

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

В.О. МИХАЙЛЮК, В.І. ІЗотов, П.В. ШТЕЙН

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання розділу з питань безпеки життєдіяльності та цивільної
оборони у дипломних роботах (проектах) студентів

Рекомендовано Методичною радою НУК

Миколаїв 2009

УДК 614.8 355.58 (076)

Михайлюк В.О., Ізотов В.І., Штейн П.В. Методичні вказівки до виконання розділу з питань безпеки життєдіяльності та цивільної оборони у дипломних роботах (проектах) студентів. – Миколаїв: НУК, 2009. – 56 с.

Кафедра безпеки життєдіяльності та цивільного захисту

Методичні вказівки є організаційно-методичним документом, що визначає порядок та методику виконання розділу з питань безпеки життєдіяльності та цивільної оборони у дипломних роботах (проектах) студентів всіх спеціальностей та форм навчання університету.

Методичні вказівки призначені для використання викладачами, студентами та фахівцями у сфері цивільного захисту.

Рецензент доктор технічних наук, професор Запорожець О.І. завідувач кафедри Безпеки життєдіяльності Національного авіаційного університету.

*Згідно з наказом ректора НУК № 08 від 09.01.2008
методичні вказівки публікуються в авторській редакції.
Відповідальність за редагування несе автор.*

© Видавництво НУК, 2009

Навчальне видання

МИХАЙЛЮК Валерій Олександрович

ІЗотов Валерій Ізмайлович

ШТЕЙН Павло Васильович

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання розділу з питань безпеки життєдіяльності та цивільної
оборони у дипломних роботах (проектах) студентів

(українською мовою)

Комп'ютерна верстка *В.Г. Мазанко*

Коректор *М.О. Паненко*

Свідectво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 2506 від 25.05.2006 р.

Підписано до друку 25.03.09. Папір офсетний. Формат 60×84/16.
Друк офсетний. Гарнітура "Таймс". Ум. друк. арк. 3,3. Обл.-вид. арк. 3,5.
Тираж 100 прим. Вид. № 20. Зам. № 126. Ціна договірна

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування,
54002, м. Миколаїв, вул. Скороходова, 5

Перелік використаних скорочень

АВНВ – аналіз видів і наслідків відмов
АВНKB – аналіз видів і наслідків та критичності відмов
АЕС – атомна електростанція
АТО – адміністративно територіальна одиниця
АХУ – аміачно-холодильна установка
БЖД – безпека життєдіяльності
ВНЗ – вищий навчальний заклад
ГДК – гранично допустима концентрація
ГПС – газо – повітряна суміш
КВП – контрольно-вимірювальний прилад
КМУ – Кабінет Міністрів України
Л-Т-С – людина – техніка – середовище
НС – надзвичайні ситуації
НП – нещасливі події
ОГ – об'єкт господарювання
ППС – паливо – повітряна суміш
ПНО – потенційно небезпечний об'єкт
ПАН – попередній аналіз небезпек
РОП – ризик-орієнтовний підхід
СЕС – соціально-економічна система
ТДК – тимчасово допустима концентрація
ХНО – хімічно-небезпечні об'єкти
ЦО – цивільна оборона
ЦЗ – цивільний захист

Вступ

Пріоритетним завданням проголошеної в Україні стратегії гарантування безпеки людини, суспільства та держави є запобігання виникненню надзвичайних ситуацій (НС) і забезпечення стійкості території, адміністративно територіальних одиниць (АТО) та об'єктів господарювання (ОГ), при виникненні НС. Виконання цього завдання вимагає прийняття науково обґрунтованих управлінських рішень при плануванні заходів щодо зниження ризиків виникнення НС та мінімізації можливих наслідків. Необхідність науково-методологічного забезпечення реалізації превентивної політики щодо забезпечення прийнятого рівня безпеки надскладної системи "людина-техніка-життєве середовище" (Л-Т-С) на підґрунті ризик-орієнтовного підходу (РОП) спричинила інтенсивний розвиток досліджень проблем безпеки, управління і оцінки ризику виникнення НС, моделювання та прогнозування їхнього розвитку.

Основою регулювання безпеки населення і територій, забезпечення відповідного рівня безпеки суспільства й кожного окремого громадянина є система аналізу та управління ризиками. Тому запровадження ризик-орієнтованого підходу для гарантування безпеки людини, суспільства, довкілля, розробки методів оцінки небезпеки проектного обладнання, новітніх технологій, процесів, які відбуваються в суспільстві тощо, повинно бути невід'ємною складовою системного підходу щодо пізнання особливостей надзвичайно складної системи "Л-Т-С".

Головною метою при вивченні небезпек, властивих цій системі, є визначення причинних взаємозв'язків між вихідними небезпечними подіями, які належать персоналу, устаткуванню та життєвому середовищу та призводять до її збоїв, а також пошук способів усунення шкідливих впливів шляхом удосконалення як системи в цілому, так і її складових.

Незважаючи на те, що ВНЗ, які працюють в Україні, здійснюють підготовку молоді за великою кількістю спеціальностей та спеціалізацій, розділи з БЖД та ЦЗ їх дипломних робіт повинні ґрунтуватися саме на РОП, оскільки ризик завдання людині, суспільству та довкіллю шкоди через виникнення аварій та катастроф на виробництві, небезпечних ситуацій в побуті, життєвому середовищі, у між людських відносинах тощо має єдиний теоретичний базис і динамічний цикл появи та розвитку небезпеки. Тому розробка питань, що пов'язані з урахуванням імовірності виникнення ризикових ситуацій та їхнього подальшого попередження, є необхідною складовою дипломної роботи (проекту) будь-якого фахового спрямування.

1. Основні вимоги та рекомендації до розробки розділу

1.1 Мета, етапи та організація розробки розділу з питань БЖД та ЦЗ у дипломному проєкті (роботі)

Включення до розробки в дипломних проєктах студентів розділів (питань) з БЖД та ЦЗ співробітників підприємства і населення в разі виникнення непередбачених НС визначено законом України "Про ЦО України" (1993р.), наказами Міністерства освіти і науки України № 182/200 від 20.06.1995р. та Міністерства з НС № 97 від 23.04.2001р. Програмою з дисципліни "ЦО" (1995р.)

Головною метою включення розділів БЖД та ЦЗ працівників об'єктів господарювання і населення до дипломних проєктів студентів є підвищення їх навичок, як майбутніх керівників різних рівнів, щодо визначення та забезпечення виконання найбільш оптимальних рішень стосовно попередження НС та оперативного реагування на випадок виникнення небезпеки.

Етапи виконання розділу

Розділ відбиває вміння студентів аналізувати, оцінювати ймовірність виникнення та можливий рівень небезпек, розробляти необхідні заходи їхнього попередження, обґрунтовувати доцільність останніх, формувати висновки та рекомендації, самостійно працювати з законодавчими актами, літературними джерелами. Його виконання складається з наступних етапів:

- визначення теми розділу;
- ознайомлення з нормативними документами, законодавчими актами, методичними та літературними джерелами необхідними для роботи;
- розробки та оформлення розділу;
- погодження розділу з консультантом.

Керівництво розділом та визначення теми

Завдання на розробку розділу з питань БЖД та ЦЗ складають керівники дипломних проєктів (професорсько-викладацький склад випускаючих кафедр) разом з викладачами кафедри БЖД та ЦЗ. Вони також призначають тему розділу відповідно до напрямку дипломного проєкту (роботи) і контролюють хід його виконання. Завдання повинне включати: зміст питань, котрі підлягають розробці; вихідні дані; обсяг розділу; літературу, що рекомендується; термін подання розділу на перевірку, тощо. Під час визначення теми розділу враховуються: тема дипломного проєк-

ту (роботи), рівень участі студента в науково-дослідницькій роботі кафедри, наявність зв'язку теми дипломного проекту з базовим підприємством, можливість доступу до інформації на ньому. Якщо ж вона обмежена (деяка інформація в ряді випадків є закритою), то тема підбирається виходячи з можливостей студента. У випадку вибору теми розділу студентом самостійно, її формулювання необхідно погодити з консультантом (керівником).

Консультації студентів безпосередньо з питань БЖД та ЦЗ здійснюють викладачі кафедри БЖД та ЦЗ. Розподіл студентів для консультації з питань розділу здійснює кафедра БЖД та ЦЗ, для чого складаються графіки консультацій на початку осіннього і весняного семестрів. Консультанти ведуть облік студентів, що отримали завдання і яким надавалися консультаційні послуги, у спеціальних журналах. Кафедра узагальнює досвід роботи з розробки питань ЦЗ у дипломних роботах (проектах) і обговорює результати на своїх засіданнях. Під час консультації студент одержує необхідні вихідні дані завдання й уточнює, який обсяг розрахунково-графічних робіт він повинен виконати. Студент погоджує з консультантом (керівником) також перелік літературних джерел, законодавчих і нормативних актів, які необхідно використовувати при виконанні розділу.

Організація накопичення вихідної інформації

Необхідну інформацію для виконання розділу БЖД та ЦЗ містять Закони України, Укази Президента, Постанови Кабінету Міністрів України, накази МНС, відповідні підручники, довідники, монографії, статті, доповіді, статистичні збірники.

З цими документами студенти можуть ознайомитися в міських бібліотеках, бібліотеках НУК (в тому числі електронній), на базовому об'єкті господарювання, але отримання статистичної, економічної, бухгалтерської інформації на ньому є досить складним завданням. Тому вони одержують її, як правило, під час переддипломної практики, отже до цього часу доцільно визначитися з темою розділу.

1.2. Зміст, структура та об'єм розділу

Типова структура та об'єм розділу

Незважаючи на різноманітність тем розділу БЖД та ЦЗ, їхня структура може бути типовою. Типовими елементами розділу ЦЗ є: титульний лист; вступна частина; основна частина; висновки по розділу; перелік використаної літератури.

Об'єм розділу у рукописному або друкованому вигляді – 5...10 сторінок формату А-4. Комп'ютерний текст розділу друкується через 1,5 інтервали.

Графічна частина визначається характером питання, яке розробляється і не є обов'язковою для всіх випадків. Зміст та об'єм окремого графічного матеріалу необхідно узгоджувати з керівником дипломного проекту (роботи).

Рекомендації щодо виконання складових частин розділу

Рекомендації до оформлення вступної частини. У вступній частині обґрунтовується потреба проведення досліджень впливу НС на об'єкт, який розглядається у дипломному проекті (роботі). Обґрунтування необхідності дослідження впливу НС на діяльність об'єктів господарювання (забезпечення життєдіяльності населення) здійснюється залежно від:

- розташованих поблизу потенційно небезпечних об'єктів (ПНО);
- можливих стихійних лих у регіоні;
- вражаючих факторів сучасної зброї;
- наслідків НС соціально – політичного походження;
- вимог законодавчих актів у сфері ЦЗ.

Крім того, необхідно зробити висновок про необхідність наступних досліджень.

У вступній частині також відбивається актуальність теми, практична значимість її розробки для економіки в цілому, чи окремого конкретного суб'єкта дослідження (галузі, ОГ, цеху, технології, обладнання), на базі якого виконується робота.

Об'єм вступної частини складає до 1... 1,5 сторінки рукописного або друкованого тексту.

Рекомендації до виконання основної частини. В основній частині необхідно подати стисло характеристику об'єкта дослідження, виконувани функції, перелік устаткування, механізмів, приладів, опис технологічного процесу, тобто його елементну базу, яку буде використано у подальшому аналізі.

Розглядаючи розташування об'єкта відносно наявних ПНО, визначаються найбільш небезпечні вражаючі фактори НС, до яких буде вирішуватися задача забезпечення стійкості ОГ, захисту персоналу та населення, що мешкає поблизу шляхом визначення рівня ризику виникнення НС й інші необхідні дані з урахуванням специфіки об'єкта розв'язуваної задачі.

Далі наводиться порядок і методика розрахунків, за необхідністю

визначаються заходи мінімізації, наслідків впливу (настання) вражаючих факторів (подій).

Рекомендації до підготовки висновків по розділу. Ця частина містить аналіз зробленого у розділі, висновки з основної частини і пропозиції щодо забезпечення стійкої роботи досліджуваного об'єкта (агрегату, системи), шляхом зниження ступеня ризиків, можливих при реалізації проекту. При цьому бажано вказувати можливі додаткові витрати і відвернений збиток.

2. Основні етапи аналізу ризику

При виборі теми розділу з БЖД і ЦЗ необхідно виходити з того факту, що будь-яка нова технічна система або технологія несе в собі не тільки користь для суспільства але й ризики, отже при створенні нових систем і технологій необхідно розглядати не тільки кращі сценарії але й гірші.

В Україні прийнятий ряд законодавчих актів, що регулюють безпеку населення й територій. Вони покликані забезпечити гарантований рівень безпеки. Законодавчі акти передбачають введення РОП до забезпечення безпеки (див. пост. КМУ № 122 від 7.02.2001 р.). РОП передбачає застосування різних методів аналізу й розрахунку ризику з метою превентивного втручання, що може дати економію засобів на безпеку й ліквідацію наслідків в 7-10 разів.

Аналіз ризику аварій на небезпечних виробничих об'єктах (далі – аналіз ризику) є складовою частиною управління промисловою безпекою. Аналіз ризику полягає в систематичному використанні всієї доступної інформації для ідентифікації небезпек і оцінки ризику можливих небажаних подій.

Процес проведення аналізу ризику включає наступні основні етапи:

- ідентифікацію небезпек;
- оцінку ризику виникнення небезпек;
- розробку рекомендацій до зменшення ризику.

Ідентифікація небезпек

Основні завдання етапу ідентифікації небезпек – виявлення та чіткий опис всіх джерел небезпек і шляхів (сценаріїв) їх реалізації. Це відповідальний етап аналізу, тому що, не виявлені на цьому етапі небезпеки не піддаються подальшому розгляду й зникають із поля зору.

При ідентифікації варто визначити, які елементи, технічні пристрої, технологічні блоки або процеси в технологічній системі вимагають більше серйозного аналізу та які становлять менший інтерес з погляду безпеки.

Для ідентифікації небезпек рекомендується застосовувати наступні методи:

- прогнозування;
- перевірного листа;
- аналізу безпеки й працездатності;
- аналізу управлінської, фінансової документації та ін.

При виборі методів ідентифікації небезпек варто враховувати мету, завдання аналізу, складність розглянутих об'єктів, наявність необхідних даних.

Результатом ідентифікації небезпек є:

- перелік небажаних подій;
- опис джерел безпеки, факторів ризику, умов виникнення й розвитку небажаних подій (наприклад, сценаріїв можливих аварій).

Ідентифікація небезпек завершується також обранням подальшого напрямку діяльності. Як варіанти подальших дій можуть бути:

- рішення припинити подальший аналіз через незначність небезпек або достатності отриманих попередніх оцінок;
- рішення про проведення більш детального аналізу небезпек і оцінки ризику;
- вироблення попередніх рекомендацій зі зменшення небезпек.

Оцінка ризику виникнення небезпек

Основні завдання етапу оцінки ризику:

- визначення частот виникнення ініціюючих і всіх небажаних подій;
- оцінка наслідків виникнення небажаних подій;
- узагальнення оцінок ризику.

Для визначення частоти і наслідків небажаних подій рекомендується використовувати:

- статистичні дані щодо надійності та небезпечності системи, яка розглядається, котрі відповідають специфіці небезпечного об'єкта або виду діяльності;
- логічні методи "дерев подій", "дерев відмов", імітаційні моделі виникнення аварій у системі "людина-машина";
- метод аналізу видів і наслідків відмов (АВНВ);
- метод аналізу видів і наслідків та критичності відмов (АВНКВ);
- експертні оцінки шляхом урахування думок фахівців у даній області.

Оцінка наслідків включає аналіз можливих впливів на людей, майно та (або) навколишнє природне середовище.

При узагальненні оцінок ризику треба, за можливістю, проаналізувати невизначеність і точність отриманих результатів, оскільки існує багато невизначеностей, пов'язаних з оцінкою ризику. Як правило, основними джерелами невизначеностей є неповнота інформації з надійності об'єктів дослідження та людських помилок, прийняті припущення використовуваних моделей аварійного процесу. Щоб правильно інтерпретувати результати оцінки ризику, необхідно розуміти характер невизначеностей і їхні причини. Джерела невизначеності варто ідентифікувати (наприклад, "людський фактор"), оцінити й представити в результатах.

Розробка рекомендацій щодо зменшення ризику

Розробка рекомендацій щодо зменшення ризику є заключним етапом аналізу ризику. У рекомендаціях подаються обґрунтовані заходи зменшення ризику, засновані на результатах його оцінок.

Для визначення пріоритетності запровадження заходів зменшення ризику в умовах заданих засобів або обмеженості ресурсів необхідно:

- визначити сукупність заходів, які можуть бути реалізовані при заданих обсягах фінансування;
- ранжувати ці заходи за показником "ефективність-витрати";
- обґрунтувати й оцінити ефективність пропонуваних заходів.

3. Стисла характеристика якісних методів оцінки ризику

Використовувані в даний час методи оцінки ризиків умовно розбиті на 2 групи: якісні та кількісні.

При написанні розділу з БЖД та ЦЗ дипломного проекту (роботи) рекомендується використовувати наступні якісні методи аналізу ризику: попередній аналіз небезпек (ПАН), аналіз видів і наслідків відмов (АВНВ), побудови "дерев подій", "дерев відмов".

Попередній аналіз небезпек. Для реалізації якісного аналізу існуючих ризиків його проводять за відповідними етапами, а саме через попередній аналіз небезпек, виявлення послідовності небезпечних подій та аналіз їх наслідків. ПАН – це аналіз загальних груп потенційних небезпек, присутніх у будь-яких видах діяльності, операціях чи процесах, їх розвитку та рекомендацій щодо контролю. Етапи реалізації ПАН наступні. Спочатку вивчаються характеристики ОЕ, кон'юнктура ринку, соціаль-

но-фінансова ситуація, закони, стандарти, правила, дія яких розповсюджується на даний ОЕ, контракт, операцію чи взагалі економічний процес. Перевіряється документація на її відповідність законам, правилам, нормам безпеки, встановленим для цього ОЕ. Далі складається перелік небезпек, в якому зазначаються ідентифіковані джерела небезпек, чинники, що спричиняють шкоду ОЕ, потенційно небезпечні ситуації тощо. Існують базові запитання, на які обов'язково необхідно відповісти під час проведення ПАН, незважаючи на те, що деякі з них можуть здаватися занадто простими. Але якщо ці запитання не розглянути, то існує ризик неповного аналізу безпеки логістичної діяльності. Вся простота чи очевидність має схильність приховувати деякий рівень небезпеки. Проведення ПАН може бути спрощено і формалізовано завдяки використанню матриці попередньої небезпеки, спеціальних анкет, фактор-карт, списків і таблиць.

Аналіз видів і наслідків відмов (АВНВ) застосовується для якісної оцінки небезпеки розглянутої системи. Істотною рисою цього методу є розгляд кожної складової частини системи (елемента, апарата, установки, блоку, виробу), її виду та причини відмови і як їх сукупність впливає на досліджену систему.

Аналіз видів і наслідків відмов можна розширити до кількісного аналізу видів, наслідків і критичності відмов (АВНКВ). У цьому випадку кожний вид відмов ранжується з урахуванням двох складових критичності – імовірності (або частоти) й вагомості наслідків відмов. Визначення параметрів критичності необхідно для вироблення рекомендацій та пріоритетності заходів безпеки.

Рівень роздроблення об'єкта, починаючи з якого (до якого) здійснюють АВНКВ (АВНВ) на визначеному етапі його розробки, встановлюють виходячи з: необхідних результатів аналізу; ступеня відпрацьованості конструкторської технологічної й експлуатаційної документації; наявності необхідних вихідних даних; ступеня новизни конструкції об'єкта та його складових частин, технологій їхнього виготовлення, умов експлуатації.

За інших рівних умов, чим вище рівень відпрацьованості конструкції і технології виготовлення об'єкта та його складових частин, тим менше рівень деталізації допускається при аналізі, й навпаки, об'єкти, що містять принципово нові конструктивно-технологічні рішення, побудовані на новій елементній базі, вимагають поглибленого, більш деталізованого аналізу.

Результати аналізу подають у вигляді таблиць з переліком складових

системи, видів і причин можливих відмов обладнання, наслідками, критичністю, засобами виявлення несправності (сигналізатори, прилади контролю тощо) та рекомендаціями зі зменшення небезпеки (табл. 1 додатку 1).

Переліки критичних елементів (технологічних процесів) складають після завершення аналізу.

До переліків критичних елементів включають:

- елементи, можлива вагомість наслідків відмов, що оцінювалась якісно чи кількісно, перевищує припустимий для розглянутого об'єкта рівень;
- елементи, відмови яких неминуче спричиняють повну відмову об'єкта;
- елементи з обмеженим терміном служби (ресурсом), що не забезпечують необхідної довговічності об'єкта;
- елементи, за якими у момент проведення аналізу, відсутні достовірні дані про їхню якість і надійність у розглянутих умовах застосування і/чи можливих наслідках їхніх відмов.

До переліку критичних технологічних процесів включають технологічні процеси, вплив яких на якість і надійність об'єкта та його елементів у момент здійснення аналізу невідомо чи недостатньо вивчено.

Для кожного елемента, включеного до переліку критичних, повинні бути зазначені:

- кодове позначення та посилання на відповідний робочий лист АВНKB;
- причини включення до переліку (категорія вагомості наслідків чи значення показника критичності відмов, інші ознаки критичності);
- опис можливих причин і наслідків відмов;
- пропонувані конструктивно-технологічні і/чи експлуатаційні заходи для мінімізації ймовірності відмов чи зниження можливої вагомості їхніх наслідків;
- пропозиції щодо підвищення стійкості об'єкта до даного виду відмов;
- пропозиції щодо проведення додаткових досліджень та іспитів з метою аналізу даного елемента і/чи одержання необхідних даних по його надійності в розглянутих умовах застосування.

Систему класифікації відмов за критеріями ймовірності та вагомості наслідків варто конкретизувати для кожного об'єкта або технічного пристрою з урахуванням його специфіки.

В таблиці 2 додатку 1, як приклад, наведені показники (ранги) відмов за ймовірністю та вагомістю наслідків відмови. Для аналізу виділені чотири групи, яким може бути нанесено збиток відмовою: персонал, населення, майно (устаткування, споруди, будинки, продукція, тощо), навколишнє середовище.

У таблиці 2 додатку 1 застосовані наступні варіанти критеріїв:

- катастрофічна відмова (категорія IV) – приводить до смерті людей, істотного збитку майна, завдає непоправної шкоди навколишньому середовищу; критична (некритична) відмова (категорія III, категорія II) – загрожує (не загрожує) життю людей, приводить (не приводить) до істотного збитку майну, навколишньому середовищу; відмова з знехтувано малими наслідками (категорія I) – відмова, що не відноситься за своїми наслідками ні до однієї з перших трьох категорій. Шкалу визначення категорії вагомості наслідків відмов наведено в таблиці 3 додатку 1.

Відмови ранжуються: *A* – обов'язковий поглиблений кількісний аналіз ризику або необхідність особливих заходів забезпечення безпеки; *B* – бажаний кількісний аналіз ризику або потрібне прийняття певних заходів безпеки; *C* – можна обмежитися якісним аналізом небезпек або прийняттям деяких заходів безпеки; *D* – аналіз і прийняття спеціальних (додаткових) заходів безпеки не потрібні.

Методи АВНВ, АВНКВ застосовуються, як правило, для аналізу проектів складних технічних систем або технічних рішень.

Аналіз небезпек (відмов) методом побудови "дерева подій"

Логічним інструментом локалізації найбільш небезпечних ланок будь-якої системи є метод побудови "дерева подій". Суть методу полягає у відшукуванні оптимального рішення, що знижує ймовірність можливості виникнення небезпечної події.

Запобігання небезпек або захист від них базується на вагомості відмов для системи. Між реалізованими небезпеками й причинами існує причинно-наслідковий зв'язок. Отже, причини й небезпеки утворюють неієрархічні, ланцюгові структури або системи. Графічне зображення таких залежностей чимось нагадує розгалужене дерево. У гілках "дерева", як правило, є галузі причин і галузі небезпек. Побудова "дерева" є винятково ефективною процедурою виявлення причин різних небажаних подій. Границі розгалуження "дерева" визначаються логічною доцільністю одержання нових галузей. "Дерево подій" є логічним представленням реагування розглянутої системи (процесу) на вихідні події. Кожна послідовність має як результат або безпечний стан або аварійний стан.

"Дерева подій" забезпечують наглядність аварійних послідовностей від початку до кінця.

Метод побудови "дерева подій" є наочним способом простеження виконання наступних функцій:

- визначення аварійних наслідків;
- визначення необхідних функцій системи безпеки;
- квантифікування частот послідовностей.

Після виникнення ініціюючої (пікової) події, наприклад, коротке замикання, витік небезпечних речовин, знеструмлення, зараження джерела водопостачання, відмова елемента тощо, можуть бути генеровані наступні небажані події.

Процедура операцій при аналізі методом "дерева подій" полягає в розгляді можливостей розвитку ініціюючої або пікової події. Далі визначають бар'єри безпеки, призначені для обмеження негативних наслідків такої події. Розвиток послідовності подій розглядається по черзі з урахуванням захисних бар'єрів. На кожному рівні дерева подій розглядаються два логічних стани: успіх (так) і невдачу (ні) залежно від того, виконав бар'єр своє завдання чи ні. Дерево подій дозволяє виконати як якісний, так і кількісний аналіз небезпек. У випадку кількісного аналізу, гілці, що позначає успіх, привласнюється ймовірність P_i , а гілці, що ідентифікується з невдачею – $1 - P_i$.

Наприклад, пікова подія – заражена вода з'явилася в системі водопостачання. На рис. 1. подано аналіз розвитку цієї події за допомогою спрощеного "дерева подій".

Бар'єрами безпеки, котрі обмежують негативні наслідки цієї події, є:

- ідентифікація зараження;
- тривога, оповіщення, постійне інформування громадськості;
- методи протидії;
- усунення загрози.

В результаті аналізу визначаються окремі ймовірності виникнення чергових станів:

$$\text{Катастрофи } P_I = P(k) \cdot (1 - P_1)$$

$$\text{Серйозної аварії } P_{II} = P(k) \cdot P_1(1 - P_2)$$

$$\text{Аварії } P_{III} = P(k) \cdot P_1P_2(1 - P_3)$$

$$\text{Приборкування кризової ситуації } P_{IV} = P(k) \cdot P_1P_2P_3(1 - P_4)$$

$$\text{Контроль над кризовий ситуації } P_V = P(k) \cdot P_1P_2P_3P_4$$

Другий приклад аналізу за допомогою "дерева подій" подано у додатку 2.

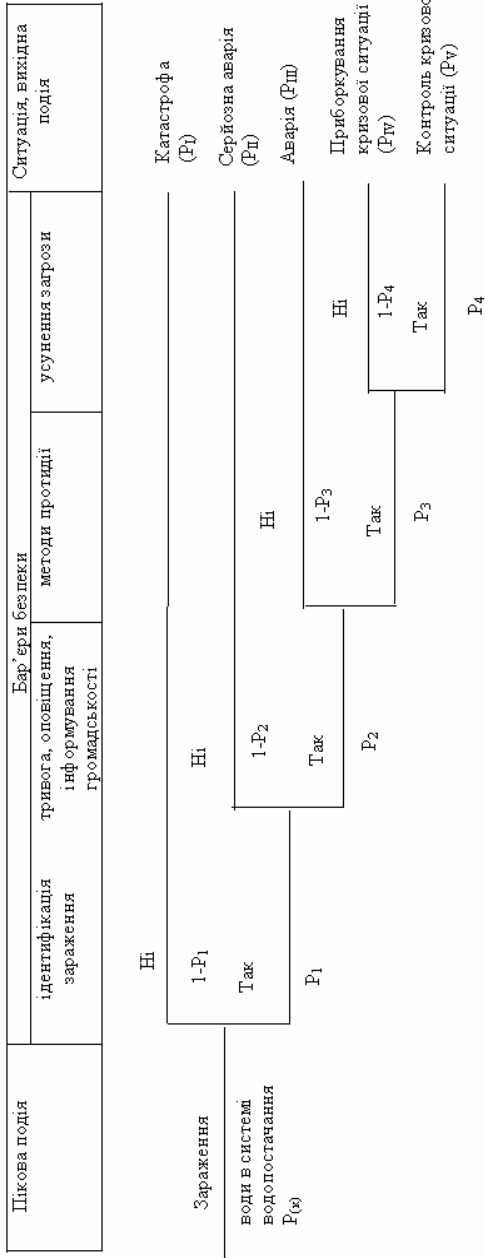


Рис. 1. Вигляд "дерева подій" після появи забруднення в системі водопостачання

Аналіз методом побудови "дерева відмов"

"Дерева відмов" представляють собою графічну модель різних послідовних і паралельних зв'язків відмов, які приводять до реалізації заздалегідь певної небажаної події. Відмовами можуть бути події, пов'язані з виходом з ладу елементів системи, помилками персоналу й т.п., що може привести до небажаної події.

За допомогою "дерева відмов" простежуються небезпечні ситуації в зворотному порядку (в порівнянні з "деревом подій") тобто від наслідку до причини (рис. 2)

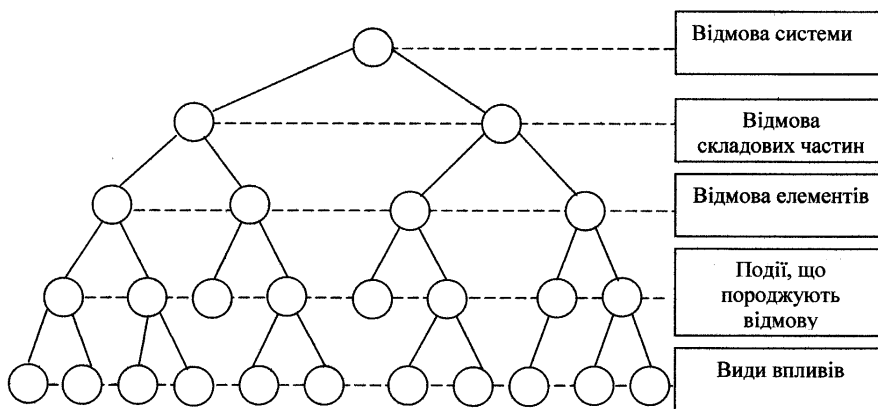


Рис. 2. Граф "дерева відмов"

"Дерево відмов" дозволяє розрахувати ймовірність відмови системи на основі відомих характеристик надійності її елементів.

Для побудови "дерев відмов" прийняті позначення елементів і логічних операцій, що наведені в таблиці 4 додатку 1.

Логічні символи (знаки) пов'язують події в відповідності з їх причинами, взаємозв'язками.

Приклад використання логічних знаків "І" і "АБО" подано на рис. 3.

Подія "Виникнення пожежі" має місце, якщо дві події "Витік пальної рідини" і "Вогнище займання поблизу пальної рідини" відбуваються одночасно (знак "І"). Остання (критична) подія трапляється, якщо відбувається одна з двох подій (знак "АБО") – "Наявність іскри" або "Робітник, який палить".

Приклад аналізу за допомогою "Дерева відмов" наведено у додатку 2.

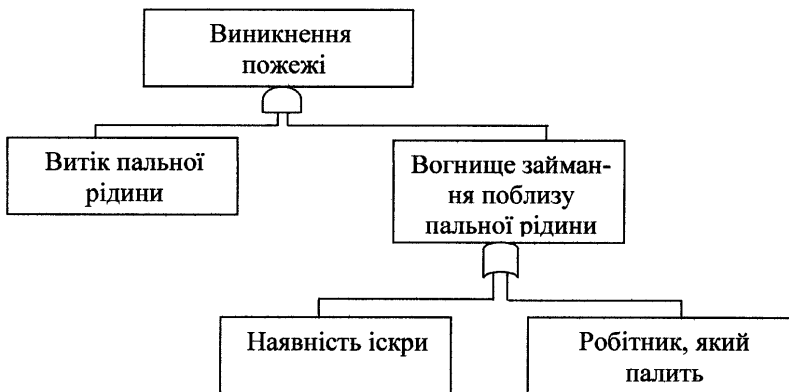


Рис. 3. Приклад використання логічних знаків

4. Кількісні показники ризику

Як правило, аварії відбуваються за збігом випадкових або випадкових і невизначених подій, тому небезпеку виникнення аварії зазвичай оцінюють імовірнісними показниками. У загальному випадку показники ризику відбиваються у вигляді сполучення (комбінації) ймовірності (або частоти) і вагомості наслідків небажаних подій. Випадкові події і величини мають статистичну стійкість, однорідність, відповідні закони розподілу, тобто можуть повторюватися при однакових умовах багаторазово. Тому при аналізі небезпек, пов'язаних з відмовами технічних пристроїв, відокремлюють технічний ризик, показники якого визначаються відповідними методами теорії надійності.

Для оцінки ризику і прийняття відповідного управлінського рішення, необхідно зібрати вихідну інформацію про об'єкт – носій ризику. Ця первинна стадія містить два основних етапи: збір інформації про структуру об'єкта та виявлення можливих небезпек або інцидентів. Наявність достатньо повної і належним чином структурованої інформації про ризики є підґрунтям для розроблення ефективних заходів щодо керування ними. При оцінці промислових ризиків відповідні відомості повинні міститися у декларації промислової безпеки об'єкту.

Найчастіше, об'єктом оцінювання імовірності виникнення небезпеки є система "Л-Т-С", в якій людина виступає головним елементом прогнозування і як суб'єкт, і як об'єкт ризику. Виходячи з цього, "базовими" групами чинників ризику є наступні:

- знання людини (загальні і професійні) $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_k\}$;
- психофізіологічні можливості людини (параметри її фізіологічних і психологічних функцій) $P = \{p_1, p_2, \dots, p_l\}$;
- техногенне (виробниче і/або побутове) оточення $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$;
- природні чинники навколишнього середовища (що погано контролюються або не контролюються взагалі) $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$, суперпозиція яких зумовлює виникнення прихованих "недоліків" системи "Л-Т-С".

Складність проблеми управління ризиком в такій системі полягає в тому, що кожна вихідна координата стану системи y_i , яка впливає на ризик функціонування всієї системи "Л-Т-С", є функцією всіх впливів $y_i = \Phi_i(P, V, E, Z)$. До того ж $P = P(t)$, $E = E(t)$ і, як наслідок, $y_i = \Phi_i(P(t), V, E(t), Z)$. Характер дії цих чинників, а також їх взаємодія в загальному випадку не може бути ідентифікована, як не може бути визначений і остаточний вигляд функціонального зв'язку.

Дія цих чинників зумовлює джерела "невпевненості", які ведуть до виявлення ризику. Для виявлення ризику на загальному рівні досить появи ризику в одному з "джерел":

- здоров'я людини (r_1) або
- соціум (r_2) або
- техногенне середовище (r_3) або
- природне середовище (r_4).

Таким чином, загальний ризик $R = \sum r_i$, де r – імовірність виникнення відхилення подій від очікуваних умов. Якщо прийняти до уваги, що кожне з "джерел" ризику може, в свою чергу, мати досить складний характер, вхідні параметри, то типова модель набуває характеру суми ймовірностей відхилень у функціонуванні всієї системи "Л-Т-С".

Кількісні критерії ризику для життя людини (фатальності) знаходяться в широкому діапазоні числових значень. Деякі важливі моменти можуть бути виділені, як зазначено нижче:

- рівні ризику в щоденному житті є основним еталоном, на який широко посилаються фахівці з їхнього регулювання при введенні стандартів ризику;

- події, внаслідок яких один нещасний випадок з смертельним наслідком відбувається з частотою 10^{-6} (1 на 10^6 чол.), звичайно в суспільстві не помічається, а події з частотою летального наслідку 10^{-3} розцінюються як нещасні випадки;

- ефективний декларований рівень індивідуального ризику, при якому запроваджується регулятивна дія щодо зменшення суспільного ризику, може бути ідентифікований в діапазоні $10^{-4} - 5 \cdot 10^{-5}$ за рік;

- ефективний мінімальний рівень індивідуального ризику, при якому ніколи не приймається регулятивна дія щодо зменшення суспільного ризику, може бути ідентифікований величиною 10^{-7} (1 на 10 млн. чол. за рік);

- на ефективний декларований рівень може впливати кількість населення, що знаходиться під експозицією даної небезпеки, і низка інших чинників, тому в деяких обставинах регулятивна дія може застосовуватися якщо ризик нижче $10^{-4} - 5 \cdot 10^{-5}$ за рік;

- прийнятний рівень ризику для працюючих звичайно дещо вищий, ніж, ризик для громадськості, інколи він можливий величиною до 10^{-3} за рік;

- стандарти (нормативи) для нової розробки й експлуатаційної практики встановлюються трохи вищими, ніж для існуючих ситуацій та втручань, беручи до уваги відносну здійсненність зниження ризику в цих різних обставинах.

4.1. Оцінка індивідуального ризику

Ризик завжди асоціюється з імовірністю нещасливих подій (НП) та їхніми наслідками. Його розрахункова залежність відбивається, як правило, в мультиплікативній формі, котра дозволяє оцінити величину очікуваного наслідку:

$$R = \{< s_i, p_i, x_i >\}, i = 1, 2, \dots, N,$$

де R – ризик, що оцінюється; s_i – сценарій НП; p_i – імовірність того, що НП відбудеться; x_i – можливі наслідки НП, якщо вона відбудеться за i -им сценарієм.

Для індивідуального ризику R_i умову (4.1) може бути подано як:

$$R_i = P_f P_{d/f}, \quad (4.1)$$

де P_f – імовірність НП, $P_{d/f}$ – імовірність наслідку (наприклад, смертельного результату) для індивідуума від даної НП, передбачаючи відсутність захисту індивідуума від небезпеки.

Таким чином R_i – це властивість зони, що досліджується, в межах якої існує імовірність НП (ймовірність створюється ПНО, природним явищем, людиною тощо), тому індивідуальний ризик є зручною характеристикою для просторового планування. Для індивідуального ризику R_i верхня межа може бути визначена ґрунтуючись на статистичних обчисленнях. Різні види ризику обчислюються різними способами. Звичайний приклад – розбіжність між добровільним та недобровільним ризиками. Максимальний індивідуальний ризик загинути від небезпеки зазвичай

змінюється між 10^{-2} за рік для добровільної ризикованої діяльності (як наприклад, стрибки з парашутом) до 10^{-5} за рік для недобровільного ризику (як наприклад, аварії на атомних реакторах).

Якщо ризик є добровільним, для його визначення зручно використувати чинник β :

$$R_i = \beta \cdot 10^{-4},$$

який враховує політику, котра супроводжує прийняття ризику; $\beta = 10$ – для повної свободи вибору (тоді, $R_i = 10^{-3}$ що відповідає максимальному ліміту прийнятного ризику), $\beta = 0,01$ приймається для випадків ризику за відсутності прямої вигоди.

Враховуючи визначення індивідуального ризику (4.1) для чинника поточної політики (P_f) можна записати:

$$P_f = \frac{\beta \cdot 10^{-4}}{P_{d/f}}.$$

Чинник поточної політики відбиває ставлення суспільства до діяльності, що аналізується, до вигод і збитків від її здійснення.

Прогнозування аварійних ситуацій можливе за умови використання елементарної статистики й дискретного розподілу Пуассона, часто застосовуваного до рідкісних подій і природних явищ, що підпорядкову-

ється наступній залежності: $P(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda(t) dt \right],$

де величина $\lambda(t) = \frac{1}{P(t)} \cdot \frac{d}{dt} P(t)$ має назву інтенсивності відмов і дорівнює ймовірності, що за безвідмовної роботи на протязі терміну t аварія відбудеться у подальшому короткотривалому інтервалі часу.

Практика показує, що після короткотривалого початкового періоду експлуатації функція $\lambda(t)$ досить довго залишається стабільною, тобто $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$. Параметр потоку аварій λ іноді називають "технічним ризиком" або ймовірністю аварії за одиницю часу. У багатьох випадках його використовують як самостійний оціночний показник небезпеки виникнення аварії і обчислюють за співвідношенням:

$$\lambda = \frac{n}{N \cdot \Delta \tau},$$

Загрозу життю людини при аварії (небезпеку летального кінця) оцінюють "індивідуальним ризиком":

$$\lambda_{\text{інд}} = \frac{n}{N \cdot \Delta\tau} \cdot \frac{m_{\text{заг}}}{m_{\text{прац}}},$$

де n – кількість об'єктів, на яких сталася аварія за період $\Delta\tau$; N – кількість експлуатованих об'єктів за той же період; $m_{\text{заг}}$ – середня кількість загиблих на одному об'єкті при аварії; $m_{\text{прац}}$ – середня кількість працюючих на одному об'єкті.

Вплив інтенсивного старіння, втоми та інших факторів повинен виключатися регламентуванням допустимого терміну експлуатації досліджуваного об'єкту. У період безвідмовного функціонування закон надійності підпадає експонентному розподілу:

$$P(t) = \exp(-\lambda t),$$

При вигляді функції надійності як $P(t) = \exp(-\lambda t)$, частота відмов у системі однотипних об'єктів (потік випадкових подій) відповідає дискретному розподілу Пуассона:

$$P(m, \lambda\tau) = \frac{(\lambda\tau)^m}{m!} \cdot \exp(-\lambda\tau), \quad m = 0, 1, 2, \dots, \lambda\tau > 0.$$

Аварії впродовж часового інтервалу $\tau(t, t + \tau)$ можливі m разів з імовірністю $P(m, \lambda\tau)$, а відсутність аварійних ситуацій (відсутність відмов) – з імовірністю:

$$P(0, \lambda\tau) = \exp(-\lambda\tau).$$

Імовірність того, що аварії відбудуться n разів, якщо $n < m$ (тобто менше ніж m разів), визначається функцією розподілу:

$$P_0(n < m) = \sum_{i=0}^{m-1} P(i, \lambda\tau) = 1 - \varphi(m, \lambda\tau),$$

$$\varphi(m, \lambda\tau) = P_0(n \geq m) = \sum_{i=m}^{\infty} P(i, \lambda\tau).$$

Імовірність виникнення хоча б однієї аварії представляє оцінку ризику аварії на об'єкті за період τ :

$$Q = 1 - P(0, \lambda\tau) = 1 - \exp(-\lambda\tau).$$

Оцінка ймовірності хоча б однієї аварії серед N об'єктів за час t здійснюється за залежністю:

$$Q = 1 - \exp(-\lambda \lambda t).$$

При значеннях $\lambda t \geq 10$, розподіл Пуассона наближається до нормального закону, тому якщо переважають відмови, спричинені зношуванням, слід користуватися функцією помилок Гауса. Це стосується тих випадків, коли поява того чи іншого значення випадкової величини залежить від великої кількості випадкових подій, кожна з яких на цю величину робить малий вплив, причому жодний з них не переважає, тобто ймовірність підпадає під закон нормального розподілу. Закон Пуассона широко використовують на практиці, застосовують у різних областях техніки і природних процесів, а також до подій (аварій), розосереджених на площях. У цьому випадку параметр λ має сенс середньої щільності, віднесеної не до тимчасового інтервалу, а до деякої площі.

4.2. Оцінка соціального ризику

Небезпека як правило впливає більше ніж на одну особу. Сума індивідуальних ризиків, які потенційно діють на людей утворює їхній соціальний ризик R_s . Соціальний ризик R_s від специфічного виду небезпеки (як наприклад, ризик повені в окремому регіоні) дорівнює сумі очікуваних наслідків від усіх можливих сценаріїв даної небезпеки за рік, і характеризує масштаб та ймовірність (частоту) виникнення небезпек (аварій). Він визначається функцією розподілу втрат (збитку), у якої є стала назва – F/N -крива (у закордонних роботах – крива Фармера). У загальному випадку залежно від завдань аналізу під N можна розуміти й загальну кількість потерпілих, і число смертельно травмованих або інший показник вагомості наслідків. Відповідно критерій прийнятного ризику буде визначатися вже не числом для окремої події, а кривою, побудованою для різних сценаріїв аварії з урахуванням їхньої ймовірності. На сьогодні загальнопоширеним підходом для визначення прийнятності ризику є використання двох кривих. Наприклад, у логарифмічних координатах визначені F/N – криві прийнятного й неприйнятного ризику смертельного травмування. Область між цими кривими визначає проміжний ступінь ризику, питання про зниження якого слід вирішувати, виходячи зі специфіки виробництва й регіональних умов.

Соціальний ризик визначається кількістю втрат, що як правило рахується статистично як функція наслідків. В дійсності, рідкісні події

з важкими наслідками більш прийнятні суспільством, ніж часті події з невеликими фатальними наслідками (наприклад, 1 небезпека з 100 фатальними наслідками не є рівною за прийнятністю 100 небезпечним по-діям з 1 фатальним наслідком). Прийнятність людьми рідкісних подій з важкими наслідками є оберненою функцією до очікуваних втрат. Використання певного виду функції вагомості є частиною аналізу при прийнятті рішення.

Соціальний ризик характеризує можливі аварії на промислових, енергетичних, воєнних та інших об'єктах, які спричиняють тяжкі наслідки і, насамперед, загибель людей.

Розроблено пакет програм, що дозволяють робити зонування АТО за ступенем ризику ураження людей при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах (ХНО), як на топографічній, так і на комп'ютерних картах. Ці методи дозволяють визначити ймовірність ураження людей у заданій точці міста з урахуванням можливості ураження людей при аварії на будь-якому об'єкті. Для визначення математичного очікування втрат серед населення вся АТО або тільки та територія, що прилягає до об'єкта чи обмежена відстанню, у межах якої можливе ураження людей при аварії на даному об'єкті, розбивається на ряд ділянок. У центрі кожної ділянки визначається ймовірність ураження людей.

Математичне очікування втрат визначається за формулою:

$$M(N) = \sum_{i=1}^m P_i S_i \rho_i,$$

де m – число ділянок території міста; P_i – ймовірність ураження людей, що перебувають у центрі i -ї ділянки; S_i – площа i -ї ділянки; ρ_i – середня щільність розташування людей у межах i -ї ділянки.

Функцію $F(n)$ може бути визначено за допомогою функції розподілу величини втрат серед населення. Під функцією розподілу випадкової величини звичайно розуміють функцію, що визначає ймовірність (P) того, що випадкова величина – величина втрат серед населення – прийме значення менше заданого, тобто:

$$F(n) = P(N < n)$$

де N – випадкова величина втрат; n – поточна (задана) величина втрат.

Функція $F(n)$ визначає ймовірність $P(N < n)$, за умови, що аварія відбулася або ймовірність аварії дорівнює одиниці. При максимально мож-

ливому значенні n функція $F(n) = 1$. На відміну від функції $F(n)$ функція F_n визначає ймовірність $P(N < n)$ з урахуванням ймовірності аварії:

$$F_n = P_a \cdot F(n)$$

де P_a – ймовірність аварії.

При визначенні функції F_n для випадку, коли розглядається вся територія АТО та враховується можливість аварії на кожному об'єкті:

$$P_a = \frac{\sum_{i=1}^m P_{ai}}{m},$$

де P_{ai} – ймовірність аварії на i -му об'єкті; m – кількість хімічно небезпечних об'єктів у місті.

При визначенні F_n для i -го об'єкта приймається:

$$P_a = P_{ai},$$

$F_n = P_a$ при максимально можливому значенні n .

Для оцінки ризику (ймовірності) виникнення аварій, аналізу умов і оцінки ймовірності розвитку аварій та ймовірності їхніх наслідків спочатку визначається територіальний ризик за формулою:

$$R_{ijmf}^k = P_{Bij} \cdot P_{um} \cdot P_{af} \cdot P_{ck}, \quad (4.2)$$

де: P_{Bij} – ймовірність виникнення аварій на i -ому джерелі при реалізації j -тої ініціюючої події; P_{um} – умовна ймовірність одного з можливих наслідків аварій; P_{af} – умовна ймовірність реалізації одного з можливих видів аварій; P_{ck} – умовна ймовірність смертельного результату в k -ій точці простору.

Далі визначаються ймовірність виникнення аварій P_{Bij} та ймовірність реалізації одного з можливих видів аварій P_{af} (будується "дерево відмов").

Формула для розрахунку визначена виходячи з Пуасонівської (рекурентної) залежності низки випадкових подій:

$$P_{Bij} = P_1 = 1 - e^{-\lambda \mathfrak{Z}},$$

де: λ – інтенсивність відмов (потік випадкових подій), 1/год; $\mathfrak{Z}$ – загальний термін експлуатації функціонування об'єкта, устаткування, год.

Величину індивідуального ризику від k -ї події (R_i^k) розраховують за наступною залежністю:

$$R_i^k = R_{t\ \Sigma}^k \cdot P_n^k, \quad (4.3)$$

де: P_n^k – імовірність появи людини в k -й точці простору; $R_{t\ \Sigma}^k$ – сумарний територіальний ризик.

Ймовірність появи людини в k -й точці простору $P_n^k(x, y)$ визначається за формулою:

$$P_n^k(x, y) = \frac{1}{2\pi\delta_k^2} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{(x-x_k)^2}{\delta_k^2} + \frac{(y-y_k)^2}{\delta_k^2}\right]},$$

де: x_k, y_k – координати (точки) знаходження співробітників або знаходження робочих місць, (м); x, y – точки (координати) ймовірного ураження людей при аварії (тобто координати джерела небезпеки), (м); δ – параметр нормального розподілу подій аварій, $\delta = 85$.

Соціальний ризик загибелі більше 10-ти людей за межами ПНО визначається за формулою:

$$R_s = P_{Bij} \cdot P_n^k \cdot P_{\text{пор.}} \cdot P_{ck(10)},$$

де: P_n^k – імовірність присутності людей у радіусі дії факторів аварії; $P_{\text{пор.}}$ – імовірність ураження людей небезпечними факторами аварії; $P_{ck(10)}$ – імовірність загибелі 10-ти й більше людей в результаті впливу небезпечного фактора аварії.

$$P_{\text{пор.}} = 0,001, \text{ якщо } \Delta\phi < \phi^q \text{ та дорівнює } 1, \text{ якщо } \Delta\phi \geq \phi^q,$$

де: $\Delta\phi$ – величина небезпечного фактора (кПа, кВт/м², мг/м³ і т. д.); ϕ^q – допустима величина небезпечного фактора (кПа, кВт/м², мг/м³ і т. д.).

$$P_{ck(10)} = 0, \text{ якщо } \Delta\phi < \phi^q \text{ та дорівнює } 0,001, \text{ якщо } \Delta\phi \geq \phi^q \text{ та } N < 10$$

або $M-1/M$,

де: N – кількість працюючих (що знаходяться) у зоні ураження людей, чол.; M – максимально можлива кількість загиблих у результаті небезпечних факторів аварії, чол.; звичайно приймається: на виробничих об'єктах при 8-и годинному робочому дні (незалежно від об'єму роботи) – 0,3 від штатної чисельності; у житловому секторі від середньої щільності населеного пункту – 0,45 (не залежно від часу доби); інші категорії – 0,1.

Соціальний ризик, обумовлений дією на людей шкідливих речовин, що знаходяться в повітрі, воді або їжі, визначають іншим способом. Для оцінки впливу токсиканта, котрий присутній у навколишньому середовищі, введено поняття "ризiku від дози i токсиканта j ", який позначається через $[Pe(D)]_{ij}$. Фактично величина $[Pe(D)]_{ij}$ є імовірністю, вона залежить від фактора ризику даного токсиканта F_r і його дози D . Доза вимірюється в мг, а фактор ризику має розмірність (мг^{-1}) й являє собою рівень ризику, що приходить на одиницю дози. Величина фактора ризику встановлюється в результаті спеціальних досліджень. Якщо зв'язок між дозою і рівнем ризику лінійний, а вплив токсиканта не має поріг, то величина $[Pe(D)]_{ij}$ визначається за формулою:

$$[Pe(D)]_{ij} = (F_r \cdot D)_{ij} = (F_r \cdot c \cdot v \cdot t)_{ij}$$

де c – концентрація токсиканта, мг/л; v – щоденне надходження його до організму, мг; t – час впливу токсиканта, год.; F_r – фактор ризику, мг^{-1} .

Кількість важких наслідків (наприклад, ракових захворювань) дії токсикантів на людей визначається залежністю

$$q_e = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k [Pe(D)]_{ij} \cdot N_{ij}$$

де N_{ij} – кількість людей, що піддаються дії токсикантів, чол.; k – кількість токсикантів; n – кількість рівнів доз кожного токсиканта. Символ "e" показує, що йдеться про додаткові (*excess*) випадки захворювання, котрі викликані розглянутими токсикантами. Формулу можна застосовувати для експресних кількісних оцінок соціального ризику.

4.3. Визначення імовірності ураження людей іншими способами

Один і той же фактор впливу (надмірний тиск, кількість теплоти, кількість токсиканта, доза радіації, тощо) може викликати наслідки різної вагомості в різних людей, тобто ефект поразки носить імовірнісний характер. Величина ймовірності ураження (ефект поразки) $P_{\text{пор}}$ (вимірюється в частках одиниці або відсотках) відбивається, як правило, функцією Гауса (функцією помилок), яка записується у вигляді:

$$P_{\text{пор}} = f(Pr) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Pr} \exp(-t^2 / 2) dt. \quad (4.4)$$

Для зручності подання в табличній формі рішення рівняння (4.4) часто використовують трохи іншу форму цього рівняння:

$$P_{пор} = f(Pr) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Pr-5} \exp(-t^2/2) dt. \quad (4.5)$$

Верхньою межею інтеграла є так звана пробіт-функція P_r , що відбиває зв'язок між імовірністю ураження $P_{пор}$ і дозою негативного впливу D :

$$P_r = a + b \ln D,$$

де a і b – константи для кожної речовини або процесу, що характеризують специфіку й міру небезпеки його впливу.

Залежність ступеня ураження ($P_{пор}$) від пробіт-функції (P_r), яка розрахована за формулою (4.5) наведено в таблиці 5 додатку 1.

Формулу (4.4) також можна подати у вигляді:

$$P_{пор} = 0,5\Phi(x) + 0,5,$$

$$\text{де } \Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \left(x - \frac{x^3}{3} + \frac{1}{2!} \cdot \frac{x^5}{5} - \frac{1}{3!} \cdot \frac{x^7}{7} + \dots \right)$$

$$x = Pr / \sqrt{2}.$$

Нижче наводяться формули пробіт-функцій для деяких випадків впливу вражаючих факторів на людину, споруди, будинки.

Баричний вплив.

Розрив барабаних перетинок	$Pr = -7,6 + 1,524 \ln \Delta P_\phi$ (у деяких джерелах $-12,6 + 1,524 \ln \Delta P_\phi$)
Контузія	$Pr = -5,74 \ln \{ 4,2 / (1 + \Delta P_\phi / P_0) + 1,3 / [\Gamma^+ / (P_{1/2} m^{1/3})] \}$
Викидання людей	$Pr = 5-2,44 \ln (7,38 \cdot 10^{+3} / \Delta P_\phi + 1,3 \cdot 10^9 / (\Delta P_\phi \cdot \Gamma^+))$
Тривала втрата	$Pr = 5-5,74 \ln (4,2 / \bar{p} + 1,3 / i)$
керованості («нокдаун»)	$\bar{p} = 1 + \Delta P_\phi / P_0, \quad \bar{i} = 1 / (P_0^{1/2} m^{1/3})$
Летальний результат	$Pr = -2,44 \ln [7380 / \Delta P_\phi + 1,38 \cdot 10^9 / (\Delta P_\phi \Gamma^+)]$

Ушкодження стін промислових будинків

$$Pr = 5 - 0,26 \ln \left[\left(\frac{17500}{\Delta P_{\phi}} \right)^{8,4} + \left(\frac{290}{I^+} \right)^{9,3} \right]$$

Слабке руйнування промислових будинків

$$Pr = -0,26 \ln [(4,6/\Delta P_{\phi})^{3,9} + (0,11/I^+)^{5,0}]$$

Середнє руйнування промислових будинків

$$Pr = -0,26 \ln [(17,5/\Delta P_{\phi})^{8,4} + (0,29/I^+)^{9,3}]$$

Сильне руйнування промислових будинків

$$Pr = -0,22 \ln [(40/\Delta P_{\phi})^{7,4} + (0,46/I^+)^{11,3}]$$

де ΔP_{ϕ} – надмірний тиск, кПа; P_0 – атмосферний тиск, Па; I^+ – імпульс фази стиснення кПа·с; m – маса газу (суміші), кг.

Імпульс фази стиснення дорівнює:

$$I^+ = \frac{0,01323k(k+1)P_0R}{\alpha},$$

де $k = 1,4$ – показник адиабати для повітря; α – швидкість звуку в повітрі, м/с.

$$\alpha = \begin{cases} 0,3546(k-1)^{-1,1768-0,139451 \lg(k-1)}, & \text{при } 0 < R^* \leq 2; \\ 1,238k^{-2,1448+0,23251 \lg k}, & \text{при } R^* > 2, \end{cases}$$

R^* – приведена відстань, $R^* = R(P_0/m)^{\frac{1}{3}}$, R – від-стань від центру вибуху.

Термічний вплив.

Опік I ступеня $Pr = -34,8 + 3,02 \ln(q^{4/3}t)$

Опік II ступеня $Pr = -38,1 + 3,02 \ln(q^{4/3}t)$

Смертельна поразка $Pr = -31,4 + 2,56 \ln(q^{4/3}t)$

де t – ефективний час експозиції, с; q – інтенсивність теплового випромінювання, кВт·м⁻².

Токсичний вплив.

У загальному випадку гострого токсичного впливу на людину ефект ураження $P_{ур}$ подають у вигляді формули (4.4). У випадку перебування людини в атмосфері з постійною концентрацією токсиканту (НХР) значення пробіт-функції можна визначити за співвідношенням:

$$Pr = a + b \ln(c^n t),$$

де c – концентрація токсиканту, ppm ; t – тривалість експозиції, хв.; значення коефіцієнтів a , b , n – знаходяться за таблицею 6 додатку 1.

Концентрація токсиканту " c " (ppm) (*part per million by volume*) пов'язана з концентрацією " c " (мг/л) наступним співвідношенням:

$$c_{ppm} = 10^{-3} c(273,15 + T)/(12,187M),$$

де T – температура суміші, °C; M – молярна маса токсиканту, г/моль.

Корисним також є співвідношення 1 % об. = 10 000 ppm .

Наведені в табл. 6 додатку 1 величини коефіцієнтів є усередненими, оскільки результати токсикологічного впливу істотно залежать від поточного стану людини, її віку, фізичних даних тощо. Наприклад, при оцінці масштабів ураження хлором коефіцієнти, наведені в табл. 6 додатку 1 коректні для дорослих і підлітків, а для дітей та людей похилого віку пробіт-функція має вигляд:

$$Pr = -6,61 + 0,921 \ln(c_{ppm}^2 t).$$

Вплив небезпечних речовин і матеріалів на людину оцінюється за безпороговим принципом поза залежністю від оцінюваного ефекту та типу впливу. При цьому норматив (ГДК та ін.) розглядається як певний компроміс, пов'язаний із прийнятим ризиком, коли для більшості людей відсутня видима або прихована небезпека для здоров'я.

Пропонується визначати ризик негайного впливу, що оцінюється за моделями з використанням максимальних разових концентрацій. При цьому як ефект оцінюється не тільки (і не стільки) ризик появи захворювань, але ймовірність рефлекторних реакцій (відчуття роздратування, неприємного запаху й т.д.) або ефекту психологічного дискомфорту, що також розцінюється як факт порушення здоров'я. При цьому в дослідженнях використовується, як правило, безпорогова модель інтенсивності наростання тих або інших ефектів при збільшенні рівня впливу, а норматив визначається як імовірна величина.

Так, при нормуванні допустимого вмісту матеріалів і речовин, яким притаманні рефлекторні ефекти, для атмосферного повітря обґрунтовується ГДК_{м.р}, що служить для попередження розвитку негайних токсичних ефектів і визначається як:

$$\text{ГДК}_{\text{м.р}} = EC_{16}/K_3,$$

де EC_{16} – концентрація, прийнята за граничну при однократному впливі й сильному токсичному ефекті з імовірністю 16%; K_3 – коефіцієнт запасу.

Для математичного опису залежності "концентрація – ефект" може бути застосовна модель індивідуальних порогів:

$$R = H(C - C_m),$$

де H – функція Хевисайда, $H(x) = 0$ при $x < 0$ і $H(x) = 1$ при $x > 0$; C_m – гранична концентрація, C – концентрація в точці розрахунків.

Для прогнозування ризику виникнення рефлекторних ефектів при забрудненні, наприклад, атмосферного повітря, застосовують наступні формули пробіт-функцій:

$$1 \text{ клас} - P = -9,15 + 11,66 \cdot \lg(C / ГДК_{м.р})$$

$$2 \text{ клас} - P = -5,51 + 7,49 \cdot \lg(C / ГДК_{м.р})$$

$$3 \text{ клас} - P = -2,35 + 3,73 \cdot \lg(C / ГДК_{м.р})$$

$$4 \text{ клас} - P = -1,41 + 2,33 \cdot \lg(C / ГДК_{м.р})$$

Існує можливість оцінити ураження людей, будівельних конструкцій, технологічного встаткування іншими способами, наприклад, за допомогою таблиць і простих формул. Як приклад розглянемо оцінку ймовірності втрат населення при землетрусах й ураганах.

Землетрус

Всі будівлі й споруди поділяють на 3 групи, кожній з яких властива певна сейсмостійкість (табл. 7 додатку 1).

Імовірність одержання будинками ушкодження i -ступеня подана в табл. 8 додатку 1.

Люди, що перебувають під час землетрусу в середині будинків, травмуються переважно уламками будівельних конструкцій. Імовірність загальних і безповоротних (летальних) втрат залежно від ступеня ушкодження будинків представлена в табл. 9 додатку 1.

Оскільки ймовірність різного ступеня ушкодження будинків (табл. 8 додатку 1) і ймовірність втрат населення (табл. 9 додатку 1) є величинами випадковими, то їх слід оцінювати за залежностями:

$$\text{- загальні втрати населення } P_{заг} = (0,05P_3 + 0,5P_4 + 0,95P_5);$$

$$\text{- незворотні втрати населення } P_{нез} = (0,01P_3 + 0,17P_4 + 0,65P_5);$$

$$\text{- санітарні втрати населення } P_{сан} = P_{заг}(1 - P_{нез}),$$

де індекси 1, 2, 3, 4, 5 відповідають ступеню ушкодження за табл. 8 додатку 1.

Величини $P_{заг}$, $P_{нез}$, $P_{сан}$ являють собою відносні втрати населення. Абсолютні втрати населення в спорудах при землетрусі, визначаються за наступною формулою:

$$N_{вт} = P_j N_j,$$

де індекс j визначає вид втрат (загальні, незворотні, санітарні). Під час землетрусу поряд з руйнуваннями будинків виходять із ладу системи життєзабезпечення населення (табл.10 додатку 1).

Ураган

Результатом впливу урагану на будинки й споруди є їхнє руйнування. Розрізняють 4 ступеня руйнування (слабке, середнє, сильне, повне), характеристики перших трьох наведені в табл. 11 додатку 1.

Залежно від ступеня руйнування будинків відповідно до табл. 12 додатку 1 визначаються втрати населення.

5. Ризики духовного життя суспільства як підґрунтя соціальних небезпек

З існуючої численної кількості видів ризиків, які сьогодні можуть призвести до соціальних надзвичайних ситуацій, в першу чергу слід відзначити певні явища культури та духовного життя суспільства, котрі становлять небезпеку. Розуміючи духовну загрозу як готовність (намір і можливість) одних верств суспільства заподіяти шкоду духовності інших з метою дестабілізації функціонування їхньої свідомості, світогляду, ментальних якостей, а також перешкоджання вирішенню протиріч, які між ними виникають, і отримання односторонніх переваг, можна стверджувати, що вона несе різноманітні біди як для окремої особи, так і для загалу в цілому, оскільки порушення духовного та емоційного станів людей є дуже небезпечним. Проблеми духовної культури соціуму належать до надто складних і важливих. Так, занепад власної української культури реально загрожує втратою істотних компонентів національної ідентичності та поглинанням української культури чи "загальноросійською", чи так званою глобальною культурою, асиміляцією українського культурно-інформаційного простору закордонним. Вплив західної масової культури, що руйнівню позначається на вихованні у громадян почуття патріотизму, насаджує натомість політичну інфантильність, індиферентність, посилює збайдужіння до долі нації та її держави. Для запобі-

гання цим загрозам мають бути опрацьовані відповідні пропозиції стосовно впливу на розвиток національної культури, аби не призвести до адміністративного "витискування" інших культур (включно з російськомовною), забезпечивши водночас, привабливість української культури для загалу населення. У складі таких пропозицій необхідна наявність вимог щодо посилення уваги до питань, пов'язаних з відродженням духовності, збереженням національного культурного надбання у навчальних закладах освіти.

Відомо що існують і комплексні види НС: соціально-економічні, природно-технологічні, військово-технічні й військово-технологічні, соціально-політичні й ін.

Слід активніше вводити в математичні прогностичні моделі аналізу НС показники соціального й духовно-морального факторів.

Математичну модель дослідження ризику в соціально-економічній системі (СЕС), яка введена в узагальнену математичну формулу (модель) забезпечення безпеки населення може бути записано так:

$$T = T(R_1, R_2, \dots, R_n; M(t)) = T_{max} - \Delta T(R_1, R_2, \dots, R_n; M(t)),$$

де $T_{max} = \text{const}$ – видова (біологічна) тривалість життя середньостатистичної людини (обумовлена біологічними характеристиками організму, тобто її надійністю, заданими при народженні); ΔT – скорочення її під впливом можливих несприятливих життєвих ситуацій у СЕС, тобто ризиків $R_i, i = 1 \dots n$; $M(t)$ – економічні ресурси СЕС.

При розгляді моделі видно, що в ній забезпечення безпеки населення в СЕС, що розвивається, зводиться до завдання оптимізації величини витрат $M(t)$ із загальних економічних ресурсів, але, при цьому, слід враховувати духовно-моральний фактор на особистісному й суспільному рівнях. Звідси висновок – завдання управління ризиком на основі оптимізації середньої тривалості майбутнього життя необхідно доповнювати вимогою про виконання певних обмежень, пропонованих до впливу на природне середовище, котрі забезпечують віддаленість стану екосистем та інших природних ресурсів від точки його врівноваженого стану.

6. Використання комп'ютерних програм

Для імовірнісного аналізу (оцінки) ризику виникнення небезпечних подій можливе використання відповідних комп'ютерних програм, наприклад, програми SAPHIRE.

Програма SAPHIRE дає можливість користувачеві створювати й аналізувати "дерева відмов" і "дерева подій" за допомогою персонального комп'ютера.

У результаті використання програми SAPHIRE можна визначити, охарактеризувати, кількісно розраховувати на основі ймовірності й оцінити реалізацію значного кола небезпек, наприклад:

- небезпека від іонізуючого випромінювання (при аварії на АЕС);
- теплову небезпеку (тепловий вплив при вибуху);
- хімічну небезпеку (при витіканні токсичних речовин) та ін.

Робота зі збору інформації та виявлення ризиків допомагає ідентифікувати більшість небезпек, але, як правило, через якийсь час виявляються нові. Це може бути пов'язане з накопиченням досвіду та статистичних даних, а також із реалізацією нових технологій і використанням перспективних матеріалів. Тому важливою складовою частиною організації такої діяльності є створення плану контролю та виявлення нових ризиків. Треба відзначити, що поставлена задача є досить трудомісткою й вимагає спеціальних знань. Оптимальним у такій ситуації є залучення для роботи незалежних фірм чи експертів в галузі оцінки ризиків і страхування.

7. Порядок розрахунку збитків за типами НС

Для розроблення питань, пов'язаних з оцінкою збитку від наслідків надзвичайних ситуацій, необхідно керуватися постановами Кабінету Міністрів України № 175 від 15.02.2002, № 368 від 24.03.2004., а також наявним в органах виконавчої влади досвідом оцінки збитку від наслідків заморозків, граду, пилових бур, гідродинамічних аварій тощо.

Розрахунок збитків за типами НС відбувається за "Методикою оцінки збитків від наслідків НС техногенного ті природного характеру" (Постанова КМУ № 862 (862-3003-п) від 04.06.2003). Збитки від наслідків НС поділяються на види залежно від завданої фактичної шкоди. Загальний їх обсяг розраховується як сума основних локальних збитків.

Розрахунок збитків (З) при НС здійснюється за наступною загальною формулою:

$$З = Н_p + М_p + М_{п} + Р_{с/г} + М_{тв} + Р_{л/г} + Р_{рек} + Р_{пзф} + А_{ф} + В_{ф} + З_{ф},$$

де H_p – втрати життя та здоров'я населення; M_p – руйнування та по-

шкодження основних фондів, знищення майна та продукції; M_{Π} – не вироблення продуктів внаслідок припинення виробництва; $P_{л/г}$ – втрати деревини та інших лісових ресурсів; $P_{р/г}$ – втрати рибного господарства; $P_{с/г}$ – вилучення або порушення сільськогосподарських угідь; $M_{тв}$ – втрати тваринництва; $P_{л/г}$ – втрати деревини та інших лісових ресурсів; $P_{рек}$ – знищення або погіршення якості рекреаційних зон; $P_{пзф}$ – збитки, заподіяні природно-заповідному фонду; A_{ϕ} – забруднення атмосферного повітря; B_{ϕ} – забруднення поверхневих і підземних вод та джерел, внутрішніх морських вод і територіального моря; Z_{ϕ} – забруднення земель несільськогосподарського призначення.

Основні типи НС визначені постановою Кабінету Міністрів України від 15 липня 1998 р. № 1099 "Про порядок класифікації надзвичайних ситуацій". Для кожного типу НС згідно з класифікатором встановлюється перелік основних характерних збитків щодо кожного рівня НС залежно від масштабів шкідливого впливу. Ці види за типами та масштабами НС наведені у табл. 13 додатку 1 (де прямим шрифтом виділено збитки, які необхідно обов'язково розраховувати, курсивом – збитки, що мають місце у деяких окремих випадках).

Таблиця 1. Форми робочого листа для проведення АВНВ та АВНКВ

А. Форма робочого листа для проведення АВНВ

Код елемента (функції)	Найменування елемента функції	Вид (опис) відмов	Можливі причини відмов	Наслідки відмов			Способи та засоби виявлення і локалізації відмов	Рекомендації щодо попередження (зниження) наслідків відмов	Категорія вагомості наслідків відмов
				на розглянутому рівні	на вищому рівні	на рівні виробу			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Б. Форма робочого листа для проведення АВНКВ

Код елемента (функції)	Найменування елемента функції	Вид (опис) відмов	Можливі причини відмов	Наслідки відмов			Способи і засоби виявлення відмов	Рекомендації щодо попередження вагомості наслідків відмов	Імовірність відмов	Критичність відмов
				на розглянутому рівні	на вищому рівні	на рівні виробу				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

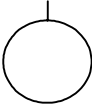
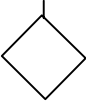
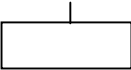
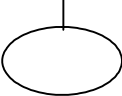
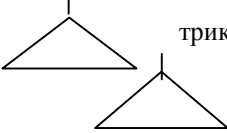
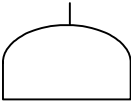
Таблиця 2. Приклад матриці "імовірність відмов – вагомості наслідків" для ранжування відмов при АВНВ

Очікувана частота виникнення	Вагомість наслідків			
	Катастрофічна відмова (категорія IV)	Критична відмова (категорія III)	Некритична відмова (категорія II)	Відмова із знехтувано малими наслідками (категорія I)
Часта відмова	A	A	A	C
Ймовірна відмова	A	A	B	C
Можлива відмова	A	B	B	D
Рідкісна відмова	A	B	C	D
Практично неймовірна відмова	B	C	C	D

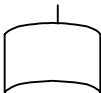
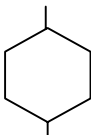
Таблиця 3. Приклад шкали для визначення категорії вагомості наслідків відмов

Категорія вагомості наслідків відмов	Характеристика вагомості наслідків відмов
IV	Відмова, яка швидко і з високою імовірністю може спричинити за собою значний збиток для самого об'єкта і/або навколишнього середовища, загибель або важкі травми людей, зрив виконання поставленої задачі.
III	Відмова, яка швидко і з високою імовірністю може спричинити за собою значний збиток для самого об'єкта і/або для навколишнього середовища, зрив виконання задачі, але створює знехтувано малу загрозу життю та здоров'ю людей.
II	Відмова, яка може спричинити затримку виконання задачі, зниженої готовності й ефективності об'єкта, але не представляє небезпеки для навколишнього середовища, самого об'єкта і здоров'я людей.
I	Відмова, яка може спричинити зниження якості функціонування об'єкта, але не представляє небезпеки для навколишнього середовища, самого об'єкта та здоров'я людей.

Таблиця 4. Символи, що використовуються при побудові "дерева відмов"

Рядок	Символ події	Зміст події
1	 коло	Вихідна подія забезпечена достатніми даними
2	 ромб	Подія розроблена, недостатньо детально
3	 прямокутник	Подія, яка вводиться логічним елементом
4	 овал	Умовна подія, використовується з логічним знаком «заборона»
5	 будиночок	Подія, яка може відбутися або не відбутися
6	 трикутники	Символ переходу
7	 знак «D»	Вихідна подія відбувається, якщо всі вхідні події трапляються одночасно

Продовж. табл. 4

Рядок	Символ події	Зміст події
8	 знак «АБО»	Вихідна подія відбувається, якщо трапляється кожна з вхідних подій
9	 знак «Заборона»	Наявність входу викликає появу виходу, коли відбувається умовна подія

Таблиця 5. Залежність ступеня ураження (руйнування) $P_{ур}, \%$, від пробіт-функції

$P_{ур}, \%$	пробіт - функція									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	2,67	2,95	3,12	3,25	3,38	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,014	4,054	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,82
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

Таблиця 6. Значення коефіцієнтів a , b і n для формули $P_r = a + b \ln(c^n t)$

Речовина	a	b	n
Акролеїн	-9,931	2,049	1,000
Акрилонітрил	-29,420	3,008	1,430
Аміак	-35,900	1,850	2,000
Бензол	-109,780	5,300	2,000
Бром	-9,040	0,920	2,000
Чадний газ	-37,980	3,700	1,000
Чотирьох хлористий вуглець	-6,290	0,408	2,500
Хлор	-8,290	0,920	2,000

Продовж. табл. 6

Речовина	a	b	n
Формальдегід	-12,240	1,300	2,000
Соляна кислота	-16,850	2,000	2,000
Цианістоводнева кислота	-29,420	3,008	1,430
Фтористоводнева кислота	-35,870	3,354	1,000
Сірководень	-31,420	3,008	1,430
Бромистий метил	-56,810	5,270	1,000
Метилізоціанат	-5,642	1,637	0,653
Діоксид азота	-13,790	1,400	2,000
Фосген	-19,270	3,686	1,000
Оксид пропилена	-7,415	0,509	2,000
Діоксид сірки	-15,670	2,100	1,000
Толуол	-6,794	0,408	2,500

Таблиця 7. Класифікація будівель та споруд за сейсмостійкістю

Група	Характеристика будівель	J_c бали
А	А ₁ Без каркасні будівлі з місцевого матеріалу без фундаменту	4
	А ₂ Будівлі з сирцю на фундаменті	4,5
Б	Б ₁ Будівлі з дерев'яним каркасом з легкими перекриттями	5
	Б ₂ Будівлі з паленої цегли або бетонних блоків	5,5
В	В ₁ Дерев'яні будівлі	6
	В ₂ Залізобетонні каркасні та крупно панельні будівлі	6,5

Таблиця 8. Імовірність отримання будівлями ушкоджень різного ступеню,

$P_{\text{ушк } i}$

Бали *	Ступінь ушкодження					
	0	1	2	3	4	5
0	0,9	0,1				
1	0,4	0,5	0,1			
2	0,1	0,3	0,5	0,1		
3	0,0	0,1	0,3	0,5	0,1	
4	0,0	0,0	0,1	0,3	0,5	0,1
5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,6
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,9

* Бали розраховуються як різниця між реальною інтенсивністю землетрусу $J_{\text{реал}}$ та сейсмостійкістю J_c .

Таблиця 9. Імовірність загальних ($P_{\text{заг}}$) та незворотних ($P_{\text{нез}}$) втрат

Втрати	Ступінь ураження будівель				
	1	2	3	4	5
$P_{\text{заг}}$	0,00	0,00	0,05	0,50	0,95
$P_{\text{нез}}$	0,00	0,00	0,01	0,17	0,65

Таблиця 10. Стійкість систем життєзабезпечення, %

Система	Ступінь ураження, бали				
	6	7	8	9	10
Водопостачання	80/90	53/80	48/53	36/48	24/36
Електропостачання	85/95	75/85	60/75	43/60	32/43
Газопостачання	90/95	85/90	77/85	62/77	50/62
Теплопостачання	85/90	77/85	50/77	28/50	15/28
Транспорт	90/95	85/90	68/85	55/68	20/55
Каналізація	100/100	90/100	82/90	55/68	45/60
Зв'язок	100/100	90/100	82/90	55/82	30/55

Таблиця 11. Характеристика ступенів руйнування будівель та споруд

Будівлі, споруди та обладнання	Ступінь руйнування		
	слабка	середня	сильна
Виробничі та адміністративні будівлі	Руйнування найменш міцних конструкцій будівель та споруд: заповнень дерев'яних і виконних прорізів; невеликі тріщини в стінах, відколювання штукатурки, падіння покрівельних черепиць, тріщини в димарях або падіння їхніх окремих частин	Руйнування перегородок, покрівлі, частини устаткування; більші й глибокі тріщини в стінах, падіння димарів, руйнування віконних і дверних заповнень, поява тріщин у стінах	Значні деформації несучих конструкцій; наскрізні тріщини й пролами в стінах, обвалення частин стін і перекриттів верхніх поверхів, деформація перекриттів нижніх поверхів

Продовж. табл. 11

Будівлі, споруди та обладнання	Ступінь руйнування		
	слабка	середня	сильна
Технологічне обладнання	Ушкодження й де- формація окремих деталей, електро- проводки, приладів автоматики	Ушкодження ше- стірень і переда- вальних механізмів, обрив маховиків і важелів керування, розрив приводних ременів	Зсув з фундаментів і деформація ста- нин, тріщини в де- талях, вигин валів і осей
Підйомно- транспортні механізми, кранове устаткування	Часткове руйнуван- ня й деформація обшиви, ушко- дження скла і приладів	Ушкодження зов- нішнього устатку- вання, розрив тру- бопроводів систем живлення, зма- щення, охолоджен- ня	Перекидання, зрив окремих частин, за- гальна деформація рами
Газгольдери, резервуари для нафто- продуктів і зріджених газів	Невеликі вм'ятини, деформація трубо- проводів, ушко- дження запірних арматур	Зсув на опорах, деформація оболо- нок, підвідних трубопроводів, уш- кодження запірних арматур	Зрив з опор, пере- кидання, руйнуван- ня оболонок, обрив трубопроводів і за- пірної арматури
Трубопроводи	Ушкодження сти- кових з'єднань, ча- сткове ушкодження контрольно-вимі- рювальних прила- дів (КВП)	Розриви стикових з'єднань, ушкоджен- ня КВП і запірної арматур, перелом труб на вводах в окремих місцях	Переломи труб на вводах. Розрив і деформація труб. Сильні ушкоджен- ня арматур

Таблиця 12. Імовірність втрат населення (частки) у зруйнованих будівлях при ураганах

Втрати	Ступінь руйнування будівель			
	слабка	середня	сильна	повна
Загальні	0,05	0,30	0,60	1,00
Незворотні	0,00	0,08	0,15	0,60
Санітарні	0,05	0,22	0,45	0,40

Таблиця 13. Основні види збитків, характерні для різних типів НС

Типи НС	Рівень НС							
	об'єктовий		місцевий		регіональний		державний	
Надзвичайні ситуації техногенного характеру								
Транспортні аварії	Н _р М _р М _п	А _ф В _ф З _ф	Н _р М _р М _п	А _ф В _ф З _ф	—	—	—	—
Пожежі та вибухи	Н _р М _р М _п	А _ф В _ф З _ф	Н _р М _р М _п Р _{р/г}	В _ф З _ф	Н _р М _р М _п Р _{р/г} Р _{рек} Р _{с/г} Р _{л/г} Р _{пзф}	В _ф З _ф	—	—
Аварії з викидом (загрозою викиду) СДОР, РР, БОР	Н _р М _р Р _{р/г} Р _{рек} Р _{с/г} Р _{л/г}	А _ф В _ф	Н _р М _р Р _{р/г} Р _{рек} Р _{с/г} Р _{л/г} Р _{пзф}	А _ф В _ф З _ф	Н _р М _р Р _{р/г} Р _{рек} Р _{с/г} Р _{л/г} Р _{пзф}	А _ф В _ф З _ф	Н _р М _р Р _{р/г} Р _{рек} Р _{с/г} Р _{л/г} Р _{пзф}	А _ф В _ф З _ф
Раптове руйнування споруд	М _р Н _р	—	М _р Н _р	—	—	—	—	—
Аварії електроенергетичних мереж	М _р Н _р	—	М _р Н _р	—	М _р Н _р	—	М _р Н _р	—
Аварії на комунальних мережах життєзабезпечення	М _р Н _р	В _ф З _ф	М _р Н _р	В _ф З _ф	Н _р М _р Р _{р/г} Р _{рек}	В _ф З _ф	Н _р М _р Р _{р/г} Р _{рек} Р _{с/г} Р _{л/г} Р _{пзф}	В _ф З _ф
Аварії на очисних спорудах	М _р Н _р	А _ф В _ф З _ф	М _р Н _р	А _ф В _ф З _ф	Н _р М _р Р _{р/г} Р _{рек} Р _{с/г} Р _{л/г} Р _{пзф}	А _ф В _ф З _ф	Н _р М _р Р _{р/г} Р _{рек} Р _{с/г} Р _{л/г} Р _{пзф}	А _ф В _ф З _ф
Гідродинамічні аварії	Н _р М _р Р _{р/г} Р _{рек} Р _{с/г} Р _{л/г} Р _{пзф}	В _ф	Н _р М _р Р _{р/г} Р _{рек} Р _{с/г} Р _{л/г} Р _{пзф}	В _ф З _ф	Н _р М _р Р _{р/г} Р _{рек} Р _{с/г} Р _{л/г} Р _{пзф}	В _ф З _ф	Н _р М _р Р _{р/г} Р _{рек} Р _{с/г} Р _{л/г} Р _{пзф}	В _ф З _ф

Продовж. табл. 13

Типи НС	Рівень НС							
	об'єктовий		місцевий		регіональний		державний	
Надзвичайні ситуації природного характеру								
Геологічні та геофізичні небезпечні явища	Н _р М _р	А _ф В _ф З _ф	Н _р М _р	А _ф В _ф З _ф	Н _р М _р Р _{р/г} Р _{рек} Р _{с/г} Р _{л/г} Р _{пзф}	А _ф В _ф З _ф	Н _р М _р Р _{р/г} Р _{рек} Р _{с/г} Р _{л/г} Р _{пзф}	А _ф В _ф З _ф
Метеорологічні та агрометеорологічні небезпечні явища	М _р Р _{р/г} Н _р	—	М _р Р _{р/г} Н _р	—	М _р Н _р Р _{с/г} Р _{л/г}	А _ф В _ф З _ф	М _р Р _{р/г} Н _р Р _{рек} Р _{с/г} Р _{л/г} Р _{пзф}	А _ф В _ф З _ф
Гідрологічні небезпечні явища	М _р Н _р Р _{с/г} Р _{л/г} Р _{р/г} Р _{рек}	В _ф	М _р Н _р Р _{с/г} Р _{р/г} Р _{л/г} Р _{рек}	В _ф	М _р Н _р Р _{с/г} Р _{р/г} Р _{л/г} Р _{рек}	В _ф	—	—
Пожежі лісові, степові, хлібних масивів корисних копалин	М _р Н _р Р _{с/г} Р _{л/г}	А _ф З _ф	М _р Н _р Р _{с/г} Р _{л/г} Р _{рек} Р _{пзф}	А _ф З _ф	М _р Н _р Р _{с/г} Р _{л/г} Р _{рек} Р _{пзф} Р _{р/г}	А _ф З _ф	М _р Н _р Р _{с/г} Р _{л/г} Р _{рек} Р _{пзф} Р _{р/г}	А _ф З _ф
Надзвичайні ситуації медичного та біологічного характеру								
Інфекційна захворюваність людей	Н _р	—	Н _р	—	Н _р М _р	—	Н _р М _р	—
Інфекційна захворюваність с/г тварин	М _р	—	М _р	—	М _р Н _р	—	М _р Н _р	—
Ураження с/г рослин захворюваннями та шкідниками	М _р	—	М _р	—	М _р Р _{с/г}	—	М _р Р _{с/г} Н _р	—

Продовж. табл. 13

[illegible]

Приклад оцінки ризику виникнення аварій

Для оцінки ризику (імовірності) виникнення аварії, аналізу умов і оцінки ймовірності її розвитку та ймовірних наслідків, у якості прикладу, розглянута можливість розгерметизації аміачно-холодильної установки (АХУ) й викиду аміаку в атмосферу на ХНО.

Для цього було визначено величину територіального ризику за формулою (4.2).

Визначення ймовірності виникнення аварій P_{Bij} і ймовірності реалізації одного з можливих їхніх видів P_{af} в аміачно-холодильній установці (побудова "дерева відмов").

Результати розрахунків наведено в табл. 1, 2 додатку 2, рис. 2.1, 2.2.

Таблиця 1. Розрахунки ймовірності вихідних первинних подій P_1 за умов інтенсивності відмов.

Найменування обладнання, що відмовило, приладів, тощо.	Інтенсивність відмов λ (1/год)	Час експлуатації обладнання (год)	Результат розрахунків (імовірність первинної події P_1)
Нерівномірне або неповне затягування болтів. Ослаблення кріплення	$1 \cdot 10^{-5}$	86400	0,575
Зношування кріпильних виробів фланцевих сполук	$1,7 \cdot 10^{-4}$	-«-	0,13
Ушкодження ущільнень	$3 \cdot 10^{-5}$	-«-	0,917
Зношування кріпильних виробів запірних арматур	$4 \cdot 10^{-3}$	-«-	0,966
Ушкодження чепцевих ущільнень	$1 \cdot 10^{-3}$	-«-	0,575
Ерозійно-корозійне зношування устаткування	$1,48 \cdot 10^{-10}$	-«-	0,001

Примітка: 1. Загальний час роботи устаткування, розраховано виходячи із цілодобової роботи протягом 6-ти місяців протягом 20-ти років.

Формула для розрахунку визначена виходячи з Пуассонівської (рекурентної) залежності потоку випадкових подій:

$P_1 = 1 - e^{-\lambda \mathfrak{Z}}$, де λ – інтенсивність відмов обладнання, 1/год; $\mathfrak{Z}$ – загальний час роботи устаткування, год.

2. Прийнято, що втрату герметичності в системі АХУ персонал, який її обслуговує, не попередив $P_4 = 1 \cdot 10^{-3}$.

3. Розрахунок імовірності подій, що розглядаються, здійснюється на

Таблиця 2. Розрахунки ймовірності вихідних первинних подій P_1 за умов інтенсивності відмов

Найменування обладнання, що відмовило, приладів, тощо	Інтенсивність відмов λ (1/год)	Час експлуатації устаткування (год)	Відповідь розрахунків (імовірність первинної події P_1)
Прилад № РКС- 1-0М- 5-02А	$1,9 \cdot 10^{-4}$	86400	0,146
Електродвигуни	$3 \cdot 10^{-6}$	-«-	0,227
Котушки пускача	$1,2 \cdot 10^{-6}$	-«-	0,135
Реле пускача	$1 \cdot 10^{-7}$	-«-	0,009
Коротке замикання кабелю	$3 \cdot 10^{-6}$	-«-	0,227
Обрив кабелю	$1 \cdot 10^{-6}$	-«-	0,0823
Обрив лінії сигналізації на щит керування	$1 \cdot 10^{-5}$	-«-	0,026

основі теорем множення й додавання ймовірностей залежно від сумісності або залежності однієї від іншої, збіг яких приводять до аварії (рис.2.1).

Розподіл (декомпозиція) подій при побудові «дерева відмов» (рис.2.1) відбувається зверху вниз (від головної події до базових подій). Декомпозиція подій здійснювалася з урахуванням наявної інформації про вімови обладнання, помилки персоналу, а також інформації про природні явища (землетрус, удари блискавкою тощо).

У процесі розвитку декомпозиції спочатку розглядався досить великий клас подій (перший рівень декомпозиції). В результаті було виявлено найбільш вірогідну. Потім ця подія першого рівня декомпозувалася на інші події, у результаті яких вона відбулася (другий рівень). Процес декомпозиції проводився до такого рівня, інформація про ймовірності настань подій якого відома.

Таким чином, множина факторів, розглянутих при проведенні ідентифікації безпеки при експлуатації АХУ, утворила множину подій (відмов) при побудові «дерева відмов».

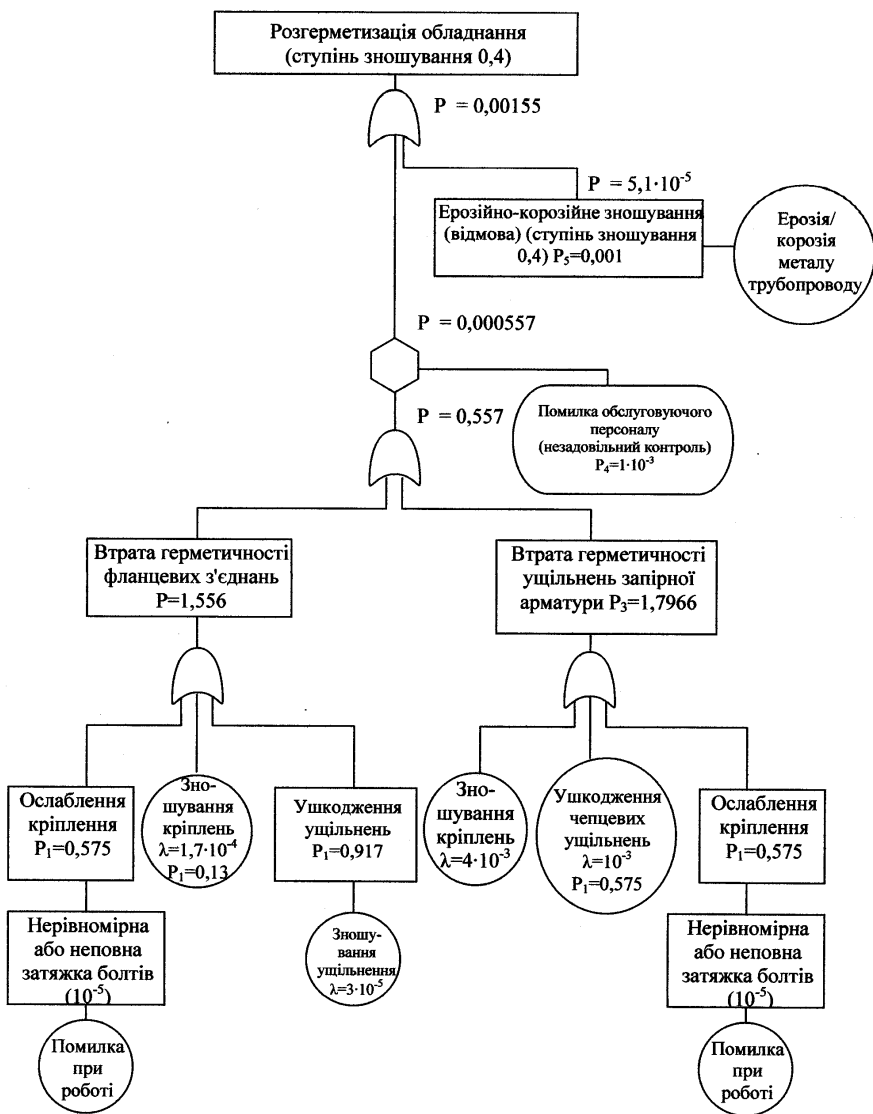


Рис. 2.1. "Дерево відмов" виникнення аварій АХУ, пов'язаних з розгерметизацією обладнання

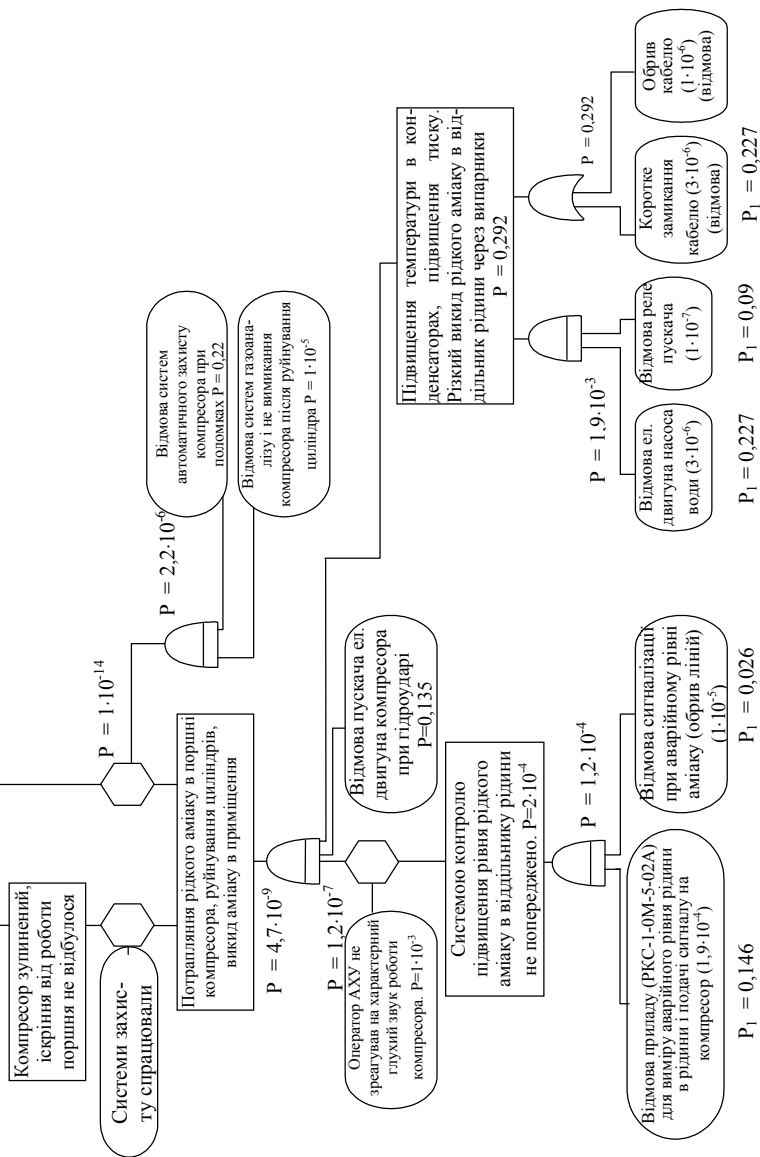


Рис. 2.2. "Дерево відмов" виникнення аварій АХУ, пов'язаних з гідро ударами в компресорі

Визначаються частоти відмов устаткування у зв'язку з ерозійно-корозійним зношуванням матеріалів устаткування АХУ.

У зв'язку з тим, що частота відмови устаткування (ємностей, трубопроводів, теплообмінників) є індивідуальною величиною для конкретних установок і залежить від умов й терміну експлуатації, тобто зношування: для визначення частоти відмов устаткування користуються розрахунковим графіком інтенсивності відмов (рис.2.3) та діаграмою залежності зношування від часу (рис.2.4).

Ступінь зношування (у частках одиниці) визначається через фактичне зношування стінок устаткування від первісної товщини, табл. 3 додатку 2.

$$\sigma = \frac{P \cdot d}{2\sigma_{\text{довід}}} + c,$$

де: σ – шукана фактична товщина стінок устаткування; P – внутрішній надмірний тиск, МПа; d – діаметр ємностей, трубопроводів, м; $\sigma_{\text{довід}}$ – допустиме напруження розтягнення для сталі – 300 МПа; c – величина корозії за рік, мм.

Для визначення величини корозії використовують діаграму залежності зношування нафтохімічного устаткування від часу експлуатації з урахуванням корозійної здатності аміаку (рис.2.4).

$$\sigma = \frac{1,5 \text{ МПа} * 1,7 \text{ м}}{600 \text{ МПа}} + 1,25 \text{ мм} = 1,254 \text{ мм для ємностей і 1,2 для тру-$$

бопроводів.

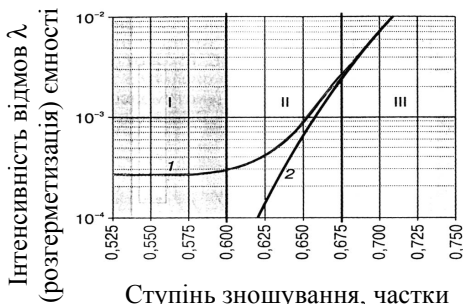


Рис. 2.3. Графік залежності λ від ступеня зношування

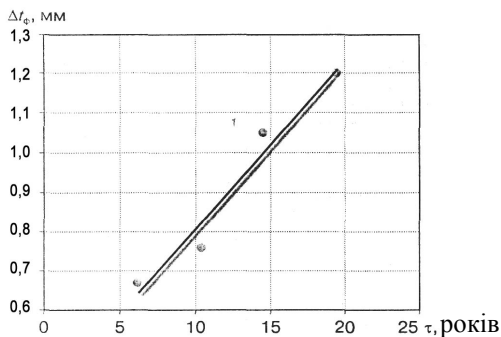


Рис. 2.4. Діаграма залежності зношування від часу експлуатації

Таблиця 3. Визначення величини зношування за проектною товщиною стінок устаткування в частках до одиниці

Найменування обладнання	Товщина стінки	Зношення	Частки одиниці
Трубопровід	76×4,5 мм	1,254 мм	0,73
Ємності: циркуляційний циліндр, віддільник рідини	13,5 мм	--/--	0,12
Трубопровід	57×3,5	--/--	0,65

Таким чином, інтенсивність відмов устаткування становить: для трубопроводів 76×4,5 – 10^{-6} 1/год; 57×3,5 – 10^{-6} , 1/год.; ємностей (циркуляційні, віддільники рідини) – 10^{-9} , 1/год;

Визначається ймовірність одного з можливих наслідків аварій в аміачно-холодильній установці.

Визначається величина індивідуального ризику за формулою (4.3).

$$R_i^k = R_{t\Sigma}^k \cdot P_n^k,$$

де: P_n^k – імовірність появи людини в k -й точці простору; $R_{t\Sigma}^k$ – сумарний територіальний ризик.

Імовірність появи людини в k -й крапці простору $P_n^k(x, y)$ визначається за формулою (табл. 4 додатку 2):

$$P_n^k(x, y) = \frac{1}{2\pi\delta_k^2} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{(x-x_k)^2}{\delta_k^2} + \frac{(y-y_k)^2}{\delta_k^2}\right]},$$

де: x_k, y_k – координати (точки) знаходження співробітників або робочих місць, (м); x, y – точки (координати) імовірного ураження людей при аварії (тобто координати джерела небезпеки) (м); δ – параметр нормального розподілу подій аварій ($\delta = 85$).

і величин індивідуального ризику

AXY															
$x-X$	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	170	185	357	649	714
$P_n^k(x,y)$	$4,3 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$7,2 \cdot 10^{-6}$	$4,9 \cdot 10^{-6}$	$3,3 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-9}$	$3,2 \cdot 10^{-10}$	$1,5 \cdot 10^{-11}$
R_i^k	Близько1	0,99	0,90	0,88	0,85	0,7	0,54	0,39	0,21	0,08	0,015	0,00071	0,00008	0,000005	0,0000002

летальних наслідків.

$$R_{H.\Pi.\Sigma} = P_{Bij} \cdot P_{um} \cdot P_{af} \cdot P_{n.n.},$$

де: P_{nn} – умовна ймовірність небажаних подій для об'єктів (рис.2.6).

Величина умовної ймовірності $P_{н.п.}$ небажаних подій для об'єктів визначається щодо впливу:

- ударної хвилі при вибуху на будинки й споруди ППС (ГПС) – за графіком залежності цих величин, рис. 2.5;



Рис. 2.5. Залежність $P_{н.п.}$ від величини імпульсу ударної хвилі

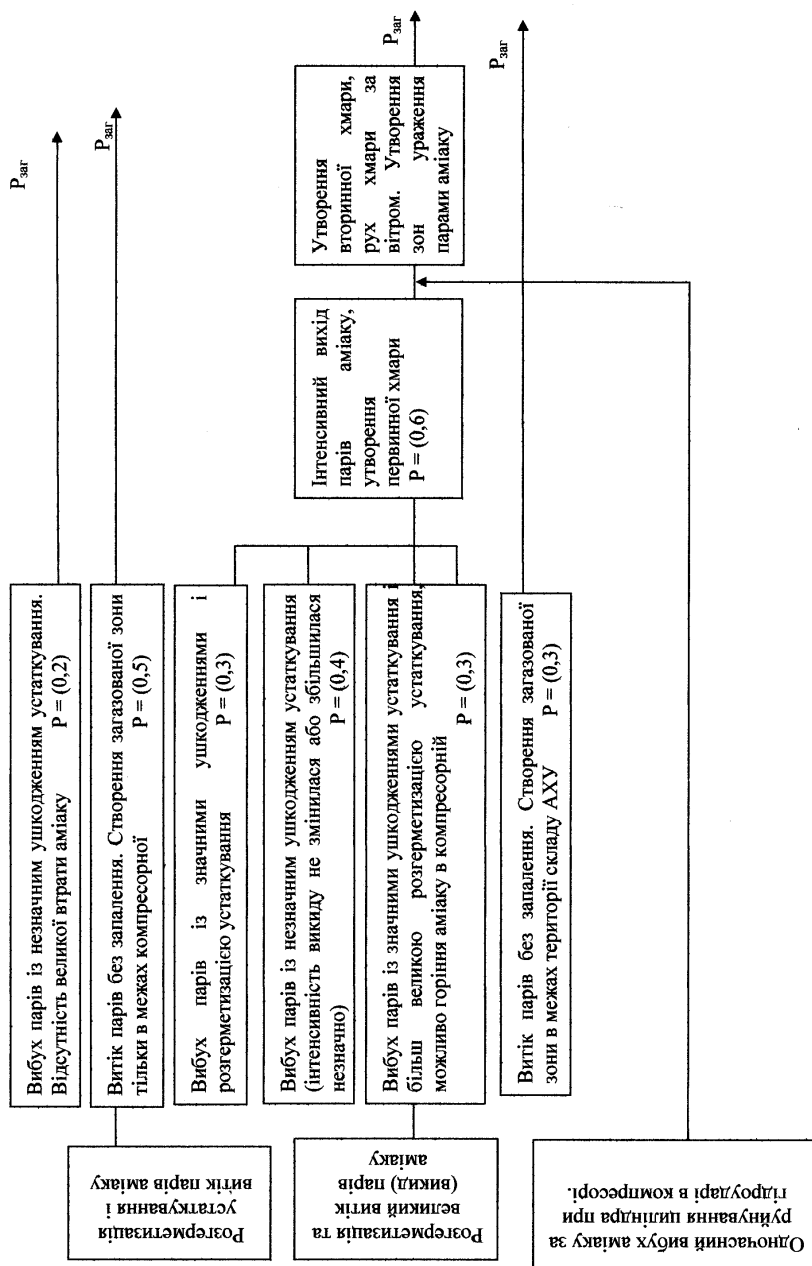


Рис. 2.5. "Дерево подій" розвитку аварій, пов'язаних з розгерметизацією устаткування й викидом аміаку з АХУ

- теплового випромінювання (впливу на людину при пожежах через probit-функцію $P_r = -14,9 + 2,56 \ln(t \cdot q^{1,33})$, де: t – ефективний час експозиції, с; q – інтенсивність теплового випромінювання, кВт/м².

Вплив шкідливих речовин на людину: 95%-а імовірності ЕС₉₅ токсичного впливу; 50%-а імовірності LC₅₀ з летальним наслідком. Через probit-функції:

1 клас шкідливих речовин $P_r = -9,15 + 11,66 \lg Z_i$; 2 клас шкідливих речовин $P_r = -5,51 + 7,49 \lg Z_i$; 3 клас шкідливих речовин $P_r = -2,35 + 3,73 \lg Z_i$; 4 клас шкідливих речовин $P_r = -1,41 + 2,33 \lg Z_i$, де Z_i – індекс забруднення атмосфери.

У відповідності до Держстандарту 12.1.004-91 (за ознакою граничних концентрацій для населених пунктів):

$$Z_i = \frac{C_i}{ГДК_{м.р}},$$

де: C_i – концентрація, що утворилася, в точці розрахунку, мг/м³; $ГДК_{м.р}$ – разова гранично допустима концентрація, мг/м³.

Величина соціального ризику загибелі більше 10-ти людей за межами об'єкту визначається:

$$R_s = P_{Bij} \cdot P_n^k \cdot P_{пор.} \cdot P_{ck(10)}$$

де: P_n^k – імовірність присутності людей в радіусі дії факторів аварії; $P_{пор.}$ – імовірність поразки людей небезпечними факторами аварії; $P_{ck(10)}$ – імовірність загибелі 10-ти й більше людей в результаті впливу небезпечного фактора аварії.

$$P_{пор.} = 0,001, \text{ якщо } \Delta\phi < \phi^q \text{ та дорівнює } 1, \text{ якщо } \Delta\phi \geq \phi^q,$$

де: $\Delta\phi$ – величина небезпечного фактора (кПа, кВт/м², мг/м³ і т. д.); ϕ^q – допустима величина небезпечного фактора (кПа, кВт/м², мг/м³ і т. д.).

$$P_{ck(10)} = 0, \text{ якщо } \Delta\phi < \phi^q \text{ та дорівнює } 0,001, \text{ якщо } \Delta\phi \geq \phi^q \text{ та } N < 10$$

або $M-1/M$,

де: N – кількість працюючих (що знаходяться) у зоні ураження людей, чол.; M – максимально можлива кількість загинув у результаті небезпечних факторів аварії, чол. звичайно приймається: на виробничих об'єктах при 8-и годинному робочому дні (незалежно від ємності) – 0,3 від штатної чисельності; у житловому секторі від середньої щільності

населеного місця – 0,45 (не залежно від часу доби); інші категорії - 0,1.

В зв'язку з тим, що ГДК_{м.р} (максимально-разова концентрація хімічних речовин у повітрі населених пунктів) нормативно не встановлена, користуються, застосовуваням у практиці, розрахунковим методом. Визначають тимчасово-допустиму концентрацію в атмосферному повітрі (ТДК_{а.п.}), яка заміняє в такому випадку відсутній показник:

ГДК_{м.р} – це така концентрація шкідливих речовин, що при вдиханні в потоці 30 хв. не повинна викликати рефлекторних реакцій в організмі людини.

$$\lg \text{ТДК}_{\text{а.п.}} = 0,62 \cdot \lg \text{ГДК}_{\text{м.р}} - 1,71.$$

Таблиця 5. Визначення ймовірностей небажаних наслідків і смертельних виходів

	Об'єкти аварії	Пояснення
	АХУ	
Імовірність аварії	$1,55 \cdot 10^{-3}$	--
Умовна ймовірність наслідків (варіант із найбільшою величиною)	0,8	--
Умовна ймовірність одного з видів аварій (варіант із найбільшою величиною)	0,4 (викид)	--
Умовна ймовірність летального виходу	0,95 $2,6 \cdot 10^{-6}$	до 35 м до 90 м
Умовна ймовірність небажаних наслідків (для об'єктів)	10^{-3}	--
Територіальний ризик	0,00045	--
Індивідуальний ризик	1 до 15 м $2 \cdot 10^{-6}$ до 700 м	--
Соціальний ризик	Від 0,85 до $3,9 \cdot 10^{-8}$	--
Ризик небажаних наслідків для об'єктів	менше $1,28 \cdot 10^{-7}$	--

Результати розрахунків, наведених у табл. 5. додат. 2 свідчать про необхідність запровадження відповідних заходів щодо зменшення імовірності виникнення аварій та їхніх небажаних наслідків, оскільки отримані величини ризику більше обмежених Держстандартами.

Перелік застосованих джерел

1. Безпека життєдіяльності (забезпечення соціальної, техногенної та природної безпеки): Навч. посіб./ *В.В. Бегун, І.М. Науменко* – К.: Освіта, 2004. – 328 с.
2. *Майстрюков Б.С.* Безопасность в чрезвычайных ситуациях: Учебник для студентов ВУЗов. – М.: Изд.центр "Академия", 2003. – 336 с.
3. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування об'єктів підвищеної небезпеки. Дернаглядохоронпраці. Київ. – 2002. – 123 с.
4. *Михайлюк В.О., Халмурадов Б.Д.* Цивільна безпека. Навчальний посібник. – Київ: 2008. – 152с.
5. *Михайлюк В.О.* Цивільний захист. Навчальний посібник. – Миколаїв: НУК, 2005, – Ч. 1. Соціальна , техногенна та природна базпека. – 136 с., Ч. 2. Надзвичайні ситуації. – 124с., Ч. 3 Цивільна оборона. – 147 с.
6. *Стоєцький В.Ф., Дранишников Л.В., Єсипенко А.Д., Жартовський В.М., Найверт О.В.* Управління техногенної безпекою об'єктів підвищеною безпекою об'єктів підвищеної небезпеки. –Тернопіль: Видавництво Астон, 2005. – 408с.
7. *Хенли Э.Дж., Куamoto Х.* Надежность технических систем и оценка риска / Пер. с англ. В.С. Сыромятникова, Г.С. Деминой; Под общ. ред. В.С. Сыромятникова. – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.

ЗМІСТ

Перелік використаних скорочень	3
Вступ	4
1. Основні вимоги та рекомендації до розробки розділу	5
1.1. Мета, етапи та організація розробки розділу з питань БЖД та ЦЗ у дипломному проекті (роботі)	5
1.2. Зміст, структура та об'єм розділу	6
2. Основні етапи аналізу ризику	8
3. Стисла характеристика якісних методів оцінки ризику	10
4. Кількісні показники ризику	17
4.1. Оцінка індивідуального ризику	19
4.2. Оцінка соціального ризику	22
4.3. Визначення імовірності ураження людей іншими способами	26
5. Ризики духовного життя суспільства як підґрунтя соціальних небезпек	31
6. Використання комп'ютерних програм	32
7. Порядок розрахунку збитків за типами НС	33
Перелік застосованих джерел	55