{L}\right)^2 A^T, \text{ за токсични вещества,} \quad (2.27)$$

$$S^E = \left(\frac{100}{L}\right)^3 A^E, \text{ за експлозивни вещества.} \quad (2.28)$$

Освен изчисленията за границите на предприятието, трябва да се определи числото на подбора S за всяка инсталация по отношение на участък от реално съществуващ или планиран населен район, разположен възможно най-близо до инсталацията. Дадената инсталация се избира за целите на количествена оценка на риска, ако:

Числото на подбора на инсталацията е по-голямо от 1 в участък, разположен по границата на предприятието (или по срещуположния на инсталацията бряг) и по-голямо от 50% от максималното число на подбора за съответния участък.

Числото на подбора на инсталацията е по-голямо от 1 в участък от реално съществуващ или планиран населен район, разположен възможно най-близо до инсталацията.

Предимството на този метод е, че онагледява риска, причинен от съответното предприятие и предоставя на компетентните органи подходяща информация за оценяване на нарастването на риска. Недостатък на методът е при наличие на голям брой инсталации е възможно някои от тях да бъдат неоснователно пропуснати, например съоръжения за товарене или разтоварване, свързващи тръбопроводи между технологични инсталации, страничните продукти от процесите, продуктите, образували се в резултат на изгаряне по време на пожарите, продуктите от неконтролируемите химични реакции.

2.7. МОДЕЛИ ЗА ОЦЕНКА НА ЗНАЧИМОСТТА НА ПОСЛЕДСТВИЯТА

Общото изражение на значимостта на последствията се изчислява по следната формула:

$$N = S h f_s, \quad (2.29)$$

където N е брой застрашени лица, S е площта на зоната на въздействие, h е гъстота на население в засегнатата територия, а f_s е фактор на корекция. В случай, че засегнатата местност представлява дробно число от засегнатата територия, тогава

$f_s = f_r f_\alpha$, където f_r е фактор на пръстеновидната част, представляваща заселената местност, който се изчислява по формулата

$$f_r = \frac{R_{max}^2 - R_{min}^2}{R^2}, \quad (2.30)$$

където R_{max} е външен радиус, т.е. максималното разстояние между заселената местност и източника на риска, R_{min} е вътрешен радиус, т.е. минималното разстояние между заселената местност и източника на риска, R е максималния радиус на застрашената зона, т.е. максималното разстояние на влияние на тежката промишлена авария. От своя страна, множителят f_α е фактор, представляващ ъгъла на заселената местност, засегната от източника на риска, редуциран от ъгъла θ на неблагоприятните последиствия при възникване на голяма авария. α е ъгълът на разграничение на площта с взетата под внимание гъстота на население. θ приема една от следните стойности в

зависимост от създамата се ситуация: $\theta = \begin{cases} 360^\circ, & \text{при пожар} \\ 180^\circ, & \text{при взрив. Тогава} \\ 36^\circ, & \text{при токсично разсейване} \end{cases}$

$$f_\alpha = \frac{\alpha}{\theta} \quad (2.31)$$

Предимството на този метод е, че дава много бърза ориентировъчна оценка на значимостта на последиствията. Определянето на броя на застрашените лица е много важно за адекватният анализ на риска. Недостатък на метода е, че не отчита географското положение, релефът и метеорологичните особености на изследваната територия.

2.7.1. МОДЕЛИ ЗА БЪРЗА КОЛИЧЕСТВЕНА ОЦЕНКА НА РИСКА

Методът за бърза количествена оценка на риска включва следните етапи:

На всяко опасно вещество се присвоява числен код, базиран на неговите свойства (агрегатно състояние, парно налягане, летливост, токсичност и др.) и начина му на употреба/преработка, транспорт и съхранение.

На последиствията от голяма авария се присвоява числен код, определен от числения код на опасното вещество, предизвикало или участващо в аварията и предполагаемото му количество.

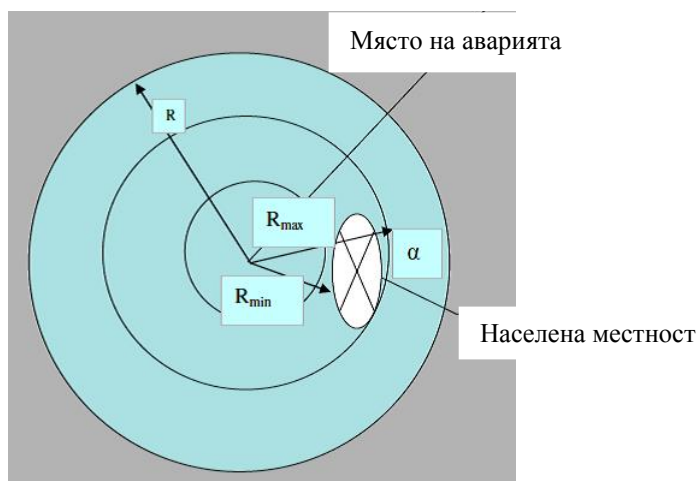
Определя се зоната на въздействие на голямата авария.

Определя се значимостта на последиствията по (2.29).

На всяко опасно вещество се присвоява усреднен показател на вероятност P от възникване на голяма авария според числения код на веществото и характера на съоръжението.

Усредненият показател на вероятност P от възникване на голяма авария е равен на десетичния логаритъм от вероятността за възникване на определен брой аварии за една година F_p , т.е. $P = \lg(F_p)$.

Окончателната стойност на вероятността за възникване на голяма авария се получава като сбор от стойностите на вероятността от възникване на голяма авария за всички опасни вещества и съоръжения/процеси в предприятието.



Фиг. 11. Схематично изображение на оценката на последствията от възникване на голяма авария

Предимство на методът е бързата количествена оценка на риска, както и изчисляване на вероятността за възникване на голяма авария. Тази стойност, обаче, не е обобщена, имайки предвид, че вероятността от възникване на голяма авария за различните сценарии не се оценява и/или сравнява. Това са главните недостатъци на метода.

Нито един модел не може да предвиди всички бъдещи нужди по време на еволюирането на системата, следователно итеративния процес е неразделна част от анализа на риска, респективно от управлението му. Още повече, че моделирането на системите, което е част от количествения анализ на риска е също така необходимо за формиране на обосновани откази, предвиждане на последствия и критичен анализ. Съществуват множество стандарти за оценяване и управление на риска, в които има разработени алгоритми за предвиждане на появата на дадено нежелано събитие и/или начини на действие при случването му, изследвайки причинно-следствените връзки. Повечето от тези алгоритми, обаче не са унифицирани и е трудно да се калибрират, имайки предвид разнообразието на структурно-динамичните модели.

В настоящата работа са приложени разнообразни методи и модели с цел постигане на ефективна и точна оценка на риска, а именно:

- метод за подбор на инсталациите за количествена оценка на риска – защото показва риска от голяма авария във всяка инсталация поотделно. Инсталациите трябва да се подберат внимателно, като подборът е задължение изцяло на компетентната преценка на експерти;
- модел за оценка на значимостта на последствията – защото посочва ориентировъчен брой застрашените лица в зависимост от гъстотата на населението в засегнатата територия;
- модел за бърза оценка на риска – за да се определят дължините на зоните за аварийно планиране, а също и очаквана стойност на вероятността за възникване на голяма авария в изследвания обект като цяло;
- метод за анализ на сценариите – базиран на експертна преценка метод за идентифициране и обобщаване на сценариите, които носят най-съществен риск за възникване на аварийна ситуация;
- качествена оценка на риска с прилагане на матрица на риска – с цел да се онагледят вероятностите за възникване на голяма авария и последствията от нея с помощта на рангови скали. По преценка на експертите се очертават рисковете при различните сценарии;

- анализ чрез метод на папийонката – с цел онагледяване на причините за възникване на конкретна аварийна ситуация и последствията от нея.

ГЛАВА 3. НЯКОИ МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛИ, СВЪРЗАНИ С ОЦЕНКА НА РИСКА

3.1. МОДЕЛ ЗА ПРЕСМЯТАНЕ НА ВЕРОЯТНОСТТА ОТ ВЪЗНИКВАНЕ НА ЗАМЪРСЯВАНЕ С ОПРЕДЕЛЕНА КОНЦЕНТРАЦИЯ ПРИ АВАРИЯ С ВРЕДНИ ХИМИЧЕСКИ ВЕЩЕСТВА

За да се оцени рискът от замърсяване с определена концентрация, при условие, че е възникнала авария, трябва да се вземат предвид климатичните и географски характеристики на района, в който се намира изследваното предприятие. Важна роля играят средната месечна температура ($^{\circ}\text{C}$), посоката на вятъра φ , скоростта му (m/s) и честотата му на появяване, а също и влажността на въздуха (%) и степента на облачност. В зависимост от стойностите на всички тези параметри се изчисляват:

R_1 – максималната дължина на зоната с най-висока концентрация (червена зона) (m);

R_2 – максималната дължина на зоната със средна наситеност (оранжева зона) (m);

R_3 – максималната дължина на зоната с най-ниска концентрация (жълта зона) (m).

Тогава вероятността за замърсяване с висока концентрация на замърсител при дадена посока на вятъра φ вероятност на посоката p_{φ} и с определена скорост p_s , базирана на дефиницията за геометрична вероятност и апроксимацията на областите на замърсяване чрез кръгови сектори и венци, е

$$P_{red}(\varphi, p_s, p_{\varphi}) = \frac{\pi R_1^2}{\pi R_3^2} = \frac{R_1^2}{R_3^2}. \quad (3.1)$$

Вероятността за замърсяване със средна наситеност е

$$P_{orange}(\varphi, p_s, p_{\varphi}) = \frac{\pi(R_2^2 - R_1^2)}{\pi R_3^2} = \frac{R_2^2 - R_1^2}{R_3^2}. \quad (3.2)$$

Вероятността за замърсяване с най-ниска концентрация е

$$P_{yellow}(\varphi, p_s, p_{\varphi}) = \frac{\pi(R_3^2 - R_2^2)}{\pi R_3^2} = \frac{R_3^2 - R_2^2}{R_3^2}. \quad (3.3)$$

Вероятността за замърсяване с най-висока концентрация на замърсител при вятър, независимо от посоката на вятъра е

$$P_{red} = \sum_{\varphi} p_{\varphi} P_{red}(\varphi, p_s, p_{\varphi}). \quad (3.4)$$

Вероятността за замърсяване със средна наситеност на замърсител при вятър, независимо от посоката на вятъра е

$$P_{orange} = \sum_{\varphi} p_{\varphi} P_{orange}(\varphi, p_s, p_{\varphi}). \quad (3.5)$$

Вероятността за замърсяване с най-ниска концентрация на замърсител при вятър, независимо от посоката на вятъра е

$$P_{yellow} = \sum_{\varphi} p_{\varphi} P_{yellow}(\varphi, p_s, p_{\varphi}). \quad (3.6)$$

3.2. МОДЕЛ НА НАЙ-РИСКОВА МЕХАНИЧНА СМЕС

Многокомпонентна смес е тази с няколко основни съставки с концентрации не по-малки от 10 тегловни процента и по-малки от 80 тегловни процента. **Моделната смес** (най-рискова смес) има физико-химични и термодинамични свойства, в които доминира по-неблагоприятната характеристика от тези на съставните ѝ компоненти с цел достигане на най-неблагоприятен случай (най-голям потенциал на замърсител за реализиране на най-лош сценарий за авария). За целите на оценката на риска се има предвид и количеството на сместа, съответно количествата на отделните ѝ компоненти, и моделната смес може да проявява характеристики на онзи свой компонент, който

преобладава и/или физико-химичните й свойства да се дефинират съгласно табл.3, по преценка на експерта, извършващ оценката на риска.

ФИЗИКО-ХИМИЧНИ СВОЙСТВА	Вещество s_1		Вещество s_i		Вещество s_n	Моделна смес
Процентно съдържание в моделната смес	p_1		p_i		p_n	$\sum_{i=1}^n p_i = 100$
Молекулно тегло	m_1		m_i		m_n	$\frac{\sum_{i=1}^n p_i m_i}{100}$
Втечно състояние						
Специфично тегло при 15°C (kg/m^3)	m_1^l		m_i^l		m_n^l	$\frac{\sum_{i=1}^n p_i m_i^l}{100}$
Температура на топене, (°C)	t_1^{mp}		t_i^{mp}		t_n^{mp}	$t_0^{mp} = \max\{t_i^{mp}\}$
Температура на кипене, (°C)	t_1^{bp}		t_i^{bp}		t_n^{bp}	$t_0^{bp} = \min\{t_i^{bp}\}$
Калоричност, ($kCal/kg$)	$h v_1$		$h v_i$		$h v_n$	$\frac{\sum_{i=1}^n p_i h v_i}{100}$
Относително тегло спрямо водата	m_1^w		m_i^w		m_n^w	$\frac{\sum_{i=1}^n p_i m_i^w}{100}$
Количество пари получени от 1 кг газ при 0°C и 760 mm Hg, (m^3)	$h c_1^{gas}$		$h c_i^{gas}$		$h c_n^{gas}$	$h c_0^{gas} = \max\{h c_i^{gas}\}$
Количество пари получени от 1 кг втечен газ при 0°C и 760 mm Hg, (m^3)	$h c_1^{lg}$		$h c_i^{lg}$		$h c_n^{lg}$	$h c_0^{lg} = \max\{h c_i^{lg}\}$
Газообразно състояние						
Специфично тегло при 15°C (kg/m^3)	m_1^g		m_i^g		m_n^g	$\frac{\sum_{i=1}^n p_i m_i^g}{100}$
Плътност на парите спрямо въздуха	$v d_1$		$v d_i$		$v d_n$	$v d_0 = \max\{v d_i\}$
Калоричност, ($kCal/kg$)	$h v_1^{gas}$		$h v_i^{gas}$		$h v_n^{gas}$	$\frac{\sum_{i=1}^n p_i h v_i^{gas}}{100}$
Граници на взриваемост						
Долна граница (%)	LEL_1		LEL_i		LEL_n	$LEL_0 = \min\{LEL_i\}$
Горна граница (%)	UEL_1		UEL_i		UEL_n	$UEL_0 = \max\{UEL_i\}$
Температура на самовъзпламеняване (°C)	ch_1		ch_i		ch_n	$ch_0 = \min\{ch_i\}$

Таблица 3. Най-рискова механична смес

3.3. МОДЕЛ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА КУМУЛАТИВЕН ЕФЕКТ ПРИ ИНДУСТРИАЛНИ АВАРИИ

В много случаи се наблюдава т.нар. кумулативен ефект на вероятността за възникване на нежелано събитие с неблагоприятни последствия. Това се отчита като общ ефект от натрупване на въздействия върху всеки отделен компонент в системата.

Нека при дадени метеорологични условия веществото x_1 се съхранява в m_1 на брой съда, веществото x_2 – в m_2 на брой съда, ..., веществото x_n – в m_n на брой съда.

Нека:

$$A_i^1 = \left\{ \begin{array}{l} \text{възникване на нежелано събитие при аварийна ситуация,} \\ \text{свързана с вещество } x_1 \text{ в } i \text{ на брой съда, } i = 1 \div m_1 \end{array} \right\};$$

$$A_j^2 = \left\{ \begin{array}{l} \text{възникване на нежелано събитие при аварийна ситуация,} \\ \text{свързана с вещество } x_2 \text{ в } j \text{ на брой съда, } j = 1 \div m_2 \end{array} \right\};$$

$$\dots\dots\dots$$

$$A_k^n = \left\{ \begin{array}{l} \text{възникване на нежелано събитие при аварийна ситуация,} \\ \text{свързана с вещество } x_n \text{ в } k \text{ на брой съда, } k = 1 \div m_n \end{array} \right\}.$$

Тогава:

Общата вероятност за възникване на нежелано събитие с неблагоприятни последствия при аварийна ситуация, свързана с вещество x_1 в i на брой съда, $i = 1 \div m_1$ е

$$P(A^1) = P(A_1^1 \cup A_1^1 A_2^1 \cup \dots \cup A_1^1 A_2^1 \dots A_{m_1}^1) =$$

$$= P(A_1^1) + P(A_1^1 A_2^1) + \dots + P(A_1^1 A_2^1 \dots A_{m_1}^1); \quad (3.7)$$

Общата вероятност за възникване на нежелано събитие с неблагоприятни последствия при аварийна ситуация, свързана с вещество x_2 в j на брой съда, $j = 1 \div m_2$ е

$$P(A^2) = P(A_1^2 \cup A_1^2 A_2^2 \cup \dots \cup A_1^2 A_2^2 \dots A_{m_2}^2) =$$

$$= P(A_1^2) + P(A_1^2 A_2^2) + \dots + P(A_1^2 A_2^2 \dots A_{m_2}^2); \quad (3.8)$$

Общата вероятност за възникване на нежелано събитие с неблагоприятни последствия при аварийна ситуация, свързана с вещество x_n в k на брой съда, $k = 1 \div m_n$ е

$$P(A^n) = P(A_1^n \cup A_1^n A_2^n \cup \dots \cup A_1^n A_2^n \dots A_{m_n}^n) =$$

$$= P(A_1^n) + P(A_1^n A_2^n) + \dots + P(A_1^n A_2^n \dots A_{m_n}^n); \quad (3.9)$$

Кумулативният ефект на вероятността от възникване на нежелано събитие с неблагоприятни последствия вследствие на аварийна ситуация с всички вещества $x_1, x_2, \dots, x_n$, съхранявани съответно в $m_1, m_2, \dots, m_n$ на брой съда се отчита по формулата

$$P(A) = P(A^1)P(A^2) \dots P(A^n) \quad (3.10)$$

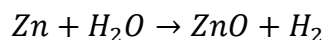
При разглеждане на сценарии при различни метеорологични условия $A, B, C, \dots$, тогава общата вероятност от възникване на нежелано събитие с неблагоприятни последствия вследствие на аварийна ситуация с всички вещества $x_1, x_2, \dots, x_n$, съхранявани съответно в $m_1, m_2, \dots, m_n$ на брой съда се отчита по формулата

$$P_{\text{кум.еф.}} = P(A) + P(B) + P(C) + \dots \quad (3.11)$$

3.4. МОДЕЛ НА РЕАКЦИЯТА НА ЗАПАЛВАНЕ НА ЦИНКОВИЯ ПРАХ ВСЛЕДСТВИЕ НА КОНТАКТ С ВЛАГА

Химичната кинетика проучва и изяснява влиянието на различните фактори и преди всичко на температурата върху скоростта на химичните реакции и създава методи за изследване на скоростните промени в химичните системи. Скоростта на химичните процеси се измерва с промяната на концентрацията на кое да е от реагиращите вещества или от реакционните продукти за единица време. Скоростта винаги е положителна величина.

Реакцията на цинковият прах с влага е екзотермична реакция, при която се отделя водород.



С помощта на термогравиметричен анализ се идентифицират реакционните механизми и се определят кинетичните закономерности за съответната реакция. При взаимодействие на цинковият прах с влага при температура $623 - 773 \text{ K}$ се извършва

окисяване с бързи реакционни скорости и високи конверсии, получени над точката на кипене на цинка (693 K). Идентифицирани са два отделни механизма за реакцията между цинков прах с големина на частиците под субмикрон при температура 603 – 633 K с 50% влага - бурно протичаща вътрешна реакция, последвана от преход към бавен дифузионен режим, ограничен от миграция на цинкови йони през повърхностния слой на ZnO.

Нека t_1 е началният момент на реакцията, в който концентрациите на всички участващи вещества се означават с $C^1 - C_{Zn}^1, C_{H_2O}^1, C_{ZnO}^1, C_{H_2}^1$. Нека t_2 е даден момент след започване на реакцията, в който реакциите са съответно $C_{Zn}^2, C_{H_2O}^2, C_{ZnO}^2, C_{H_2}^2$. Тогава:

$$\begin{aligned}\Delta C_{Zn} &= C_{Zn}^2 - C_{Zn}^1 < 0; \\ \Delta C_{H_2O} &= C_{H_2O}^2 - C_{H_2O}^1 < 0; \\ \Delta C_{ZnO} &= C_{ZnO}^2 - C_{ZnO}^1 > 0; \\ \Delta C_{H_2} &= C_{H_2}^2 - C_{H_2}^1 > 0.\end{aligned}$$

Като се има предвид, че скоростта е винаги положителна величина, то в общия случай средната скорост $\bar{v}$ за интервала от време Δt има вида $\bar{v} = \pm \frac{\Delta C}{\Delta t}$, като "+" се отнася за изразяване на скоростта на кой да е от продуктите на реакцията, а "-" – съответна на изходните вещества. Ако $\Delta t \rightarrow 0$, то $\bar{v} = \pm \frac{dC}{dt}$. Така се получава система обикновени диференциални уравнения:

$$\left\{ \begin{aligned} v_{Zn} &= -\frac{dC_{Zn}}{dt} \\ v_{H_2O} &= -\frac{dC_{H_2O}}{dt} \\ v_{ZnO} &= \frac{dC_{ZnO}}{dt} \\ v_{H_2} &= \frac{dC_{H_2}}{dt} \end{aligned} \right. \quad (3.12)$$

Ефективен удар се нарича сблъсък между частици на изходните вещества (атоми, молекули, йони), който води до образуване на ново химично вещество, т.е. настъпва химично взаимодействие. Броят на ударите е пропорционален на произведението от моларните концентрации на Zn и H_2O . Така за скоростта на реакцията се получава

$v = kC_{Zn}C_{H_2O}$, където k е коефициент на ефективност на ударите и се нарича скоростна константа. Тогава системата (3.12) добива вида:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dC_{Zn}(t)}{dt} &= -kC_{Zn}(t)C_{H_2O}(t) \\ \frac{dC_{H_2O}(t)}{dt} &= -kC_{Zn}(t)C_{H_2O}(t) \\ \frac{dC_{ZnO}(t)}{dt} &= kC_{Zn}(t)C_{H_2O}(t) \\ \frac{dC_{H_2}(t)}{dt} &= kC_{Zn}(t)C_{H_2O}(t) \end{aligned} \right. \quad (3.13)$$

Когато реакцията протича най-бурно, тогава скоростната константа $k = 1$, което е достатъчно за целите на оценката на риска. Тогава

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dC_{Zn}(t)}{dt} &= -C_{Zn}(t)C_{H_2O}(t) \\ \frac{dC_{H_2O}(t)}{dt} &= -C_{Zn}(t)C_{H_2O}(t) \\ \frac{dC_{ZnO}(t)}{dt} &= C_{Zn}(t)C_{H_2O}(t) \\ \frac{dC_{H_2}(t)}{dt} &= C_{Zn}(t)C_{H_2O}(t) \end{aligned} \right. \quad (3.14)$$

Общото решение на първите две уравнения в системата (3.14) е

$$C_{Zn}(t) = \frac{c_1}{c_2 e^{c_1 t} - 1}, \text{ където } c_1, c_2 = \text{const},$$

$$C_{H_2O}(t) = \frac{c_1}{c_2 e^{c_1 t} - 1} + c_1.$$

Тогава

$$C_{ZnO}(t) = -\frac{c_1}{c_2 e^{c_1 t} - 1} + c_3, \text{ където } c_3 = \text{const}.$$

Следователно

$$C_{H_2}(t) = -\frac{c_1}{c_2 e^{c_1 t} - 1} + c_4, \text{ където } c_4 = \text{const}.$$

Тогава за скоростта на отделяне на водорода се получава

$$v_{H_2}(t) = \frac{dC_{Zn}(t)}{dt} = \frac{c_1^2 c_2 e^{c_1 t}}{(c_2 e^{c_1 t} - 1)^2}.$$

Водородът се отделя мигновено, т.е. при $t \rightarrow 0$ и

$$v_{H_2}(t \rightarrow 0) = \frac{dC_{Zn}(0)}{dt} = \frac{c_1^2 c_2}{(c_2 - 1)^2}.$$

Константите се определят от началните условия.

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА НА РИСКА ПРИ АВАРИЙНИ СИТУАЦИИ В ЦИНКОВО ПРОИЗВОДСТВО

4.1. МЕТОДИКА ЗА ОЦЕНКА НА РИСКА

Количествената оценка на риска (КОР) е ценно средство за определяне на употребата, обработката, транспорта и съхранението на опасни вещества. КОР се извършва в случаите, когато се счита, че на дадено място има наличие на опасни вещества в количества, които могат да представляват опасност за заобикалящата среда. КОР има за цел да онагледи риска, причинен от съответното предприятие и да предостави информация за оценяване на нарастването на риска от дейността, извършвана на територията на предприятието или в заобикалящия го район. КОР е неразделна част от Доклада за безопасност, който се изготвя в случаите, когато количеството на опасните вещества надхвърля предписаната гранична стойност.

Количествената оценка на риска в настоящата дисертация протича на няколко етапа.

1. Описват се инсталациите в предприятието, които имат принос към риска като цяло по метод на подбор на инсталациите. Идентифицират се опасните вещества, съхранявани на територията на инвестиционното предложение. Окончателното решение за определяне на инсталациите с най-съществен принос за риска и вземането им под внимание при КОР се базира и на експертна оценка.

2. По метод за анализ на сценариите се описват подробно възможните сценарии за възникване на аварии и вероятността за възникването им и условията, при които те настъпват съобразно възможните вътрешни и/или външни причини за това. Идентифицират се обобщени сценарии за възникване на аварийни ситуации съобразно вероятните причини за сбъдването им и въз основа на статистически данни като се вземат предвид възможните събитията със загуба на съдържание и събитията със загуба на херметичност. Определят се източниците на емисията и разсейването в околната среда за конкретната ситуация. За изчисляване на източника и разсейването на веществата в околната среда е необходимо да се познават физичните (температурно - зависими) свойства на веществата.

3. Построява се матрица на риска за приоритизиране на обобщените сценарии съобразно класа на последствията от всеки от тях, както и вероятността от възникване на аварийна ситуация.

4. Чрез метод на папийонката се извършва оценка на последствията от идентифицираните представителни сценарии за анализ .

5. Извършва се оценка на последствията чрез симулации на аварийни ситуации, произтичащи от съхранението, обработката и транспорта на опасни вещества, се използва комплексен софтуерен пакет ALOHA, който съдържа данни за физичните, химичните и токсикологичните свойства на чисти вещества и някои химични съединения. Базата данни включва вещества, които са потенциален източник на авария и генерират токсични облаци или представляват заплахата от пожар или експлозия. Резултатите се визуализират чрез GOOGLE EARTH. Използва се модел за оценка на значимостта на последствията, който дава зависимост между броя на застрашените лица, площта на зоната на въздействие и гъстотата на население в засегнатата територия. Изчислява се вероятността от възникване на голяма авария, която е функционално зависима от вероятността за възникване на определен брой аварии за една година. Окончателната стойност на вероятността за възникване на голяма авария се получава като сбор от стойностите на вероятността от възникване на голяма авария за всички опасни вещества и съоръжения. За всяко опасно вещество се изчислява рискът от възникване на авария като се използва връзката му с вероятността от последствията от авария, причинена от това вещество.

6. Изследва се кумулативен ефект от натрупване на въздействия в инсталациите, в които опасните вещества се съхраняват в повече от един съд за съхранение.

7. С помощта на метода на дефиниране на мрежа се оценява индивидуалният риск и риска за обществеността.

8. Следващата стъпка от методиката за количествена оценка на риска е представяне на получените резултати. С помощта на бърза методика се определят зоните на аварийно планиране, като се изчислят радиусите им. Засегнатата област представлява част от кръг или кръгов венец. Вероятността от замърсяване при високи концентрации на замърсител се изчислява, използвайки геометрична вероятност. Определя се вероятността за възникване на голяма авария във всяка инсталация поотделно, а също и на територията на предприятието като цяло. Определя се потенциалният брой засегнати работници във всяка от определените зони за аварийно планиране. Правят се препоръки за намаляване на ефектите от големи аварии.

9. Разглеждат се задачи за максимизиране на надеждността и за минимизиране на уязвимостта на инсталациите като част стратегията за управление на риска.

4.4. ОЦЕНКА НА ИНСТАЛАЦИИТЕ

4.4.1. ОПИСАНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИЕТО И ИНСТАЛАЦИИТЕ



Фиг. 17. Площадка на предприятието

➤ Инсталация И1

Инсталация И1 е технологична ($Q_1 = 1$), разположена в сграда ($Q_2 = 0.1$), в която има три комбинации от вещества и условия на процеса:

1. Калиев антимонов тартарат е токсично, твърдо вещество ($Q_3 = 0.1$). Граничната му стойност е приета равна на 300 kg (най-неприемлив случай), тъй като LC_{50} (плъхове, вдишване, 1 час) не е налична (eChemPortal.org).

2. Цинковият прах е прахообразно запалимо вещество ($Q_3 = 0.1$). Граничната му стойност е 10 000 kg.

3. Водородът е запалим газ, ($Q_3 = 10$). Граничната му стойност е 10 000 kg.

➤ Инсталация И2

Инсталация И2 е технологична ($Q_1 = 1$), разположена в сграда ($Q_2 = 0.1$), в която има четири комбинации от вещества и условия на процеса:

1. Дизелово гориво – токсично вещество, съхраняващо се при атмосферни условия и с гранична стойност 10 000 kg (течност с точка на кипене при атмосферно налягане над 100°C и LC_{50} (плъхове, вдишване, 1 час) е по-голяма от 3600 mg/m³) и налягане на наситените пари, при условията на процеса, по-високо от 3 bar ($Q_3 = 10$).

2. Дизелово гориво – запалимо вещество, съхраняващо се при атмосферни условия - с гранична стойност 10 000 kg и налягане на наситените пари, при условията на процеса, по-високо от 3 bar ($Q_3 = 10$).

3. Ванадиеви катализатори – токсично твърдо вещество, ($Q_3 = 0.1$). Граничната стойност е приета равна на ∞ kg, тъй като LC_{50} (плъхове, вдишване, 1 час) е по-голяма от 2210 mg/m³ (eChemPortal.org).

4. Сярна киселина – токсична течност с точка на кипене при атмосферно налягане над 100°C и налягане на наситените пари, при условията на процеса, по-високо от 3 bar ($Q_3 = 10$). Граничната стойност е 10 000 kg, (LC_{50} (плъхове, вдишване, 1 час) е по-голяма от 375 mg/m³).

➤ Инсталация И3

Инсталация И3 е технологична ($Q_1 = 1$), разположена в сграда ($Q_2 = 0.1$), в която има две комбинации от вещества и условия на процеса:

1. Дизелово гориво – токсично вещество, съхраняващо се при атмосферни условия и с гранична стойност 10 000 kg (течност с точка на кипене при атмосферно налягане над 100°C и LC_{50} (плъхове, вдишване, 1 час) е по-голяма от 3600 mg/m³) и налягане на наситените пари, при условията на процеса, по-високо от 3 bar ($Q_3 = 10$).

2. Дизелово гориво – запалимо вещество, съхраняващо се при атмосферни условия - с гранична стойност 1 000 kg и налягане на наситените пари, при условията на процеса, по-високо от 3 bar ($Q_3 = 10$).

➤ Инсталация И4

Инсталация И4 е технологична ($Q_1 = 1$), разположена в сграда ($Q_2 = 0.1$), в която има пропан- бутан (LPG) – запалима течност с гранична стойност 10 000 kg, налягане на наситените пари, при условията на процеса, по-високо от 3 bar ($Q_3 = 10$).

➤ Инсталация И5

Инсталация И5 е технологична ($Q_1 = 1$), разположена в сграда ($Q_2 = 0.1$), в която има две комбинации от вещества и условия на процеса:

1. Пропан- бутан (LPG) – запалима течност с гранична стойност 10 000 kg, налягане на наситените пари, при условията на процеса, по-високо от 3 bar ($Q_3 = 10$).

2. Цинковият прах е прахообразно запалимо вещество ($Q_3 = 0.1$). Граничната му стойност е 10 000 kg.

➤ Инсталация С1

Инсталация С1 е за съхранение ($Q_1 = 0.1$), с обваловка ($Q_2 = 0.1$), в която има сярна киселина – токсична течност с точка на кипене при атмосферно налягане над 100°C и налягане на наситените пари, при условията на процеса, по-ниско от 0.1 bar ($Q_3 = 0.1$). Граничната стойност е 1 000 kg (LC_{50} (плъхове, вдишване, 1 час) е по-голяма от 375 mg/m³).

➤ Инсталация С2

Инсталация С2 е за съхранение ($Q_1 = 0.1$), разположена в сграда ($Q_2 = 0.1$), в която има пропан-бутан (LPG) – запалима течност с гранична стойност $10\,000\text{ kg}$, налагане на наситените пари, при условията на процеса, по-високо от 3 bar ($Q_3 = 10$).

➤ Инсталация С3

Инсталация С3 е за съхранение ($Q_1 = 0.1$), разположена в сграда ($Q_2 = 0.1$), в която има дизелово гориво, което се разглежда като токсично и като запалима течност:

1. Дизелово гориво – токсично вещество, съхраняващо се при атмосферни условия и с гранична стойност $10\,000\text{ kg}$ (течност с точка на кипене при атмосферно налягане над 100°C и LC_{50} (плъхове, вдишване, 1 час) е по-голяма от 3600 mg/m^3) и налагане на наситените пари, при условията на процеса, по-високо от 3 bar ($Q_3 = 10$).

2. Дизелово гориво – запалимо вещество, съхраняващо се при атмосферни условия - с гранична стойност $10\,000\text{ kg}$ и налагане на наситените пари, при условията на процеса, по-високо от 3 bar ($Q_3 = 10$).

➤ Инсталация С4

Инсталация С4 е за съхранение ($Q_1 = 0.1$), разположена в сграда ($Q_2 = 0.1$), в която има:

1. Калиев антимонов тартарат – токсично твърдо вещество, съхранява се при атмосферни условия на палети и варели ($Q_3 = 0.1$). Граничната му стойност е приета равна на 300 kg , тъй като LC_{50} (плъхове, вдишване, 1 час) не е налична (eChemPortal.org).

2. Ванадиеви катализатори – токсично твърдо вещество, съхранява се при атмосферни условия ($Q_3 = 0.1$). Граничната стойност е приета равна на $\infty\text{ kg}$, тъй като LC_{50} (плъхове, вдишване, 1 час) е по-голяма от 2210 mg/m^3 (eChemPortal.org).

➤ Инсталация С5

Инсталация С5 е за съхранение ($Q_1 = 0.1$), разположена в сграда ($Q_2 = 0.1$), в която има 0.7 t смазочни масла - токсична течност с точка на кипене при атмосферно налягане над 100°C и налагане на наситените пари, при условията на процеса, по-ниско от 0.1 bar ($Q_3 = 0.1$).

➤ Инсталация С6

Инсталация С6 е за съхранение ($Q_1 = 0.1$), разположена на открито ($Q_2 = 1$), в която има твърди отпадъци ($Q_3 = 0.1$):

1. Стабилизиран цинков (ярозитен) кек - $123\,368\,000\text{ kg}$;

2. Утайки от пречиствателна станция - $104\,107\,000\text{ kg}$;

Граничната стойност е приета равна на $\infty\text{ kg}$, тъй като LC_{50} (плъхове, вдишване, 1 час) е по-голяма от 2000 mg/m^3 (eChemPortal.org).

➤ Инсталация Т1

Инсталация Т1 е технологична ($Q_1 = 0.1$), разположена в сграда ($Q_2 = 0.1$), в която има пропан-бутан (LPG) – запалим газ с гранична стойност $10\,000\text{ kg}$, налагане на наситените пари, при условията на процеса, по-високо от 3 bar ($Q_3 = 10$).

➤ Инсталация Т2

Инсталация Т1 е технологична ($Q_1 = 0.1$), разположена в сграда ($Q_2 = 0.1$), в която има пропан-бутан (LPG) – запалим газ с гранична стойност $10\,000\text{ kg}$, налагане на наситените пари, при условията на процеса, по-високо от 3 bar ($Q_3 = 10$).

4.4.3. ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ИНДИКАТОРНИТЕ ЧИСЛА НА ИНСТАЛАЦИИТЕ

В рамките на дадена инсталация може да има различни вещества и условия на процеса. В такива случаи, за всяко от веществата i и за всяко от условията на процеса p се изчислява по едно индикаторното число. Индикаторното число за цялата инсталация

се изчислява като сума от всичките индивидуални индикаторни числа. Тази сума се изчислява за три различни групи вещества поотделно, по-конкретно, за запалими, токсични и експлозивни вещества.

И1	T	0.013
	F	0.0175
И2	T	20.487
	F	3.2
И3	T	6.4
	F	6.4
И4	F	1.4
И5	F	0.9
С1	T	7.5
С2	F	0.21
С3	T	0.27
	F	0.27
С4	T	0.132
С5	T	0
С6	T	0
Т1	F	0.7
Т2	F	1.4

Табл. 7. Индикаторни числа на инсталациите

Съгласно резултатите, представени в таблица 8, за количествена оценка на риска са подбрани инсталации И2, И3, И4, И5, С1, С3, С4, Т1 и Т2.

4.5. ОБОБЩЕНИ СЦЕНАРИИ И ОЦЕНКА НА РИСКА С МАТРИЦА НА РИСКА

4.5.3. МАТРИЦА НА РИСКА

При проучване на основните методи за анализ на риска, техните предимства, недостатъци и възможности за приложението им при конкретния обект, в резултат на което е решено анализът на сценариите на основните причини за аварията да бъде направен чрез т.нар. матрица на риска. Този метод дава възможност за приоритизиране на сценариите за големи аварии.

След направените разсъждения, се формира следната матрица на риска:

		Клас (тежест) на последствията (D)			
Клас на вероятност (C)		1	2	3	4
	1				
	2	12	7	1, 2, 13	
	3	4	3, 5, 9, 10, 11	8	6
	4				

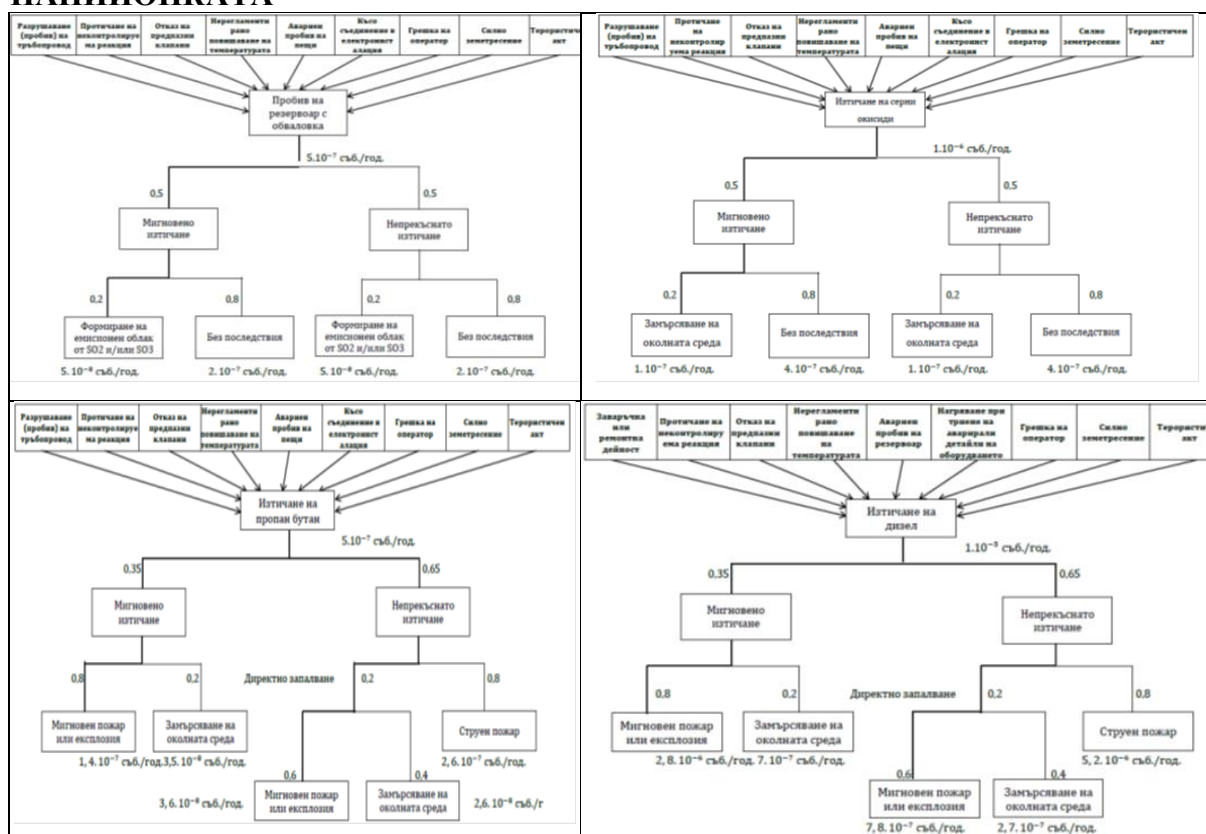
Положителната страна на този метод е, че дава възможност за извършване на бърза и сравнително обективна оценка за вероятността от възникване на голяма авария и евентуалните последствия от нея чрез задаване на определени категории от възникване на авария и тежест на последствията, като по този начин позволява сравняването на различните сценарии за възникване на голяма авария.

При анализа на производствената дейност, от многобройните сценарии за възникване на аварии се идентифицираха следните представителни сценарии за възникване на аварии:

1. Изтичане на серен диоксид и/или серен триоксид при разрушаване (пробив) на тръбопроводи за SO_2 и/или SO_3 в "Контактно-газодувно отделение".
2. Пробив в склад Готова продукция за сярна киселина – пробив на резервоар и изтичане на цялото количество вещество.
3. Изпускане на SO_2 и/или SO_3 в атмосферата през комина след сярна киселина с концентрация четири пъти над нормата.
4. Пожар в склад за горива и последващ взрив, вследствие на запалването на дизелово гориво.
5. Пожар в Цех „Мокро извличане“ вследствие на запалване на водорода.
6. Пожар в склад за пропан-бутан.
7. Пожар в Участък за производство на цинков прах вследствие на взаимодействие на цинковия прах с 50% влага.

4.6. ОЦЕНКА НА ПОСЛЕДСТВИЯТА

4.6.1. ОЦЕНКА НА ПОСЛЕДСТВИЯТА ОТ ИДЕНТИФИЦИРАНИТЕ ПРЕДСТАВИТЕЛНИ СЦЕНАРИИ ЗА АВАРИИ ЧРЕЗ МЕТОД НА ПАПИЙОНКАТА



4.6.2. МЕТЕОРОЛОГИЧНИ ДАННИ ЗА МОДЕЛИРАНЕ

Симулациите на аварийните ситуации са извършени при две метеорологични обстановки– зимна (с данни за месец януари) и лятна (с данни за месец юли):

- Средномесечна температура на въздуха: януари - (-0.03°C), юли – 23.4°C;
- Средномесечна относителна влажност на въздуха: януари – 82%, юли – 57%;

- Облачност: януари - 68%, юли - 33%.
- Честота на вятъра по посока – Таблица 18;
- Скорост на вятъра по посока – Таблица 19.

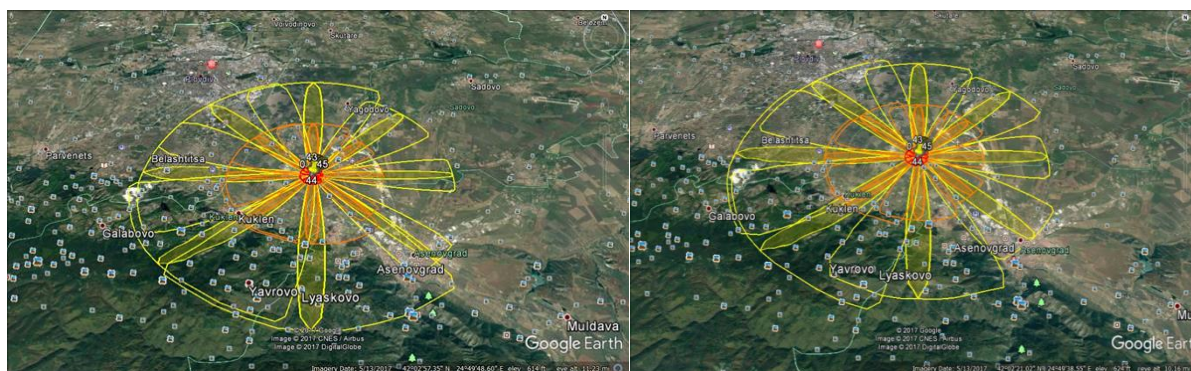
По посока	I	VII	За год.
N	2.5	4.7	3.7
NE	2.8	5.1	5.2
E	13.8	14.2	18.3
SE	8.0	7.8	10.4
S	5.7	14.6	10.3
SW	7.4	9.0	8.0
W	47.8	32.9	33.7
NW	12.0	11.6	10.3
Тихо	50.1	35.1	41.9

Табл. 18. Честота на вятъра по посока (%) и тихо време (%) за община Куклен

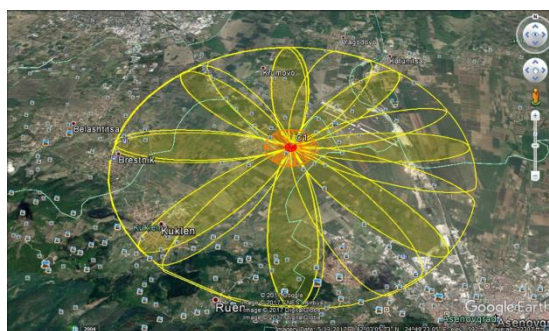
По посока	I	VII	За год.
N	1.9	2.5	2.2
NE	2.0	2.1	2.2
E	2.2	2.0	2.3
SE	2.2	2.2	2.4
S	2.3	2.6	2.6
SW	3.1	3.0	3.0
W	5.1	4.0	4.5
NW	4.3	3.4	3.9

Табл. 19. Скорост на вятъра по посока, в m/sec (средномесечна и средна за годината) за община Куклен

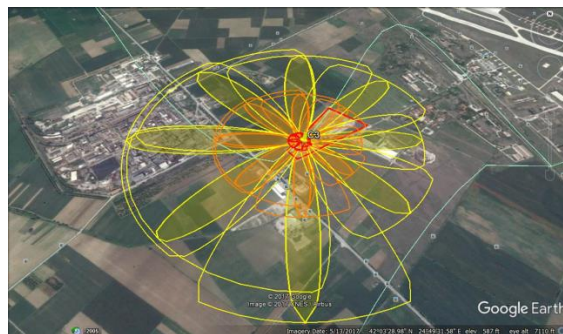
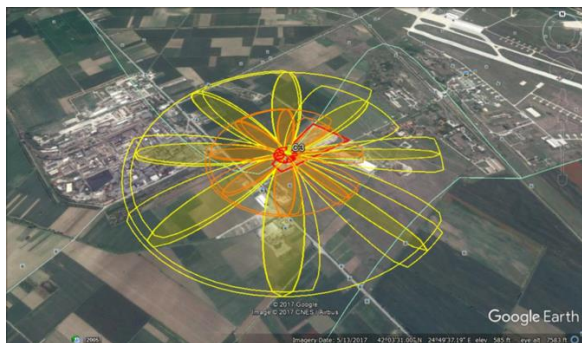
При направените симулации на представителните сценарии за аварийна ситуация в предприятието за цинково производство, се визуализираха следните резултати на последствията:



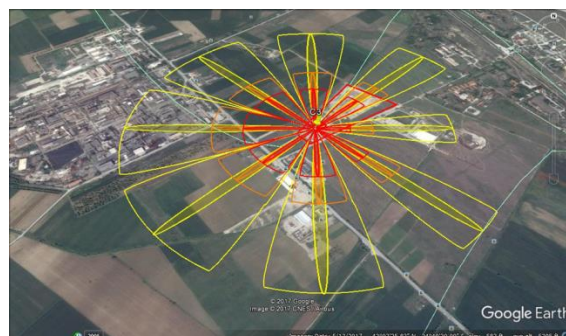
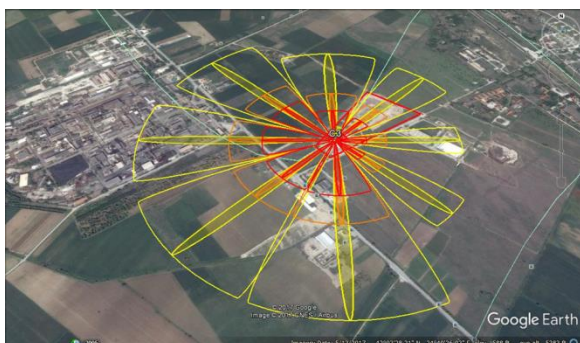
Фиг. 18, 19. Териториално разпространение при предполагаемо изпускане на SO_2 в атмосферата при разрушаване (пробив) на тръбопровод за SO_2 , януари, юли



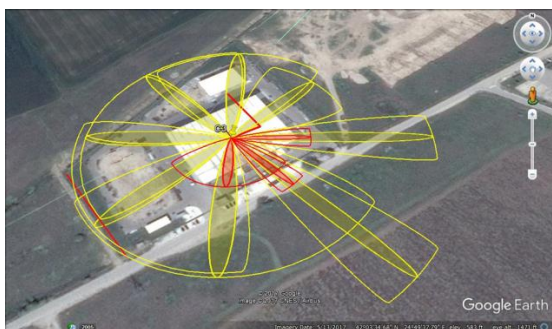
Фиг. 20. Териториално разпространение при предполагаемо изпарение от локва, юли



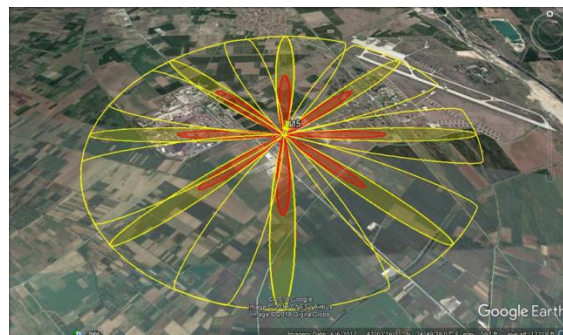
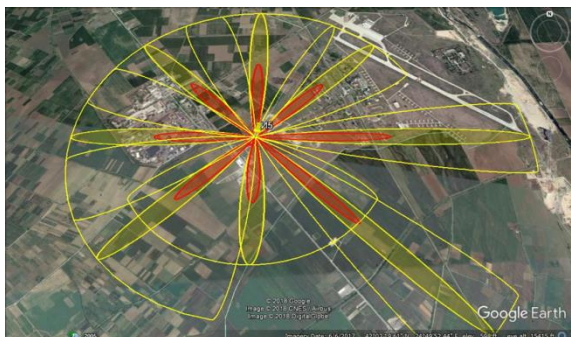
Фиг. 21, 22. Териториално разпространение при предполагаемо изпускане на SO_2 в атмосферата през комина след сярна киселина с концентрация 1200 mg/m^3 , януари, юли



Фиг.23, 24. Териториално разпространение при предполагаемо изпускане дизел, януари, юли



Фиг. 25, 26. Териториално разпространение при предполагаемо изпускане на LPG в атмосферата вследствие събитие със загуба на херметичността, януари, юли



Фиг.27, 28. Териториално разпространение при предполагаемо отделяне на водород вследствие на химична реакция на взаимодействие между 140 kg цинков прах с 70 kg вода, януари, юли

От направеният анализ на всички представителни сценарии за възникване на аварии на площадката на инвестиционното предложение може да се заключи, че:

➤ вероятността от възникване на аварийна ситуация с неблагоприятни последици за всички инсталации и съоръжения, е сравнително ниска, в интервала (0.009; 0.284);

➤ дължината на опасната зона, свързана с животозастрашаване на работниците на територията на изследваният обект и на населението в близките населени места е в интервала (48 m; 1200 m);

➤ при нито един сценарий в обхвата на опасната зона не попадат жилищни части.

4.6. КУМУЛАТИВЕН ЕФЕКТ

Общата вероятност за формиране на емисионен облак при пробив на резервоар и изтичане на цялото количество сярна киселина, съдържащо се в един, два или три съда за съхранение е:

$$P(A) = P(A_1 \cup A_1A_2 \cup A_1A_2A_3) = 0.00302538$$

Общата вероятност за замърсяване с опасност за пожар след предполагаемо изпускане на цялото количество пропан бутан, съдържащо се в един, два или три съда за съхранение, при зимни метеорологични условия (януари), е:

$$P(B) = P(B_1 \cup B_1B_2 \cup B_1B_2B_3) = 0,47582452$$

Общата вероятност за замърсяване с опасност за пожар след предполагаемо изпускане на цялото количество пропан бутан, съдържащо се в един, два или три съда за съхранение, при летни метеорологични условия (юли), е:

$$P(C) = P(C_1 \cup C_1C_2 \cup C_1C_2C_3) = 0.40929442$$

Кумулативният ефект на вероятността от възникване на нежелано събитие с неблагоприятни последици вследствие на авария в склад за съхранение на сярна киселина и склад за съхранение на пропан бутан се отчита по формулата:

$$P(B) + P(A)P(C) = 0.472369.$$

4.8. ОЦЕНКА НА ИНДИВИДУАЛНИЯ РИСК И РИСКА ЗА ОБЩЕСТВОТО

4.8.1. ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ИНДИВИДУАЛНИЯ РИСК

Изчисляването на индивидуалния риск и риска за обществото започва с дефиниране на мрежата, покриваща изследваната област, т.нар. мрежа на изчисленията. Центърът на отделната клетка се нарича точка от мрежата. Индивидуалният риск се изчислява за всяка точка поотделно. За прецизни резултати от изчисленията, размерите на клетка от мрежата трябва да бъдат достатъчно малки, т.е. такива, че големината на индивидуалния риск да не се променя съществено във вътрешността на клетката (не по-малки от 25m × 25m).

Следващата стъпка включва определянето на броя на хората, които се намират във вътрешността на всяка клетка. Приема се, че във вътрешността на дадена клетка гъстотата на населението е постоянна.

Накрая, на всяка клетка от мрежата се присвоява определена вероятност за настъпване на възпламеняване.

Изчисленията за оценка на индивидуалния риск са дадени в Приложение 4. При направеният анализ и по (4.2) се установи, че индивидуалният риск е: $IR \approx 0.000006$.

4.8.2. ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ОБЩЕСТВЕНИЯ РИСК

Оценката на риска за обществеността се състои в изчисляване на очаквания брой засегнати човека за всяка от опасните зони (червена, оранжева, жълта) при вече установени радиус и вероятност за получаване на замърсяване с определена концентрация. Оценката на обществения риск се изготвя за всяко събитие със загуба на

херметичност и зависи от метеорологичният клас M , посоката на вятъра φ , а също и от гъстотата h на населението в засегнатите населени зони.

4.9. БЪРЗА МЕТОДИКА

4.9.1. ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ПРОСТРАНСТВЕНИТЕ ГРАНИЦИ НА ЗОНИТЕ НА АВАРИЙНО ПЛАНИРАНЕ

Цинковият прах е прахообразно запалимо вещество. Код = 14. Наличното количество в инсталация И1 е $q = 14\text{ t} \in [10; 50]\text{ t}$. Последствия С I. Площ $S = 1,5 \cdot 10^4\text{ m}^2$. Коефициент на въздействие $K_I = 2$.

Радиусът на първа зона е $d = 55\text{ m}$.

Засегнати са работниците в инсталации И2, И3 и склад С2.

Радиусът на втора зона е $l = 110\text{ m}$.

Засегнати са работниците в инсталации И1, И3, И4, И5, тръбопроводи Т1, Т2 и складове С1, С2, С3, С4, С5 и С6.

Наличното количество в инсталация И5 е $q = 210\text{ t} \in [200; 1000]\text{ t}$. Последствия D I. Площ $S = 12 \cdot 10^4\text{ m}^2$. Коефициент на въздействие $K_I = 2$.

Радиусът на първа зона е $d = 101,25\text{ m}$.

Засегнати са работниците във всички инсталации и складове.

Радиусът на втора зона е $l = 202,5\text{ m}$.

Засегнати са работниците във всички инсталации и складове.

Водородът е запалим газ. Код = 12. Налично количество $q = 3,5\text{ kg} = 0,0035\text{ t} \in [0; 10]\text{ t}$. Последствия А I. Площ $S = 0,2 \cdot 10^4\text{ m}^2$. Коефициент на въздействие $K_I = 2$.

Радиусът на първа зона е $d = 0,00875\text{ m}$.

Радиусът на втора зона е $l = 0,0175\text{ m}$.

Последствията от авария с водород са незначителни. Могат да бъдат засегнати само работниците в инсталация И1, които са в непосредствена близост до мястото на запалването.

Дизелово гориво – токсично вещество (с клас на токсичност „Много токсична течност“ с коефициент на токсичност $K_T = 6$ и коефициент на летливост $K_L = 3$ [1]), съхраняващо се при атмосферни условия. LC_{50} (плъхове, вдишване, 1 час) е по-голяма от 3600 mg/m^3 [4] и налага на наситените пари, при условията на процеса, по-високо от 3 bar . Код = 18. Наличното количество в инсталация С3 е $q = 27\text{ t} \in [10; 50]\text{ t}$. Последствия В III. Площ $S = 0,2 \cdot 10^4\text{ m}^2$.

Радиусът на първа зона е $d = 58,75\text{ m}$. Радиусът на втора зона е $l = 58,75\text{ m}$.

Могат да бъдат засегнати работниците във всички инсталации и складове с изключение на инсталация И4 и склад С6.

Наличното количество в инсталация И3 е $q = 64\text{ t} \in [50; 200]\text{ t}$. Последствия С III. Площ $S = 0,3 \cdot 10^4\text{ m}^2$.

Радиусът на първа зона е $d = 55\text{ m}$. Радиусът на втора зона е $l = 55\text{ m}$.

Могат да бъдат засегнати само работниците в инсталации И1 и И5.

Дизелово гориво – запалимо вещество, съхраняващо се при атмосферни условия и налага на наситените пари, при условията на процеса, по-високо от 3 бара . Код = 6. Наличното количество в инсталация С3 е $q = 27\text{ t} \in [10; 50]\text{ t}$. Последствия В II. Площ $S = 0,3 \cdot 10^4\text{ m}^2$. Коефициент на въздействие $K_I = 2$.

Радиусът на първа зона е $d = 32,626\text{ m}$.

Могат да бъдат засегнати само работниците в инсталации И2, И5 и склад С2.

Радиусът на втора зона е $l = 71,25\text{ m}$.

Могат да бъдат засегнати работниците във всички инсталации и складове с изключение на склад С6.

Наличното количество в инсталация И3 е $q = 64 \text{ t} \in [50; 200] \text{ t}$. Последствия С II. Площ $S = 1,5 \cdot 10^4 \text{ m}^2$. Коефициент на въздействие $K_I = 2$.

Радиусът на първа зона е $d = 55 \text{ m}$.

Могат да бъдат засегнати само работниците в инсталации И1 и И2.

Радиусът на втора зона е $l = 110 \text{ m}$.

Могат да бъдат засегнати работниците във всички инсталации и складове с изключение на инсталация И4.

Сярна киселина – токсична течност (с клас на токсичност „Изключително токсична течност“ с коефициент на токсичност $K_T = 7$ и коефициент на летливост $K_L = 3$ [1]). Точка на кипене при атмосферно налягане над 100°C и налягане на наситените пари, при условията на процеса, по-високо от 3 bar . $LC_{50 \text{ 30 min}}(\text{плъх}) = 816 \text{ mg/m}^3$ [3]. Код = 18.

Налично количество в инсталация И2 е $q = 16,8 \text{ t} \in [10; 50] \text{ t}$. Последствия В III. Площ $S = 1,5 \cdot 10^4 \text{ m}^2$.

Радиусът на първа зона е $d = 29,25 \text{ m}$.

Могат да бъдат засегнати само работещите в съответната инсталация.

Радиусът на втора зона е $l = 80,5 \text{ m}$.

Могат да бъдат засегнати работниците във всички инсталации и складове с изключение на инсталация И4 и склад С6.

Налично количество в един съд за съхранение в склад С1 е $q = 2500 \text{ t} \in [1000; 5000] \text{ t}$. Последствия ЕIII. Площ $S = 8 \cdot 10^4 \text{ m}^2$.

Радиусът на първа зона е $d = 312 \text{ m}$. Радиусът на втора зона е $l = 859 \text{ m}$. Могат да бъдат засегнати работниците във всички инсталации и складове.

LPG – запалима течност с налягане на наситените пари, при условията на процеса, по-високо от 3 bar . Код = 3 (тръбопровод). Налично количество в тръбопроводите Т1 и Т2 $q = 12 \text{ t} \in [10; 50] \text{ t}$. Последствия АI. Площ $S = 0,2 \cdot 10^4 \text{ m}^2$. Коефициент на въздействие $K_I = 2$.

Радиусът на първа зона е $d = 1,25 \text{ m}$.

Засегнати са само работниците, намиращи се в близост до тръбопроводите Т1, Т2.

Радиусът на втора зона е $l = 2,5 \text{ m}$.

Засегнати са само работниците, намиращи се в близост до тръбопроводите Т1, Т2.

LPG – запалима течност с налягане на наситените пари, при условията на процеса, по-високо от 3 bar . Код = 9 (бутилки, втечен газ под налягане). Налично количество $q = 21 \text{ t} \in [50; 100] \text{ t}$. Последствия С III. Площ $S = 0,2 \cdot 10^4 \text{ m}^2$. Коефициент на въздействие $K_I = 2$.

Радиусът на първа зона е $d = 63,75 \text{ m}$.

Могат да бъдат засегнати работниците във всички инсталации и складове с изключение на складове С4 и С5.

Радиусът на втора зона е $l = 127,50 \text{ m}$.

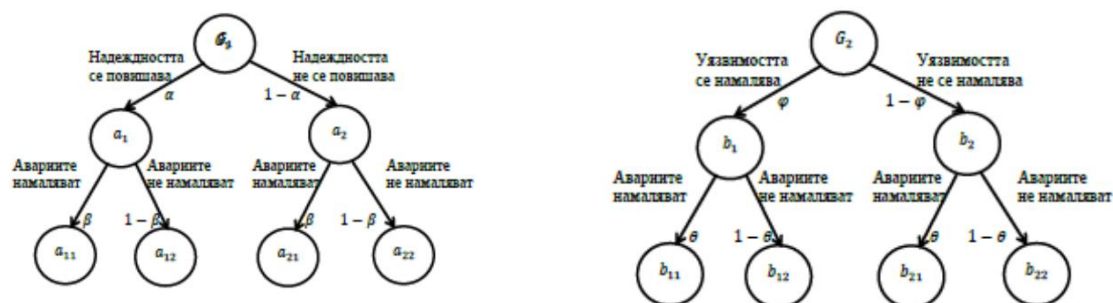
Засегнати са работниците във всички инсталации и складове.

Общият риск R е сума от риска за появяване на нежелано събитие в рамките на една година при авария с всяко отделно вещество $R = \sum_{i=1}^{10} P_i C_i = 25,8525 \cdot 10^{-7}$

Окончателната стойност на вероятността за възникване на голяма авария на територията на предприятието P е $P = \sum_{i=1}^{10} P_i = 0,0002414$

ГЛАВА 5. СТРАТЕГИЯ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА РИСКА ПРИ АВАРИИ

Най-общо, задачата за управление на риска от настъпване на аварийна ситуация в даден обект, се разделя на две оптимизационни стратегически задачи – задача за максимизиране на надеждността на инсталациите и задача за минимизиране на уязвимостта на инсталациите. Управлението на риска може да се разглежда като матрична игра с двама играчи A и B .



Целевата функция на играта G_1 има вида:

$$G_1(\alpha, \beta) = \alpha\beta c_{11} + \alpha(1 - \beta)c_{12} + (1 - \alpha)\beta c_{21} + (1 - \alpha)(1 - \beta)c_{22}.$$

Експертите се стремят към достигане на максималната стойност на $G_1(\alpha, \beta)$. Тя показва придобитите от фирмата ползи при намаляване на аварийите в резултат на повишена надеждност на инсталациите.

Целевата функция на играта G_2 има вида:

$$G_2(\phi, \theta) = \phi\theta d_{11} + \phi(1 - \theta)d_{12} + (1 - \phi)\theta d_{21} + (1 - \phi)(1 - \theta)d_{22}.$$

Експертите се стремят към достигане на минималната стойност на $G_2(\phi, \theta)$. Тя показва спестените от фирмата разходи при намаляване на аварийите в резултат на намалена уязвимост на инсталациите.

Управителният съвет на фирмата би трябвало да предпочете тази стратегия, която осигурява минимален риск, т.е. $Risk = \min\{Risk(G_1); Risk(G_2)\}$.

ГЛАВА 6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В глава първа е направено проучване и обзор на научната литература, въведени са дефиниции на използваните понятия. Представени са достъпни софтуерни инструменти, които се използват за анализиране и оценяване на риск. Формулирана е общата цел на дисертационния труд и съобразно нея са дефинирани основните задачи за изпълнение.

Във втора глава е изготвен сравнителен анализ на съществуващите методи за анализ и оценка на риска. Описани са основни математически методи за решаването на тази задача, придружени от съответните формули. Описани са предимствата и недостатъците на избраните методи.

В трета глава са представени разработени модели за пресмятане на вероятността от възникване на замърсяване с определена концентрация при авария с вредни химически вещества, за изследване на кумулативен ефект при индустриални аварии, на най-рискова механична смес с цел прилагането му при моделирането на последствията от аварии чрез АЛОНА, на реакцията на цинковия прах вследствие на контакт с влага/влажен въздух с цел прилагането му при оценката на риска

Четвърта глава е посветена на детайлна оценка на риска при аварийни ситуации в цинково производство. Идентифицирани са рисковете при възникване на авария в

цинково производство, изготвен е количествен и качествен анализ на идентифицираните рискове, изследвани са последствията от авария и кумулативен ефект, изчислени са индивидуалния и обществен риск и пространствените граници на зоните на аварийно планиране

Петата глава е посветена на изследване на стратегии за управление на риска чрез разглеждане на оптимизационни стратегически задачи и използване на теория на матричните игри.

НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ И ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

1. *Научно-приложни приноси*, свързани със съставяне на математични модели за анализ на риска и разкриване на нови научни факти:

1.1. Съставен е модел за пресмятане на вероятността от възникване на замърсяване с определена концентрация при авария с вредни химически вещества, базиран на пресмятане на геометрична вероятност и апроксимиране на засегнатите области чрез кръгов сектор.

1.2. Съставен е модел за изследване на кумулативен ефект при индустриални аварии с n на брой химични вещества, всяко от които се съхранява в m_i на брой съда, $i = 1 \div n$.

1.3. Съставен е модел на най-рискова механична смес и съответно нейните физико-механични свойства с цел прилагането му при моделиране на последствията от авария с ALOHA софтуерен инструмент.

1.4. Съставен е модел на реакцията на цинковия прах вследствие на контакт с влага/влажен въздух с цел прилагането му при оценката на риска.

2. *Приложни приноси*, свързани с прилагането на математични модели, методи и методики за оценка на риска при цинково производство:

2.1 Изготвен е сравнителен анализ на методите, техниките и методиките за оценка на риска и са подбрани подходящи такива за настоящото изследване.

2.2 Идентифицирани са инсталациите при производство на цинк, имащи принос към риска на предприятието като цяло чрез методика за подбор на инсталациите. Идентифицирани са обобщени сценарии за аварии в инсталациите на цинково производство, определена е вероятността им за възникване на основа на статистически данни и оценен риска чрез матрица на риска. Оценени са последствията от девет представителни сценарии за аварии, като е определена областта на въздействие при два сценария на метеорологични условия и е пресметната вероятността за възникване на авария с определена концентрация на замърсяване чрез съставения математичен модел и съответно с помощта на софтуерите ALOHA и Excel. Изследван е кумулативния ефект от натрупване на аварии с няколко съда и няколко вещества с помощта на съставеният в глава 4 математичен модел, като е определена вероятността за възникване на замърсяване с определена концентрация. Оценен е индивидуалният и обществен риск.

2.3 Предложена е стратегия за управление на риска при аварии.

2.4. Съставени са приложения в MS Excel чрез VBA за оценка и анализ на риска за методика за подбор на инсталациите за КОР, бърза оценка на риска, метод на сценариите и матрица на риска и оценка на последствията при авария.

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Comparative analysis of modeling methods, assessment and risk analysis in industrial accidents, **Zlatina Tzenova**, Yana Stoyanova, International Scientific Conference “70 years FIT”, FIT, 2015, Sozopol, pp. 625-634.
2. An approximate method for determining of investment risk, Maria Slavkova, **Zlatina Tzenova**, American Institute of Physics, Applications of Mathematics in Engineering and Economics (AMEE'16), 2016.
3. Assessment of risk, damage and severity of consequences of accident into storage for LPG, **Zlatina Tzenova**, American Institute of Physics, Applications of Mathematics in Engineering and Economics (AMEE'16), 2016.
4. Quick risk assessment of accident situations in zinc production, **Zlatina Tzenova**, Yana Stoyanova, Tribological Journal BULTRIB Vol. 6, Sofia, 2016, pp. 230 – 239;
5. Cumulative Effect in Risk Assessment in Accident Situations in Industrial Production, **Zlatina Tzenova**, Yana Stoyanova, American Institute of Physics, Applications of Mathematics in Engineering and Economics (AMEE'18), 2018, (*под печат*).
6. Calculation of Individual Risk and Social Risk in Accident Situations in Industrial Production, **Zlatina Tzenova**, American Institute of Physics, Applications of Mathematics in Engineering and Economics (AMEE'18), 2018, (*под печат*).

SUMMARY

Thesis - “**RISK ASSESSMENT IN ACCIDENT SITUATIONS IN ZINC PRODUCTION**”

Author – **Zlatina Tzenova**

This work is dedicated to realization of full risk assessment in accident situations in zinc production. A comparative analysis of existing methods is made. Appropriate methods for the research are selected. Models for calculating the probability of occurrence of contamination with a certain concentration, models to study the cumulative effect in case of industrial accidents, model of the most risky mechanical mixture, model of the reaction of zinc dust due to moisture are developed. The risks of an accident occurring in zinc production are identified. A quantitative and qualitative analysis of the identified risks are made. The consequences of an accident and a cumulative effect are researched. The individual and social risk and the spatial limits of the emergency planning zones are calculated. A risk management strategy for accidents in zinc production is proposed. Applications in MS Excel through VBA for risk assessment and analysis are developed.