

УДК 331.45
№ держреєстрації
0121U110250
Інв. №

Міністерство освіти і науки України
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
(ТДАТУ)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи
д.т.н., професор
_____ Анатолій ПАНЧЕНКО

ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

Програма 5

**ДОСЛІДЖЕННЯ РИЗИКІВ З ПИТАНЬ ЦИВІЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ,
РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ПО ЇХ ЗНИЖЕННЮ
В ЗАПОРІЗЬКІЙ ОБЛАСТІ**
(заключний)

Директор НДІ АТЕ
д.т.н., професор



Олеся ПРИСС

Керівник НДР
к.с.г.н., доцент



Олег ЯЦУХ

2025

Рукопис закінчено 09 грудня 2025 р.
Результати цієї роботи розглянуто Науково-технічною радою
науково-дослідного інституту «Агротехнологій та екології»
Протокол №2 від 15 грудня 2025 р.

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник проекту і відповідальний
виконавець – завідувач лабораторії,
доцент, кандидат
сільськогосподарських наук



О.В. Яцух
(реферат, вступ, висновки
та пропозиції, література,
участь у 3.3, 3.4)

Доцент,
кандидат технічних наук

М.В. Зоря
(участь у 2.1, 2.2, 3.1)

Професор,
кандидат технічних наук

Ю.П. Рогач
(участь у 2.3, 2.4, 3.2)

Асистент

Г.О. Падалка
(участь у 1.1, 1.2)

Асистент

Н.О. Шац
(участь у 1.3)

Асистент

П.О. Беляк
(участь у 2.2)

Асистент

К.О. Ганчук
(участь у 1.2)

Магістр

С.С. Батиль
(список літератури)

Магістр

Є.М. Венедиктов
(список літератури)

Магістр

В.Є. Старостюк
(список літератури)

Магістр

М.Ю. Цвентух
(список літератури)

Магістр

О.В. Яшин
(список літератури)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 89 сторінок, 17 рисунків, 9 таблиць, 56 джерел використаної літератури.

Об'єкти досліджень: ризики промислових об'єктів і територій, що виникають в процесі господарської діяльності.

Мета дослідження полягає у висвітленні теоретичних підходів до аналізу і оцінки механізму управління ризиками промислових об'єктів і територій та визначення основних шляхів його оптимізації.

Методи досліджень: В процесі дослідження було застосовано наступні методи: теорії нечітких множин та нечіткої логіки, аналіз і синтез, порівняння, структурно-логічний метод, статистичний, метод моделювання, графічний, розрахунково-аналітичний.

Зокрема, метод спостереження використаний при дослідженні практичної діяльності промислових об'єктів, а саме вивчення системи управління ризиками в досліджуваних підприємствах. Метод аналізу і синтезу використовувався для вивчення методів та інструментів управління ризиками організації. Метод порівняння був застосований при дослідженні теоретичних основ поняття «механізм управління ризиками». Використання графічного методу було доцільне при побудові різноманітних схем з методології механізму управління ризиками.

В результаті проведених досліджень: Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що запропоновані в роботі методики оцінювання безпеки об'єкта на основі методів теорії нечітких множин і нечіткої логіки має прикладний характер та можна використати як основу для алгоритму побудови моделі комплексного оцінювання безпеки промислових об'єктів.

Ключові слова: РИЗИК, ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА, ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА, РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД.

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ	7
1.1. Запровадження ризик-орієнтованого підходу для потенційно- небезпечних об'єктів	7
1.2. Забезпечення цивільної безпеки в об'єднаних територіальних громадах	14
1.3. Міжнародні підходи до управління цивільною безпекою на виробництві	22
Висновки по розділу 1	24
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ РИЗИКІВ З ПИТАНЬ ЦИВІЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ	25
2.1. Методичні підходи до управління ризиками підприємства	25
2.2. Характеристика методів аналізу ризику небезпечних промислових об'єктів	45
2.3. Оцінка ризику втрати та ушкодження господарських об'єктів в регіонах України	51
2.4. Методи визначення ризику техногенної безпеки	54
Висновки по розділу 2	56
РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ТА ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНОГЕННОГО РИЗИКУ	57
3.1. Загальна структура аналізу техногенного ризику	57
3.2. Дослідження показників надійності, безпеки та ризику	58
3.3. Удосконалення методики оцінювання безпеки об'єкта на основі методів теорії нечітких множин та нечіткої логіки	65
3.4. Алгоритми побудови моделі комплексного оцінювання безпеки об'єкта	70
Висновки по розділу 3	79
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	82

ВСТУП

Практика свідчить, що питання управління ризиками і безпекою мають стихійний характер. Саме ця обставина пояснює невиконання законодавчих та нормативних актів, значення яких для безпеки держави переоцінити неможливо. Ідентифікація потенційно небезпечних об'єктів здійснюється без розрахунку ризиків, тобто за інтуїтивним принципом. Саме тому потрібно активізувати процес переходу цивільного захисту на аналіз систем і управління ризиками.

Для оцінки виробничих ризиків на робочих місцях та подальшого планування заходів зі зниження ризиків мають використовуватись результати аналізу вказаних показників. Незважаючи на врахування показників виробничого ризику в традиційних методах планування, їх результативність залишається незадовільною. Це, в свою чергу, зумовлює необхідність запровадження ризик-орієнтованого підходу [1-3].

Незважаючи на велику увагу, що приділяється останнім часом розробленню новітніх методів оцінки виробничих ризиків, слід відзначити недостатню ефективність їх практичного застосування [4-6]. Однією з причин такого становища можна вважати недосконалість спеціалізованих інформаційно-аналітичних та відсутність постійно оновлюваних баз даних про фактори, на основі яких розраховуються показники виробничого ризику.

Актуальність дослідження обґрунтовується сучасними тенденціями розвитку суспільних відносин, заснованих на розумінні масштабів та соціально-економічних наслідків великих промислових аварій та катастроф, переходом до розробки, проектування, створення і експлуатації виробничих об'єктів на нових критеріях і методах аналізу небезпек і ризику.

Застосування методів аналізу ризику в практиці забезпечення техногенної безпеки, в тому числі при декларуванні безпеки і страхування відповідальності, вимагає створення єдиних методологічних підходів, які враховують специфіку небезпечних виробничих об'єктів і нормативних

вимог у галузі техногенної та пожежної безпеки та захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій.

Проведений огляд і аналіз досліджень показує [7-10], що методологія аналізу ризику потенційно небезпечних об'єктів (ПНО) залишається не досконалою. Всі ці питання вимагають проведення додаткових досліджень з детальним і повним урахуванням факторів техногенної та екологічної безпеки з єдиної методичної позиції.

Метою та завданнями дослідження є удосконалення методів комплексного аналізу рівня небезпеки складних технічних систем на основі інтегрованого ризику для підвищення рівня техногенної безпеки небезпечних виробничих об'єктів на прикладі розрахунку ризиків найбільш потенційно загрозливих об'єктів.

Досягнення зазначеної мети вимагало вирішення наступних **завдань**:

- провести аналіз теоретичних аспектів забезпечення техногенної безпеки на підприємствах Запорізької області;
- розробити методику розрахунку комплексного ризику промислових об'єктів та територій;
- удосконалити методи аналізу та оцінювання техногенного ризику.

Об'єктом дослідження є ризики промислових об'єктів і територій, що виникають в процесі господарської діяльності.

Предметом дослідження є процес формування механізму управління ризиками на підприємстві.

Методи досліджень. Методологічну основу досліджень складають методи структурно-функціонального аналізу, які використано для розробки методики розрахунку комплексного (загального) ризику ПНО та ОПН. В процесі дослідження було застосовано наступні методи: теорії нечітких множин та нечіткої логіки, аналіз і синтез, структурно-логічний метод, статистичний, метод моделювання, графічний, розрахунково-аналітичний.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ЗАПОРІЗЬКІЙ ОБЛАСТІ

1.1. Запровадження ризик-орієнтованого підходу для потенційно-небезпечних об'єктів

Державна служба України з питань праці визнала нагальну необхідність докорінного перегляду підходів до формування нормативно-правової бази щоб планування заходів щодо поліпшення рівня безпеки виробництва будувалось не на підставі 100 % відповідності стану умов та безпеки праці вимогам нормативно-правових актів з охорони праці, а на підставі управління ризиками виникнення аварій, нещасних випадків та професійних захворювань за допомогою методики їх виявлення і оцінки для усунення неприпустимих ризиків. Таким чином, основними суб'єктами забезпечення соціально-екологічної безпеки визначена міжгалузєва проблема ідентифікації джерел небезпек та побудови захисних бар'єрів на основі технологій розрахунку рівнів ризику [11-13].

Проведення процедури ідентифікації необхідно всім суб'єктам господарювання, які володіють і використовують об'єкти на яких виготовляються, застосовуються або зберігаються небезпечні речовини.

Проводиться ідентифікація ОПН наступним чином:

- спочатку необхідно провести ідентифікацію підприємства як потенційно небезпечного об'єкта. Результати цієї процедури необхідно затвердити з ДСНС. Ідентифікація ПНО проходить відповідно до Закону України «Про об'єкти підвищеної безпеки» (редакція від 01.01.2024) [14].

- після цього проводиться процедура ідентифікації об'єкта підвищеної безпеки, результати якої необхідно узгодити в органах охорони праці. Проводиться процедура згідно з Постановою Кабінету Міністрів України від 13.09.2022 №1030 [15].

- за результатами ідентифікації встановлюється, чи є підприємство об'єктом підвищеної небезпеки, або ж ні. Якщо так, то в залежності від виду небезпечних речовин і їх кількості визначається до якого класу небезпеки віднести об'єкт – першого або другого.

Якщо згідно з результатами підприємство відноситься до об'єктів підвищеної небезпеки, то треба оформляти Декларацію ОПН, ПЛАС і т. д.

Об'єктом нашого дослідження було обрано комбикормовий завод., який розташований в смт. Якимівка Мелітопольського району Запорізької області

Відповідно деяких питань ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки, затверджених Постановою КМУ від 13.09.2022 р. № 1030, встановлено його місцезнаходження, основний вид діяльності, санітарно-захисна зона (50 м) та загальна кількість працівників (16 осіб).

Вибрано коди НС, виникнення яких можливе на комбикормовому заводі, згідно Класифікатора надзвичайних ситуацій ДК 019:2010 [16]:

10212 – НС унаслідок пожежі, вибуху у будівлі або споруді нежитлового призначення;

10211 – НС унаслідок пожежі, вибуху у спорудах, на комунікаціях та технологічному обладнанні промислових об'єктів;

10610 – НС унаслідок руйнування елементів транспортних комунікацій;

10630 – НС унаслідок руйнування будівлі чи споруди нежитлового призначення;

10760 – НС унаслідок аварії в електричних мережах;

30610 – НС пов'язана з нещасним випадком під час виконання трудових обов'язків.

Було проведено аналіз показників ознак НС і визначення їх порогових значень з використанням Кодексу цивільного захисту України [17] та Класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій (НС), затверджених наказом МНС України від 6 серпня 2018 р. №658 [18] (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Аналіз показників ознак НС і визначення їх порогових значень

Номер ознаки	Опис ознаки	Порогові значення	Примітка
12	Загибель або травмування людей (персоналу) внаслідок аварій, катастроф, аварійних подій (крім ДТП), інших небезпечних подій (у т.ч. НВ)	Загинуло від 3 осіб, постраждало (травмовано) від 10 осіб	

Виявлено за результатами аналізу джерела небезпеки, які за певних умов (аварії, порушення режиму експлуатації, виявлення природних небезпечних явищ тощо) можуть стати причиною виникнення НС з перевищенням порогових значень показників ознак НС (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Виявлені джерела небезпеки та їх аналіз

Назва джерела небезпеки	Аналіз джерела небезпеки
Трансформаторні підстанції: 4 од: закриті ЗТП-400 кВА, №18/294 ЗТП-160 кВА, №18/292; відкриті ТП-400 кВА, № 18/515 ТП-630 кВА, №18/467	Технологічне обладнання пов'язане з використанням, виготовленням, переробкою, зберіганням або транспортуванням небезпечних речовин
Транспортно-підймальні споруди силосного корпусу	Технологічне обладнання пов'язане з використанням, виготовленням, переробкою, зберіганням або транспортуванням самозаймистих та легкозаймистих твердих речовин та матеріалів. Устаткування, на якому виробляється горюче волокно, інші речовини, які здатні вибухати, самозайматися, займатися від джерел запалювання з подальшим поширенням горіння після його усунення, утворюється горючий пил. Стаціонарне обладнання для вантажно-розвантажувальних робіт, підймальні споруди

Для кожного з виявлених джерел небезпеки було виявлено види небезпеки. Так, для джерела небезпеки «трансформаторна підстанція» встановлено вид небезпеки як «пожежна», для джерела небезпеки «транспортно-підіймальні споруди силосного корпусу» вид небезпеки встановлено як «вибухопожежна, пожежна».

Наступним етапом стало визначення переліку небезпечних речовин, що використовуються на комбикормовому заводі, їх кількість та клас небезпеки. Результати представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Перелік небезпечних речовин, їх кількість та клас небезпеки

№ п/п	Назва	Кількість, т	Клас небезпеки
1	Трансформаторне масло	0,942	4

Після цього, на підставі отриманих даних зони поширення НС, які можуть ініціювати кожен з виявлених джерел небезпеки, було проведено оцінку можливості наслідків НС для кожного з джерел небезпеки (кількість загинув, постраждалих, тих яких порушено умови життєдіяльності, матеріальні збитки) і встановлено максимально можливі рівні НС (табл. 1.4).

Таблиця 1.4

Оцінка можливості наслідків надзвичайних ситуацій

Назва джерела небезпеки	Територіальне поширення	Кількість загинув, осіб	Кількість постраждалих, осіб	Порушення умов життєдіяльності, кількість осіб	Збитки, тис. мінім. розмірів зарплати	Рівень НС
Трансформаторні підстанції	НС не вийшла за межі об'єкта	-	1	-	0,01	Об'єктовий
Транспортно-підіймальні споруди силосного корпусу	НС не вийшла за межі об'єкта	-	5	-	0,03	Об'єктовий

В результаті цієї оцінки встановлено, що максимальним рівнем можливої НС буде «об'єктовий». На підставі того, що зазначений об'єкт підпадає під дію Постанови КМУ від 26.11.2011 р. №1107 «Про затвердження Порядку видачі дозволів на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки» [19] комбікормовий завод, який розташований в смт. Якимівка Запорізької області по вул. Центральна, 221, визнано потенційно небезпечним об'єктом.

За результатами проведення ідентифікації об'єкта складається Повідомлення про результати ідентифікації щодо визначення потенційної небезпеки. В ньому наводяться вже відомі нам дані, а також інші (табл. 1.5).

Таблиця 1.5

Розташування на місцевості та відстані від потенційно небезпечного об'єкту до промислових об'єктів або елементів селитебної території

Назва об'єкта	Мінімальна відстань
<i>міста (міст), інших населених пунктів</i>	
Об'єкт розташований в межах смт. Якимівка	
<i>місце великого скупчення людей (житлові масиви, стадіони, лікарні, школи)</i>	
Автостанція Якимівка	2 км
Залізнична станція Якимівка	1,65 км
Житлова забудова по вулиці Широка	350 м
<i>промислових об'єктів</i>	
Держводгосп «Виробнича база України»	60 м
<i>транспортних магістралей</i>	
Автомобільна дорога Т-0820	2,23 км

Вказується також найменування, маса та категорія небезпечної речовини (трансформаторне масло, 0,942 т, 2 категорія, 2 група), що використовується на об'єкті підвищеної небезпеки.

Наведемо розрахунки, на підставі яких проводилася ідентифікація підприємства (рис. 1.1).

1. Визначимо масу небезпечних речовин, що знаходяться на майданчику комбікормового заводу.

1.1. Маса трансформаторного масла в системі охолодження трансформаторів трансформаторних підстанцій ЗТП-400 кВА №18/294, ЗТП-160 кВА №18/292, ТП-400 кВА №18/515, ТП-630 кВА №18/467 становить 0,942 т.

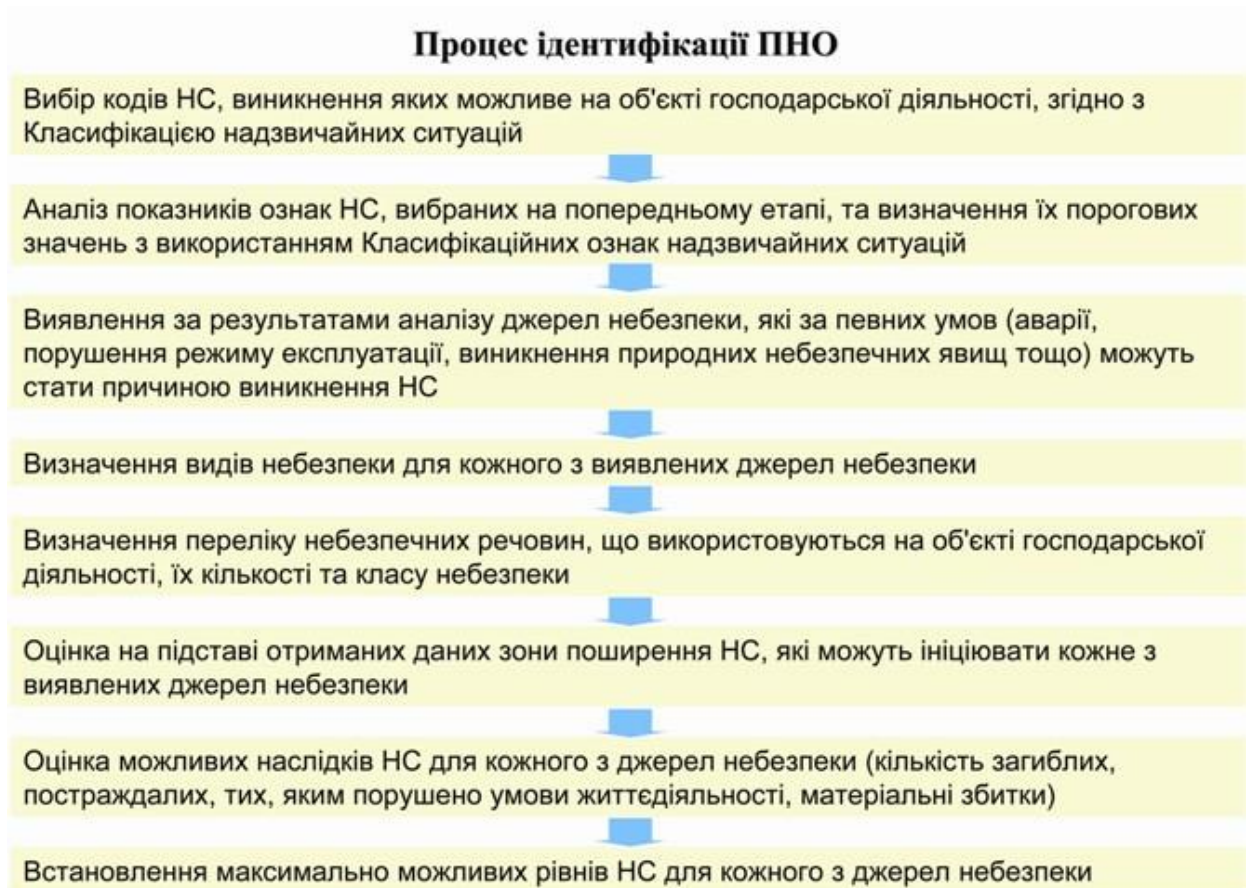


Рис. 1.1. Процес ідентифікації ПНО

2. Визначаємо відповідність мас небезпечних речовин, які знаходяться на майданчику, нормативам порогових мас за категоріями.

2.1. Маса небезпечних речовин 2 категорії (горючі рідини) становить 0,942 т, що менше нормативу порогової маси небезпечних речовин 2 категорії для ОПН 1 класу (50 000 т) і 2 класу (5 000 т).

Висновок: Сумарна маса небезпечних речовин 2 категорії, які перебувають в обладнанні комбікормового заводу, не перевищує норматив порогової маси небезпечних речовин для 1 і 2 класів.

3. Визначаємо, чи перевищує маса небезпечної речовини відповідної категорії 1 відсотка порогової маси небезпечних речовин 2 класу.

3.1. 1 процент від порогової маси небезпечних речовин 2 категорії для 2 класу ОПН становить 50 т. Маса небезпечних речовин 2 категорії (горючі рідини) в обладнанні (0,942 т) менша за 1 процент від порогової маси небезпечних речовин 6 категорії для 2 класу ОПН.

У разі коли сумарна маса жодної індивідуальної або небезпечної речовини будь-якої категорії не перевищує 1 відсотка порогової маси небезпечних речовин 2 класу, об'єкт не відноситься до об'єктів підвищеної небезпеки (згідно деяких питань ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки – Постанова КМУ від 13.09.2022 р. № 1030. [15]).

Висновок: комбікормовий завод, що знаходиться в смт. Якимівка Запорізької області по вул. Центральній, 221, не належить до об'єктів підвищеної небезпеки і йому не треба розробляти та затверджувати ПЛАС та Декларацію безпеки ОПН, потрібно оформити лише Паспорт ПНО.

Оскільки комбікормовий завод визнано ПНО, то було проведено процедуру паспортизації заводу згідно з **Методикою ідентифікації ПНО**, затвердженої наказом МНС України від 23.02.2006 № 98, *яка втратила чинність від 03.01.2023 р.*, але на сьогодні продовжує використовуватися для визначення того, чи є об'єкт потенційно небезпечним. Результатом є паспорт ПНО (Якимівський комбікормовий завод) від 27.04.2020 р. – форма 1 НС-підприємство. Також з серпня 2024 р. використовується **Постанова КМУ від 04 серпня 2023 р. № 818** «Деякі питання паспортизації об'єктів критичної інфраструктури» [20], яка регулює процес паспортизації вже для іншої, більш вузької категорії об'єктів – об'єктів критичної інфраструктури.

Порогові маси небезпечних речовин є об'єктивним критерієм ідентифікації підприємства як ОПН, його класифікації і обліку та визначають ступінь загрози для населення і ризик виникнення НС техногенного характеру.

1.2. Забезпечення цивільної безпеки в об'єднаних територіальних громадах

Прийнятні умови життєдіяльності людини прямо залежать від умов безпечного перебування її в навколишньому середовищі. Тому одним із основних заходів реформування адміністративно-територіального устрою країни є побудова системи захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій, здатної гарантувати безпеку людині.

В Запорізькій області відбувається реформування місцевого самоврядування та децентралізація влади, що передбачає передачу більших повноважень і ресурсів на рівень територіальних громад. Найважливіші для людей повноваження передаються на найближчий до них рівень влади. Відповідно до вимог чинного законодавства має бути побудована проста і логічна система місцевого самоврядування, здатна забезпечити комфортне та безпечне життя громадян.

У ході реформи місцевого самоврядування та територіальної організації влади в Україні важливі для безпеки населення, в сфері цивільного захисту повноваження передано до територіальних громад.

Запорізька область нараховує у своєму складі 5 районів, в яких є 67 об'єднаних територіальних громад. Населення складає 1682534 чоловік на території яка складає 26737,37 км². Саме на рівні територіальних громад організуються та реалізуються основні заходи захисту населення і територій в сфері цивільного захисту [21].

Тому кожна територіальна громада має навчитися планувати та організовувати захист населення і територій від ймовірних надзвичайних ситуацій відповідно до Кодексу цивільного захисту України [17], Закону України «Про місцеве самоврядування в Україні» [23] та інших чинних нормативно-правових актів. На цей час у Запорізькій області створено 67 територіальних громад.

За останні 3 роки в Запорізькій області відбулося майже 20 тис. пожеж в яких загинуло 290 осіб. Більше 40 відсотків пожеж трапляються у сільській місцевості. Характер і масштаби природно-техногенних загроз безпеці життєдіяльності людини свідчать, що ступінь її захисту не може бути достатнім, якщо у первинній ланці територіальної підсистеми Єдиної державної системи цивільного захисту не буде вирішено завдання належного захисту населення, територій та суб'єктів господарювання від надзвичайних ситуацій та їх наслідків.

До складу ланки територіальної підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту входять (рис. 1.2):

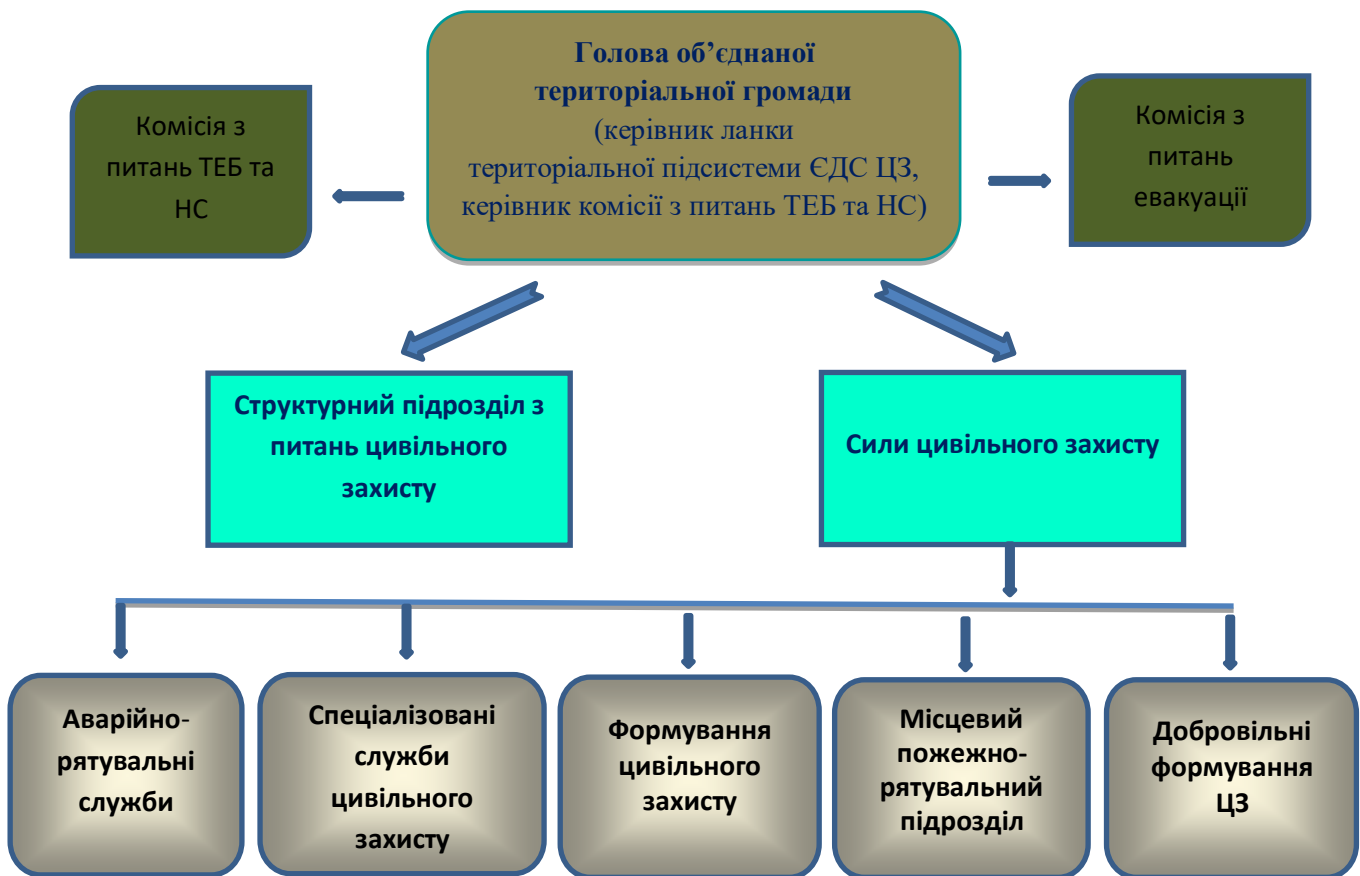


Рис. 1.2. Структура, яка пропонується для організації цивільного захисту об'єднаної територіальної громади
- постійно діючі органи управління цивільним захистом - структурний підрозділ (департамент, управління, відділ, відділення, сектор) з питань цивільного захисту, який утворюються у складі виконавчого органу відповідної ради;

- координаційний орган управління цивільним захистом – комісія з питань техногенно- екологічної безпеки і надзвичайних ситуацій;
- сили цивільного захисту (аварійно-рятувальні служби, формування цивільного захисту (в тому числі добровільні);
- спеціалізовані служби цивільного захисту, пожежно-рятувальні підрозділи (частини), добровільні формування цивільного захисту.

Основні завдання об'єднаної територіальної громади щодо побудови системи цивільного захисту.

Частиною другою статті 19 Кодексу цивільного захисту України чітко визначено повноваження та посилено роль органів місцевого самоврядування щодо реалізації заходів цивільного захисту населення і протидії надзвичайним ситуаціям (рис. 1.3).

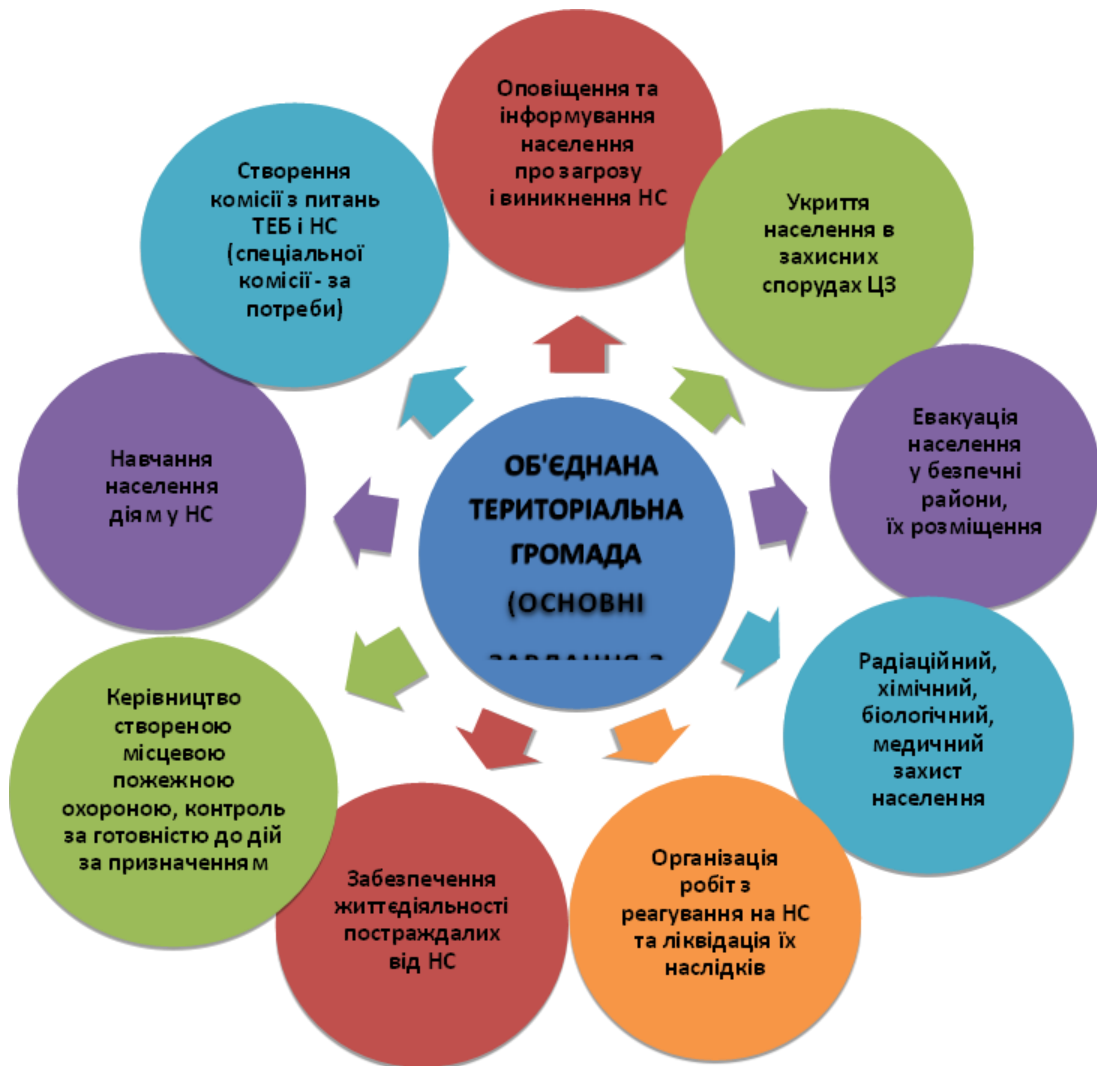


Рис. 1.3. Об'єднана територіальна громада (основні складові)

Враховуючи, що на місцевому рівні постійно виникають різного роду небезпеки, пов'язані із стихійними лихами, аваріями, пожежами, які завдають великої матеріальної шкоди та призводять до людських жертв, для їх ефективного та швидкого реагування об'єднаним територіальним громадам, перш за все, рекомендується організувати виконання таких основних завдань:

Керівником цивільного захисту ОТГ, сільської та селищної ради є голова ОТГ, сільської та селищної ради.

Цивільний захист ОТГ, сільської та селищної ради складається з:

- постійно діючого органу управління цивільним захистом – виконавчого органу ради, у складі якого у випадку входження до складу ОТГ міста обласного значення утворюється структурний підрозділ з питань цивільного захисту. Вид структурного підрозділу рекомендується визначати, враховуючи рівні техногенного навантаження на відповідних територіях, а саме: департамент, управління, відділ, відділення, сектор;
- координаційного органу управління цивільним захистом - комісія з питань техногенно-екологічної безпеки і надзвичайних ситуацій об'єднаної територіальної громади та селищної ради;
- сил цивільного захисту (аварійно-рятувальні служби, територіальні формування цивільного захисту (в тому числі добровільні), спеціалізовані служби цивільного захисту, пожежно-рятувальні підрозділи (частини), добровільні формування цивільного захисту).

Алгоритм дій об'єднаної територіальної громади щодо утворення підрозділу з питань цивільного захисту:

Крок 1. Об'єднана територіальна громада:

- проведення аналізу та оцінки техногенно-екологічного стану місцевості, складання переліку загроз (за консультативною допомогою Департаменту з питань цивільного захисту населення Запорізької обласної державної адміністрації, Головного управління Державної служби з надзвичайних ситуацій України у Запорізькій області (далі – ГУ ДСНС України у Запорізькій області).

- визначення функцій підрозділу з питань цивільного захисту;
- розроблення структури підрозділу з питань ЦЗ відповідно до визначених функцій (за консультативною допомогою Департаменту з питань цивільного захисту населення ЗОДА, ГУ ДСНС України у Запорізькій області).

Крок 2. Сесія об'єднаної територіальної громади:

- утворення підрозділу з питань ЦЗ.

Крок 3. Голова об'єднаної територіальної громади:

- розроблення і затвердження Положення про підрозділ з питань ЦЗ (за консультативною допомогою Департаменту з питань цивільного захисту населення ЗОДА, ГУ ДСНС України у Запорізькій області);

- розроблення і затвердження посадової інструкції керівника підрозділу з питань ЦЗ;

- призначення керівника підрозділу з питань ЦЗ шляхом оголошення та проведення конкурсу або прямого призначення (за консультаційною допомогою Департаменту цивільного захисту ЗОДА).

Крок 4. Керівник підрозділу з питань ЦЗ:

- оголошення та проведення конкурсу на вакантні посади підрозділу з питань ЦЗ;

- розроблення та затвердження посадових інструкцій працівників підрозділу з питань ЦЗ.

Крок 5. Виконавчий комітет об'єднаної територіальної громади:

- забезпечення роботи підрозділу з питань цивільного захисту.

Для координації діяльності пов'язаної з питаннями цивільного захисту створюється місцева комісія з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій.

Діяльність комісії регулюється постановою Кабінету Міністрів України від 17.06.2015 р. № 409 «Про затвердження Типового положення про регіональну та місцеву комісію з питань техногенно-екологічної безпеки і надзвичайних ситуацій» [23].

Місцева комісія з питань ТЕБ та НС має широке коло повноважень та здійснює координацію діяльності громади, підприємств, установ та організацій, пов'язану із забезпеченням техногенно-екологічної безпеки, захистом населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій, запобіганням виникненню надзвичайних ситуацій і реагування на них, готує пропозиції щодо визначення джерел і порядку фінансування заходів реагування на надзвичайну ситуацію.

Рішення комісії оформлюються протоколом та є обов'язковими для виконання.

Алгоритм дій громади щодо створення комісій з питань техногенно-екологічної безпеки і надзвичайних ситуацій:

Крок 1. Визначення повноважень місцевої комісії з питань техногенно-екологічної безпеки і надзвичайних ситуацій.

Крок 2. Визначення персонального складу місцевої комісії з питань техногенно- екологічної безпеки і надзвичайних ситуацій та відпрацювання функціональних обов'язків членів комісії.

Крок 3. Прийняття і оформлення рішення ради ОТГ, селища на створення місцевої комісії з питань техногенно-екологічної безпеки і надзвичайних ситуацій.

Крок 4. Розроблення та затвердження Положення про місцеву комісію з питань техногенно-екологічної безпеки і надзвичайних ситуацій, плану роботи комісії на поточний рік.

Крок 5. Забезпечення діяльності місцевої комісії з питань техногенно-екологічної безпеки і надзвичайних ситуацій.

Навчання населення. Навчання з питань цивільної безпеки посадових осіб органів місцевого самоврядування та суб'єктів господарювання комунальної власності, здійснення підготовки населення до дій у надзвичайних ситуаціях належить до повноважень органів місцевого самоврядування згідно зі статтею 19 Кодексу цивільного захисту України.

Навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях здійснюється:

- за місцем роботи - працюючого населення;
- за місцем навчання - дітей дошкільного віку, учнів та студентів;
- за місцем проживання - непрацюючого населення.

Порядок здійснення навчання населення діям у НС встановлений Постановою КМУ від 26.06.2013 р. №444 (редакція від 11.09.2024 р.) [24].

Сили цивільного захисту сільської, селищної ради, об'єднаної територіальної громади. Для проведення заходів цивільного захисту, зокрема, проведення екстрених і невідкладних заходів в умовах НС техногенного та природного характеру, з метою рятування людей, захисту території, навколишнього природного середовища та матеріальних цінностей, запобігання, локалізації та ліквідації наслідків НС, виконання інших робіт, що потребують спеціального аварійно-рятувального оснащення і відповідної кваліфікації виконавців об'єднана територіальна громада, сільської, селищної ради використовує та залучає (рис. 1.4.):

- комунальні, об'єктові аварійно-рятувальні служби та аварійно-рятувальні служби громадських організацій;
- об'єктові формування цивільного захисту;
- об'єктові спеціалізовані служби цивільного захисту;
- місцева пожежна охорона;
- добровільні формування цивільного захисту;
- спеціалізовані служби і територіальні формування ЦЗ місцевого рівня, що створюються в ланках, до складу яких входять міста обласного значення.

Спеціалізовані служби ЦЗ утворюються для проведення спеціальних робіт і заходів з цивільного захисту та їх забезпечення відповідно до функціональної спрямованості підприємств, установ та організацій, на базі яких їх створено, і входять до складу сил цивільного захисту.

В даний час законодавством України не визначені вимоги щодо створення спеціалізованих служб об'єднаними регіональними громадами, але це не виключає можливості їх створення і функціонування для проведення спеціальних робіт та заходів цивільного захисту на відповідній території.

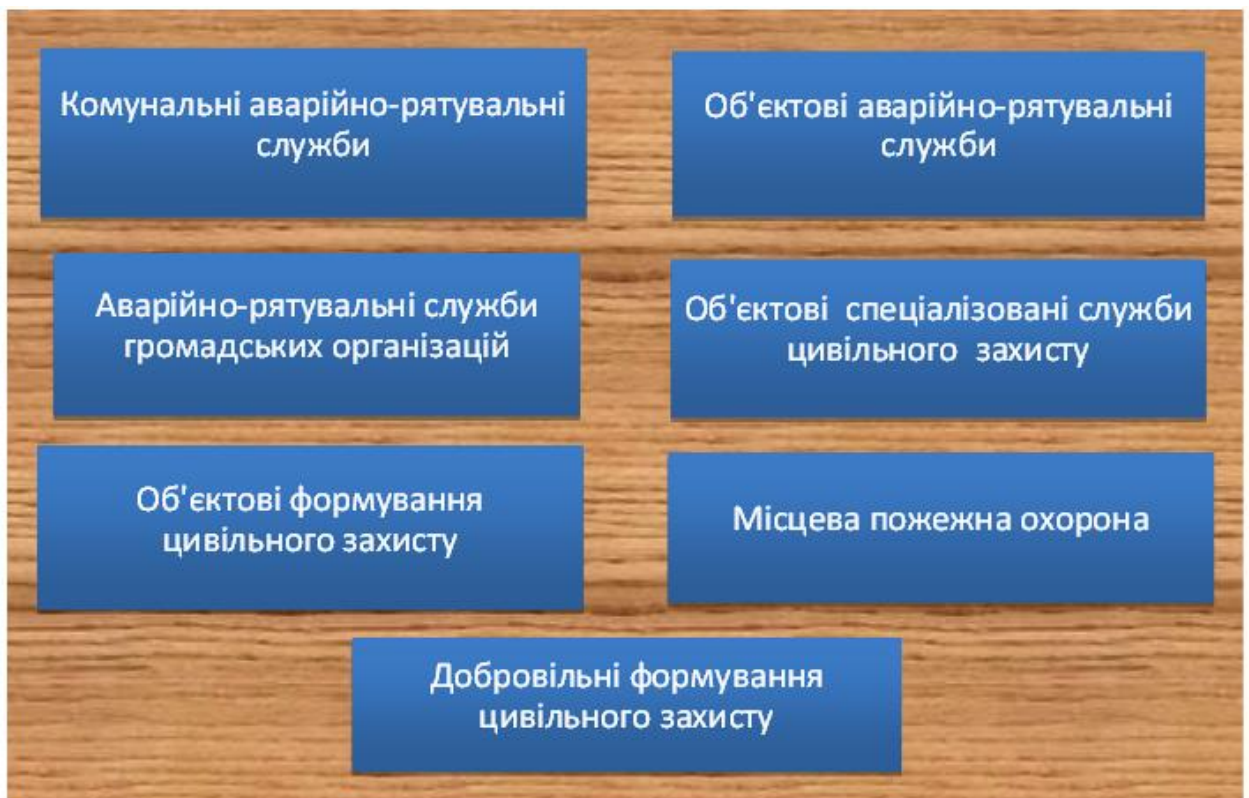


Рис. 1.4. Сили цивільного захисту сільської, селищної ради, об'єднаної територіальної громади

Утворення та організація діяльності підрозділів місцевої пожежної охорони. Першочерговим завданням підрозділів місцевої пожежної охорони є проведення рятування людей і гасіння пожеж на перших хвилинах початку розвитку пожежі до прибуття підрозділів державної пожежної охорони.

З метою розміщення працівників, пожежної техніки і обладнання, створення умов для цілодобового несення служби, обслуговування техніки будується або виділяється пожежне депо, підрозділ місцевої пожежної охорони забезпечується засобами телефонного і радіозв'язку, відповідним технічним обладнанням. Працівники підрозділів місцевої пожежної охорони проходять підготовку в навчальних закладах ДСНС України.

Керівник пожежно-рятувального підрозділу місцевої пожежної охорони погоджує свою роботу з радою об'єднаної територіальної громади, сільською, селищною радою.

Організація служби чергових змін підрозділу місцевої пожежної охорони та організація робіт щодо гасіння пожеж здійснюється відповідно до вимог нормативно-правових актів, якими керуються у державних пожежно-рятувальних підрозділах. До складу чергових змін підрозділу місцевої пожежної охорони можуть включатися члени команд добровільної пожежної охорони, які пройшли відповідну підготовку.

Фінансування і матеріально-технічне забезпечення підрозділу місцевої пожежної охорони здійснюється за рахунок коштів місцевих бюджетів об'єднання територіальних громад, коштів суб'єктів господарювання, а також членських внесків, дотацій, прибутку від провадження господарської діяльності, прибутку від майна добровільної пожежної охорони, дивідендів, надходжень від страхових компаній, пожертвувань юридичних та фізичних осіб, інших джерел, не заборонених законодавством.

Працівники підрозділу місцевої пожежної охорони підлягають обов'язковому особистому страхуванню відповідно до Закону України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування» і мають право на інші види соціального захисту відповідно до законодавства.

1.3. Міжнародні підходи до управління цивільною безпекою на виробництві

Міжнародні підходи до управління цивільною безпекою на виробництві характеризуються переходом від простого реагування на інциденти до проактивного управління ризиками та інтеграції систем безпеки (охорона праці, промислова безпека, кібербезпека та ЦЗ) [25]. Ці підходи ґрунтуються на міжнародних стандартах, конвенціях і передових практиках.

Ключові міжнародні підходи та принципи.

Основними принципами, які застосовуються на міжнародному рівні, є:

- Системний підхід до управління (Management Systems Approach):

Безпека розглядається як невід'ємна частина загальної системи управління підприємством, а не ізольована функція. Це включає розробку політик, планування, впровадження, оцінку результативності та вдосконалення.

- Оцінка та управління ризиками (Risk Assessment and Management): Фундаментальний підхід, що передбачає ідентифікацію потенційних загроз (природних, техногенних, тощо), оцінку їх імовірності та наслідків, а також впровадження заходів для їх мінімізації або усунення [26].

- Культура безпеки (Safety Culture): Створення такого середовища на підприємстві, де кожен працівник усвідомлює важливість безпеки, дотримується правил та не боїться повідомляти про потенційні небезпеки чи інциденти (події, що не призвели до аварії, але могли).

- Запобігання та готовність (Prevention and Preparedness): Акцент зміщується з ліквідації наслідків на запобігання надзвичайним ситуаціям. Це включає розробку чітких планів реагування на надзвичайні ситуації та регулярне проведення навчань і тренувань.

Основні міжнародні стандарти та ініціативи

Міжнародні підходи впроваджуються через низку стандартів та регуляторних рамок:

1. ISO 45001:2018 (Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці): Цей міжнародний стандарт визначає вимоги до системи управління охороною праці (OH&S), допомагаючи підприємствам знижувати ризики та створювати безпечніші умови праці [27].

2. Керівні принципи МОП (ILO Guidelines on Occupational Safety and Health Management Systems): Міжнародна організація праці (МОП) розробила власні настанови, які є основою для національних систем управління охороною праці в багатьох країнах.

3. Конвенції та протоколи ООН: На міжнародному рівні існують конвенції, що регулюють транскордонні впливи промислових аварій та співпрацю між країнами у сфері цивільної безпеки.

4. Інтегрований підхід до планування землекористування (Integrated Land-Use Planning): Включає врахування потенційних промислових ризиків при плануванні забудови прилеглих до небезпечних об'єктів територій.

5. Кібербезпека критичної інфраструктури (Cybersecurity): Зважаючи на цифровізацію промислових систем (ICS, SCADA), міжнародні підходи все більше інтегрують заходи кіберзахисту для запобігання несанкціонованому доступу та збоям в роботі.

Висновки до розділу 1

1. Ризик являє собою ситуативну характеристику діяльності будь-якого ринкового суб'єкта, що є наслідком невизначеності у його внутрішньому і зовнішньому середовищі. Джерелами виникнення ризику є соціально-економічні зміни, які виникають у процесі діяльності підприємства.

2. Аналіз і оцінка професійних ризиків є одними з найсучасніших напрямів удосконалення СУОП, що дають змогу виявляти небезпеки, оцінювати і прогнозувати ризики на виробничих процесах і на цій основі розробляти адекватні запобіжні заходи залежно від ступеня ризику.

3. Міжнародні підходи до управління цивільною безпекою на виробництві є обов'язковим елементом безпеки підприємств у XXI столітті. Вони забезпечують: зниження ризиків травматизму та аварій; підвищення конкурентоспроможності виробництва; відповідність міжнародним економічним вимогам; формування культури безпеки на підприємствах.

Інтеграція міжнародних стандартів – це не просто рекомендація, а стратегічна необхідність для розвитку промисловості, підвищення ефективності управління ризиками та забезпечення стійкого економічного розвитку.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ РИЗИКІВ З ПИТАНЬ ЦИВІЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ

2.1. Методичні підходи до управління ризиками підприємства

Виробниче підприємство є досить складною організаційною системою, що підпадає під різного роду ризики, оскільки має в своїй структурі діяльність окремих підрозділів, скерованих на реалізацію визначених функцій. Тому актуальним є дослідження джерел і причин виникнення ризиків саме на таких підприємствах [28].

Під управлінням ризиками розуміємо сукупність дій, спрямованих на максимальне використання можливих позитивних наслідків реалізації ризику при одночасному вжитті усіх можливих заходів управлінського характеру для протидії їх негативному впливу на ресурси та економічні можливості й інтереси підприємств. Ризик-менеджмент як напрям управлінської діяльності – це сукупність управлінських рішень, що мають на меті ідентифікацію ризику, оцінювання ймовірності його настання та економічних наслідків від його негативних проявів, аналіз ризику та вибір і застосування найбільш відповідних у конкретних умовах методів управління ризиком [29-31].

Алгоритм управління ризиками має такий наступний вигляд (рис. 2.1).

Розглянемо управлінські дії з ризиками на кожному етапі запропонованого алгоритму більш детально.

Ідентифікація ризиків – це процес виявлення схильності підприємства до поля невизначеності, що передбачає отримання повної інформації щодо самої компанії, ринку, законодавства, соціального, політичного, культурного оточення компанії, а також щодо її стратегії розвитку та бізнес-процесів. Ідентифікація ризиків тісно пов'язана і з функціональними складовими, і з суб'єктами системи економічної безпеки. Власне момент ідентифікації конкретних ризиків відбувається у кожній функціональній складовій системи

економічної безпеки, які, з одного боку, є об'єктом для вжиття захисних заходів щодо ризиків, а з іншого боку виступають джерелом їх формування.

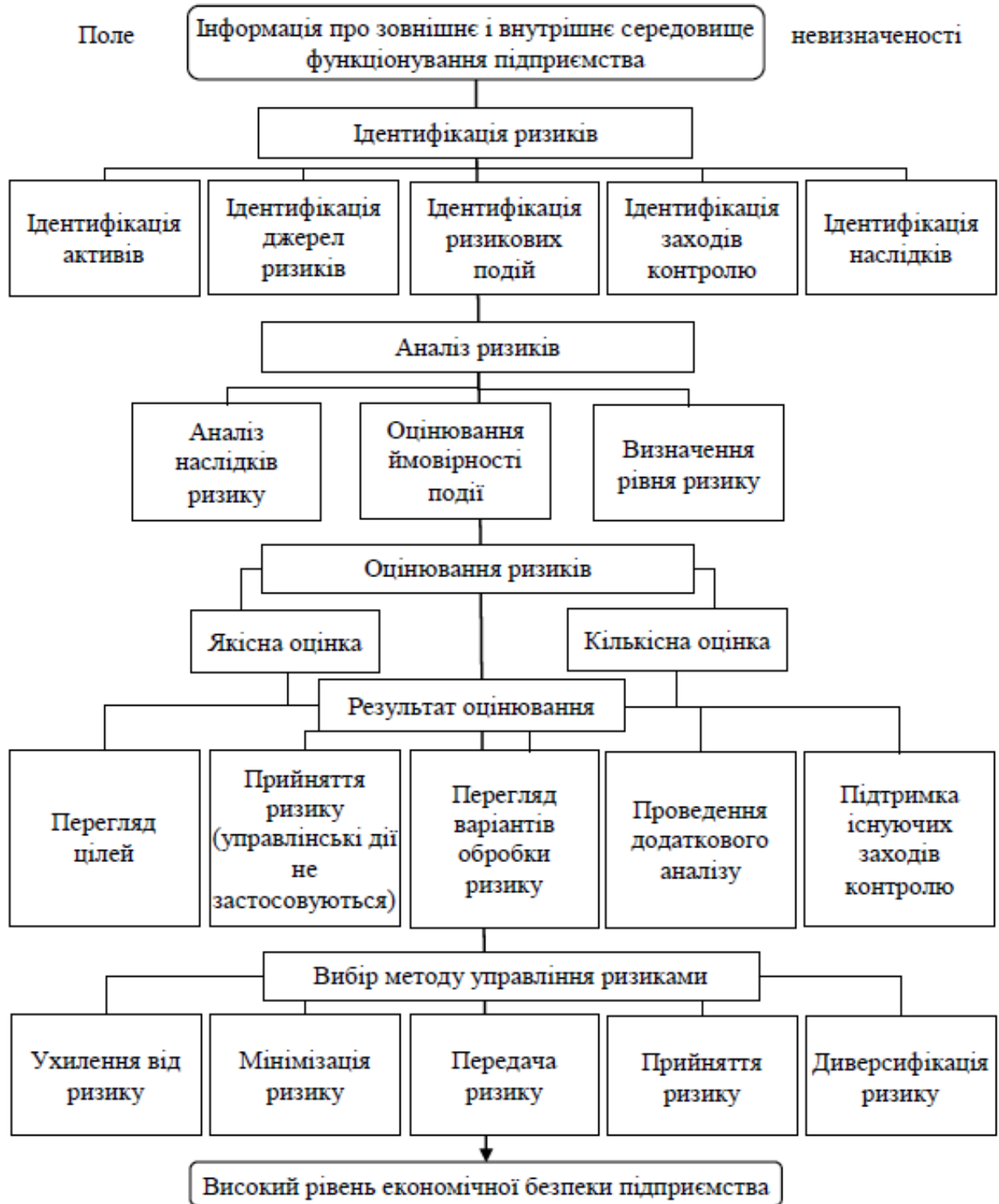


Рис.2.1. Алгоритм управління ризиками на підприємствах України

Суб'єкти системи економічної безпеки – професіонали з управління фінансово-економічною безпекою, фахівці з ризик-менеджменту, топ-менеджери – є тими особами, що мають вчасно та об'єктивно ідентифікувати

ризиками. Ідентифікація ризиків скерована на своєчасне виявлення та реєстрацію можливих деструктивних факторів, які можуть негативно вплинути на досягнення цілей і реалізацію завдань компанії, а також визначення напрямку та необхідності удосконалення процесу управління ризиками. При ризик-орієнтованому управлінні кожен працівник компанії на постійній основі повинен ідентифікувати та оцінювати ризики, що впливають на досягнення цілей, які стоять безпосередньо перед ним як працівником, та перед підприємством в цілому.

Ідентифікація ризиків – це ключова навичка, що лежить в основі будь-якої системи управління безпекою. Майбутні фахівці [32] мають навчитися бачити потенційні небезпеки там, де нефахівець їх не помічає; засвоїти причинно-наслідкове мислення: «небезпечний фактор → ризик → наслідки»; вивчити методи оцінювання умов праці, технологічних процесів, людських дій. Проводячи оцінку небезпек у лабораторних умовах, аудити безпеки під час практики студенти (майбутні фахівці) починають розуміти, як теоретичні методи (FMEA, HAZOP, What-if, чек-листи, матриці ризиків) застосовуються до реальних об'єктів – обладнання, технологій, інфраструктури [33].

Оскільки підприємства зобов'язані проводити ідентифікацію небезпек, майбутні спеціалісти повинні бути готовими працювати в системах, що відповідають міжнародним стандартам [34, 35]. Фахівці з безпеки повинні приймати рішення, від яких залежить здоров'я і життя людей.

Сучасна ідентифікація ризиків включає: цифрові платформи оцінки ризиків; програмні продукти для HAZOP/FMEA; системи моніторингу небезпек; GIS та моделювання сценаріїв [36, 37]. Під час навчання студенти освоюють ці інструменти, що забезпечує цифрову готовність до професії.

Ідентифікація ризиків є ключовим елементом професійної підготовки майбутніх фахівців з охорони праці, цивільної безпеки [38]. Якісне навчання ідентифікації ризиків визначає компетентність майбутнього спеціаліста.

Метою ідентифікації ризиків є пошук, розпізнання та опис ризиків, які можуть допомогти або перешкодити підприємству у досягненні цілей.

Ідентифікація ризиків передбачає послідовний ряд процесів: ідентифікація активів, ідентифікація джерел ризиків, ідентифікація ризикових подій, ідентифікація існуючих вже заходів щодо контролю, ідентифікація наслідків.

Розглянемо кожен з процесів ідентифікації детально.

1. Ідентифікація активів повинна проводитись з великим ступенем деталізації, який дасть можливість отримання достатньої кількості інформації для оцінювання ризиків. В якості вхідних даних для ідентифікації активів використовується сфера застосування та межі для проведення оцінювання ризиків, перелік учасників із зазначенням власників ризиків, функцій та ін. Однак, ідентифікація активів повинна бути обмежена такими активами, які мають найбільш високу цінність для підприємства. Вихідними даними є бізнес-процеси, пов'язані з активами, та їх важливість. Згідно ISO 55000:2019 актив – це ідентифікований предмет, річ або об'єкт, що має потенційну або дійсну цінність для організації [39]. Цінність може по-різному визначатися різними організаціями та їх зацікавленими сторонами, та може бути матеріальною або не матеріальною, фінансовою або не фінансовою.

Для визначення цінності активів необхідна розробка шкали цінностей, включатиме різні властивості, які впливають на конфіденційність, цілісність та доступність важливих активів. Також шкала повинна враховувати залежність від інших активів. Пропонується після визначення критеріїв, які слід враховувати, узгодити шкалу, що буде використовуватись, як єдину для всього підприємства. Узагальненим варіантом є шкала, відображена у табл. 2.1. Ця шкала повинна враховувати, який розмір збитку для підприємства є прийнятним.

Таблиця 2.1 – Шкала цінності активу

Шкала оцінки	Вартість / цінність активу
Низька	0-3
Середня	4-6
Висока	7-10

2. Ідентифікація джерел ризиків може проводитись із використанням ряду методів для виявлення невизначеностей, що можуть вплинути на підприємства в цілому. Джерелом ризику є елемент, що сам або в комбінації з іншими може призвести до ризику. Усі джерела ризиків, деструктивні фактори, причини та події повинні бути визначені підприємством задля формування повного переліку ризиків на основі тих подій, які можуть відтермінувати та не дати можливості досягнення поставлених цілей. Під час проведення ідентифікації джерел ризиків необхідно враховувати наступні фактори та їх взаємозв'язок між собою: матеріальні та нематеріальні джерела ризиків, причини та події, загрози та можливості, індикатори виникнення ризиків, характер і цінність активів і ресурсів, наслідки та їх вплив на цілі, обмеженість знань і достовірності інформації, вплив фактору часу, часові межі, упередження, припущення та точки зору стейкхолдерів.

3. Ідентифікація ризикових подій зорієнтована на виявлення подій, що можуть виникати одноразово або багаторазово, мають декілька причин і ряд наслідків; на події, що можуть бути як очікувані, так і не очікувані. Ризикові події можуть виникати навіть від дій самого підприємства, таких як реструктуризація або придбання нового обладнання, технології та ін. Ризик може виникати від зовнішніх дій підприємства, таких як поглинання. Ризикова подія може бути повністю незалежною від діяльності підприємства, як наприклад, стихійне лихо або комп'ютерний вірус.

4. Ідентифікація діючих заходів контролю передбачає виявлення існуючого контролю в галузі безпеки. До визначення наявних заходів з контролю необхідно задокументувати вже впроваджені заходи, а у процесі роботи підприємство має визначити існуючі та заплановані заходи контролю. У подальшому слід скласти перелік усіх існуючих і запланованих заходів контролю, їх реалізації та статусу виконання. У випадку, якщо певний вид контролю є невиправданим або не враховує певний ризик, тоді контроль безпеки необхідно ще раз перевірити задля визначення потреби виключення або заміни більш прийнятним заходом контролю.

Ідентифікація існуючих заходів контролю повинна проводитись шляхом реалізації наступних дій:

- необхідно проаналізувати документи, які містять інформацію щодо впровадження/виконання планів обробки ризиків;
- перевірка виконання заходів повинна проводитись через отримання інформації у провідного ризик-менеджера та інших відповідальних осіб щодо заходів контролю, впроваджених для забезпечення результативності процесу управління ризиками;
- проведення аналізу на місці через виявлення впроваджених заходів контролю, їх результативність та ефективність; проводиться порівняння ймовірності виникнення ризику до впровадження політики управління ризиками та після;
- для перевірки й аналізу результатів аудиту використовується чек-лист для визначення дотримання рекомендацій ISO 31000 [29].

Оцінити існуючі заходи контролю можна на основі рівнів зрілості (рис. 2.2).



Рис. 2.2 – Ідентифікація рівнів зрілості

5. Ідентифікація наслідків, як останній етап ідентифікації ризиків, передбачає визначення впливів на підприємство, що можуть бути викликані

будь-яким сценарієм інциденту. В якості вхідних даних необхідно брати до уваги перелік активів, процесів, а також перелік загроз та вразливостей і їх вагомість. Далі визначаються наслідки для активів від втрати конфіденційності, цілісності та доступності, як результат – отримання переліку сценаріїв інцидентів із зазначенням їх наслідків, що належать до активів та бізнес-процесів. Пропонується наступна градація рівнів наслідків:

- невеликі – відсутність впливу на підприємство або невеликий збиток його репутації на короткий термін;
- помірні – не чинять прямої дії на підприємство або незначні порушення закону, що призводять до попередження або припису;
- значні – великі економічні втрати, які складно відновити, або значна втрата репутації, що викликана розголошенням конфіденційної інформації;
- катастрофічні – значні втрати, які неможливо відновити, або значні втрати репутації, що постійно чинять вплив на функціонування.

Наслідки можуть бути визначеними або невизначеними, мати позитивний чи негативний, прямий чи опосередкований вплив на реалізацію цілей. Також наслідки можуть бути описані якісно та кількісно.

Наведемо перелік потенційних наслідків, які частіше зустрічаються у вітчизняній практиці промислових підприємств, та впливають на цілісність, доступність, конфіденційність або на ці аспекти одночасно:

- порушення діяльності;
- фінансові втрати;
- втрата активу або його цінності;
- втрата клієнтів, постачальників;
- судові стягнення, переслідування;
- втрата конкурентної переваги;
- втрата прогресу в технології або техніці;
- втрата результативності або ефективності;
- порушення конфіденційності користувачів, клієнтів, постачальників;
- припинення обслуговування;

- нездатність надання послуги;
- втрата іміджу, репутації та довіри до бренду;
- порушення роботи зовнішніх стейкхолдерів (постачальників та ін.);
- порушення законів, нормативних актів, потенційні втрати та юридичні санкції через недотримання законів або правил;
- неможливість виконання договірних зобов'язань, штрафні санкції;
- порушення безпеки персоналу, користувачів.

Ідентифікація ризиків на підприємстві передбачає не фіксацію факту настання ризикової події, а виявлення можливості настання такої події, що несе із собою негативні наслідки. Таким чином, ідентифікація здійснюється завчасно, щоб мати змогу прийняти заходи щодо управління ризиками.

Ті ризики, що були ідентифіковані, надалі підлягають оцінці. Процес оцінки ризиків проводиться з метою виділення критичних для підприємства ризиків. Вплив потенційних ризиків повинен оцінюватись в індивідуальному порядку або у взаємозв'язку з іншими елементами підприємства. Сама ідентифікація ризику є першим кроком до зниження ризику, так як у процесі роботи над виявленням ризику є по суті неформальним контролем над ним. Це перш за все привертає до аналізованого ризику більшу увагу та обережність/зваженість у прийнятті рішень.

Відмітимо, що є методи, які використовуються як на етапі ідентифікації, так і в аналізі й оцінюванні ризиків.

В залежності від галузі діяльності промислового підприємства, його масштабів, кількості бізнес-процесів і ще ряду факторів, обирається один або декілька методів якісної оцінки ризику. Для більшості випадків пропонується використовувати метод експертної оцінки, що в Україні є найбільш популярним, та який буде використано у подальшому для ідентифікації ризиків вітчизняних підприємств. Для максимальної ефективності та результативності експертної оцінки пропонується наступна схема її проведення (рис. 2.3).

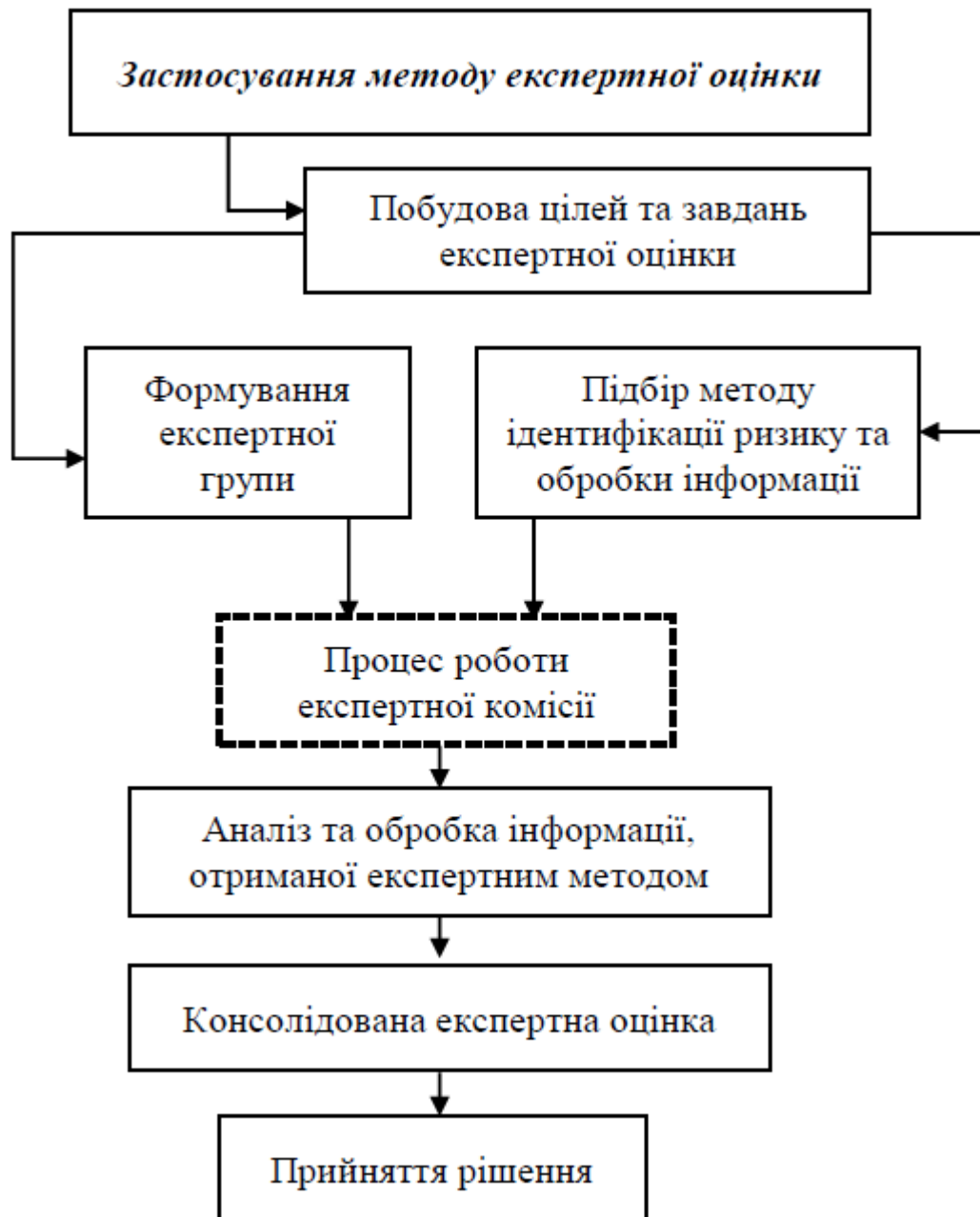


Рис. 2.3 – Схема процесу експертного оцінювання ризиків

До інших випадків (більшості) пропонується застосовувати колективну експертну оцінку [40]. Так, пропонується у подальшому аналізі промислових підприємств використовувати метод Дельфі, оскільки він є найбільш ефективною експертною оцінкою, що проводиться у декілька етапів. Для аналізу ризиків промислових підприємств України за основу буде взято таку структуру проведення експертизи:

1 етап – формулювання цілей експертної оцінки та розробка процедури опитування;

2 етап – відбір та формування групи експертів;

3 етап – проведення опитування;

4 етап – аналіз та обробка інформації, отриманої експертним шляхом;

5 етап – прийняття рішення у відповідності до отриманих результатів.

Однак кожен етап експертної оцінки пропонується скоригувати на специфіку об'єкта дослідження та особливості її проведення для промислових компаній. Оскільки процедура підбору експертів у галузі управління ризиками є одним зі «слабких місць» методу, необхідно цей етап якісно пропрацювати. Так, експерти повинні надати інформацію щодо себе у вигляді документу «Анкета самооцінки експерта з управління ризиками», яку розроблено у відповідності до ключових характеристик: компетентність, зацікавленість в участі у роботі експертної комісії, об'єктивність, професіоналізм та ін.

Також пропонується кожному з експертів порекомендувати декілька інших кандидатів, що могли б взяти участь в оцінюванні. Досить часто за такого підходу до формування експертної групи можуть бути залучені спеціалісти, схожі за професійними поглядами, що в свою чергу, не дозволяє охопити усі аспекти досліджуваної проблематики. Однак, на разі у практиці вітчизняного ризик-менеджменту досить мало кваліфікованих спеціалістів зі значним досвідом у цій сфері, тому пропонується у якості експертів обирати не лише тих, хто безпосередньо займається управлінням ризиками, а й працівників різних організаційних ланок. Такий підхід дасть можливість висвітлювати проблеми на різних виробничо-організаційних щаблях, різні точки зору на одній й ті самі проблеми виконавців і менеджменту.

За використання методу Дельфі для ідентифікації ризиків проблема підбору експертів постає дуже гостро. За виключенням певних випадків, коли є можливість залучення спеціалістів у конкретній сфері діяльності (для ідентифікації виробничих ризиків, що пов'язані з функціонуванням певного обладнання, або ж інвестиційних ризиків на конкретній частці ринку та ін.), найбільш обізнаними, зазвичай, є керівники підрозділів підприємства.

Анкетування проводитиметься шляхом заочного спілкування та розсилки листів, опитування по телефону чи інтернет-листування. Такий варіант експертної оцінки має свої переваги, а саме: немає необхідності збирати експертів разом, а відповідно, кожен може провести експертизу у зручні для нього місце та час. В такому випадку підвищується відсоток об'єктивності відповідей експерта.

З метою отримання якісної експертної оцінки ризику слід звернутися до п. 7.5.2. ISO 9001:2015 [41] і виконати наступне: визначити цілі і завдання експертної оцінки; використати кваліфікованих експертів; застосувати методи експертної оцінки, адекватні для аналізу та оцінки контексту ризик-менеджменту; застосувати адекватну методику обробки, аналізу й інтерпретації результатів оцінки; дані, отримані під час оцінювання, зареєструвати; за зміни політики чи/або цілей компанії, організаційної структури, проведення бізнес-процесів попередні заходи застосувати повторно.

Більшість наукової літератури пропонує підхід – чим більше експертів, тим краще. Однак, він є не досить обґрунтованим, так як сам метод націлений на вияв узгодженої думки, яка з точки зору статистики, є математичним очікуванням. Відповідно, приближення до неї згідно закону більших чисел, буде тим краще, чим більше братимуть участь експертів. Однак, більше не означає краще, так як в галузі управління ризиками спостерігається брак спеціалістів, а збільшення кількості експертів може знижувати якість оцінки в бік непрофесіоналізму. Також слід зважати на ціль експертної оцінки: якщо експертиза проводиться для ідентифікації ризику, то в якості експертів можуть залучатися фахівці зі суміжних професій. У випадку, коли проводиться експертна оцінка наявного ризику, потребується думка лише фахівців з ризик-менеджменту та можливе залучення керівництва підприємства. Отже, питання кількості експертів необхідно підходити зважено в кожному окремому випадку згідно цілей експертизи. Рекомендується експертну комісію формувати в середньому з 15-20 осіб.

Особливу увагу при обробці результатів експертної оцінки слід приділити «особливим точкам зору», тобто відповідям експертів, що суттєво відрізняються від думок усієї експертної групи. Необхідно з'ясувати: така «особлива думка» є невірною або ж навпаки, новим підходом до проблеми ідентифікації та оцінювання ризиків, який не побачили інші експерти. Це варто враховувати вже на етапі ідентифікації ризиків, так як є необхідність виявлення якомога більшої кількості ризиків для їх подальшого аналізу [42].

Досить частою є ситуація, коли думки експертів щодо досліджуваної проблеми розділяються. У такому випадку виникає необхідність кількісної оцінки ступеня узгодженості думок у вигляді коефіцієнту конкордації.

Кількісна міра узгодженості дає можливість більш обґрунтовано підійти до інтерпретації причин розходження думок.

При ранжуванні об'єктів в якості міри узгодженості думок групи експертів використовується дисперсійний коефіцієнт конкордації. Так, розглядається матриця результатів ранжування m об'єктів групою з d експертів в $\|r_{is}\|$ ($s = 1, d; i = 1, m$), где r_{is} – ранг, що надано s -м експертом i -му об'єкту. Складемо суми рангів за кожним рядком та як результат отримуємо вектор з компонентами

$$r_i = \sum_{s=1}^d r_{is} \quad (i = \overline{1, m}) \quad (2.1)$$

Розглянемо величини r_i як реалізації випадкової величини та знайдемо дисперсію. Оптимальна за критерієм мінімуму середнього квадрату помилки оцінка дисперсії визначається за формулою:

$$D = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (r_i - \bar{r})^2 \quad (2.2)$$

де \bar{r} – оцінка математичного очікування, що вираховується як:

$$\bar{r} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m r_i \quad (2.3)$$

Дисперсійний коефіцієнт конкордації визначається як відношення оцінки дисперсії до максимального значення цієї оцінки:

$$W = D / D_{\max} \quad (2.4)$$

Коефіцієнт конкордації змінюється від 0 до 1, оскільки $0 \leq D \leq D_{\max}$.

Максимальне значення дисперсії дорівнює:

$$D_{\max} = \frac{d^2 (m^3 - m)}{12(m - 1)} \quad (2.5)$$

Оцінка дисперсії розраховується як:

$$D = \frac{1}{m - 1} \times S \quad (2.6)$$

Отже, коефіцієнт конкордації буде дорівнювати:

$$W = \frac{12 \times S}{d^2 \times (m^3 - m)} \quad (2.7)$$

Саме розглянутий механізм проведення експертної оцінки ідентифікації ризиків буде застосовано для аналізу ризиків на вітчизняних підприємствах. Після отримання даних ідентифікації ризиків, як вже було зазначено, проводиться оцінювання ризиків відповідно до обраного фахівцями методу оцінювання.

Важливо, щоб форма, метод оцінювання та її результат відповідали ряду критеріїв: обґрунтованість і відповідність ситуації, представлення результатів у зручному для розуміння та способу обробки вигляді, забезпечення прозорості, відтворення та можливості перевірки. Обираючи метод для обробки ризику необхідно враховувати: кількісні та якісні цілі дослідження; міру деталізації роботи з ризиком; тип та обсяг аналізованих ризиків; потенційний розмір наслідків; рівень експертизи та необхідних ресурсів; доступність інформації і даних; потребу у майбутньому в модернізації оцінки ризиків; будь-які регуляторні та договірні вимоги.

Ресурси та можливості, що можуть вплинути на вибір методу обробки ризику: навички, досвід, здатність і можливості групи, що займається обробкою ризику; обмеження по часу та іншим ресурсам; достатність бюджету, за необхідності потреба у зовнішніх ресурсах.

Таких методик і підходів у практиці світового ризик-менеджменту існує досить багато, розглянемо основні з них, що найбільш застосовні до практики оцінювання ризиків вітчизняних підприємств (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Застосовність підходів до оцінки ризиків

Підходи та методики	Процес оцінки ризику				Оцінка ризику
	Ідентифікація ризику	Аналіз ризику			
		Наслідки	Ймовірність	Рівень ризику	
«Мозковий штурм»	SA	NA	NA	NA	NA
Структуроване або напівструктуроване опитування	SA	NA	NA	NA	NA
Метод Делфі	SA	NA	NA	NA	NA
Контрольні листи	SA	NA	NA	NA	NA
Попередній аналіз небезпек (PHA)	SA	NA	NA	NA	NA
Дослідження небезпеки та праяздатності (HAZOP)	SA	SA	A	A	A
Аналіз небезпек та критичні контрольні точки (HACCP)	SA	SA	NA	NA	SA
Оцінка екологічного ризику (оцінка токсичності)	SA	SA	SA	SA	SA
Структурована методика «А що якщо...?» (SWIFT)	SA	SA	SA	SA	SA
Аналіз сценаріїв	SA	SA	A	A	A
Аналіз впливу на діяльність	A	SA	A	A	A
Аналіз початкової причини	NA	SA	SA	SA	SA
Аналіз характеру та наслідки відмов	SA	SA	SA	SA	SA
Аналіз «дерева» несправностей	A	NA	SA	A	A
Аналіз «дерева» подій	A	SA	A	A	NA
Аналіз причини і наслідків	A	SA	SA	A	A
Причинно-наслідковий аналіз	SA	SA	NA	NA	NA
Аналіз рівнів захисту (LOPA)	A	SA	A	A	NA
Аналіз «дерева» рішень	NA	SA	SA	A	A
Аналіз надійності оператора	SA	SA	SA	SA	A
Аналіз схеми «краватка-метелик»	NA	A	SA	SA	A
Технічне обслуговування задля забезпечення надійності	SA	SA	SA	SA	SA
Аналіз паразитних ланцюгів	A	NA	NA	NA	NA
Аналіз Маркова	A	SA	NA	NA	NA
Імітаційне моделювання за допомогою методу Монте-Карло	NA	NA	NA	NA	SA
Байєсова статистика і мережа Байєса	NA	SA	NA	NA	SA
Криві FN	A	SA	SA	A	SA
Показники ризику	A	SA	SA	A	SA
Матриця наслідків і ймовірностей	SA	SA	SA	SA	A
Аналіз витрат та вигід	A	SA	A	A	A
Багатокритеріальний аналіз рішень (MCDA)	A	SA	A	SA	A

Таблиця 2.2 ілюструє методи аналізу та оцінки ризиків на підприємстві та їх застосовність на етапах роботи з ризиками. Так, позначення SA означає рекомендацію методу до застосування, NA – не прийнятність використання методу на певному етапі та A – застосовність методу.

Ризики можуть бути комплексними, як наприклад, в складних системах, в яких досить часто необхідно оцінювати ризики всієї системи, а не обробляти кожен компонент окремо, без врахування взаємодії. Непрямий вплив і залежність ризиків повинні бути зрозумілі для того, щоб забезпечити управління одного ризику без створення неприйнятної ситуації в іншому місці. Розуміння комплексного характеру ризику або сукупності ризиків підприємства є вирішальним під час вибору методів оцінювання ризику.

Існують такі ризики, які вимагають принципово індивідуального підходу до оцінювання. Розглянуті методи пропонують як загальноприйняті, так і специфічні підходи до оцінювання. Істотним приводом для вибору певного методу оцінки є профіль діяльності підприємства. Використання тільки одного методу в оцінці ризиків не дає повної, точної та достовірної інформації, саме тому пропонується застосовувати у сукупності й інші методи задля прийняття найбільш ефективного й оптимального рішення.

Після проведення процедур ідентифікації необхідно перейти до аналізу ризиків, метою якого є розуміння характеру ризику та його характеристик, з врахуванням рівня ризику. Аналіз ризиків включає детальний розгляд невизначеностей, джерел ризику, наслідків, ймовірності, подій, сценаріїв, заходів контролю та їх результативності.

Такий аналіз може проводитись з різним ступенем деталізації та складності залежно від цілей аналізу, наявності та надійності інформації, наявних ресурсів. Методи аналізу поділяють на якісні, кількісні та їх комбінації в залежності від обставин та передбачуваного використання.

Аналіз ризиків є базою для оцінювання ризиків і прийняття рішень щодо їх обробки. Під час аналізу необхідно враховувати наступні фактори:

- ймовірність подій і наслідків;
- характер і масштаби наслідків;
- складність і кореляція;
- часові фактори та волатильність;
- результативність існуючих заходів контролю;

- рівень критичності.

Дані аналізу ризиків є вхідними даними для оцінки ризиків, для прийняття рішення щодо необхідності обробки ризику та яким саме чином, із застосуванням якого методу чи стратегії.

Аналіз ризиків як етап управління ризиками має три послідовні етапи:

1) аналіз наслідків дає можливість визначити вид і характер події, що могла б виникнути, спрогнозувати обставини, за яких такого роду подія може реалізуватися. Такий вид аналізу може варіювати від простого опису результатів до подетального кількісного моделювання або аналізу вразливостей. Аналіз наслідків може включати наступні дії: врахування вже існуючого контролю, що направлений на зниження наслідків деструктивного впливу; зв'язок наслідків ризику з початковими цілями управлінських дій; розгляд наслідків ризиків, які реалізуються негайно після дії ризику та тих наслідків, що можуть реалізуватися з плином часу; аналіз опосередкованих наслідків, що пов'язані з обладнанням, системою чи підприємством загалом.

2) оцінка ймовірності події передбачає використання історичних даних для ідентифікації подій або ситуацій, що вже відбулися, і можливість екстраполяції ймовірності їх виникнення у майбутньому; прогнозування ймовірності за допомогою аналізу дерева помилок та аналізу дерева подій; отримання експертної думки.

Пропонується наступна якісна шкала для оцінки ймовірності події, що подані у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Шкала оцінки ймовірності події

Рівень	Якісна шкала	Ймовірність
0	Дуже рідко	Рідше одного разу на 100 років
1	Рідко	У середньому один раз на 10 років
2	Ймовірно	У середньому один раз на 3 роки
3	Дуже ймовірно	У середньому один раз на рік
4	Скоріше за все	Декілька разів на рік
5	Досить часто	Декілька разів на місяць
6	Часто	Декілька разів на тиждень
7	Дуже часто	Декілька разів на день

3) визначення рівня ризику як етап передбачає в якості вхідних даних створення переліку сценаріїв подій із їх наслідками (тих подій, що пов'язані з активами та бізнес-процесами, їх ймовірність). Для визначення рівня ризику необхідно визначити рівень ризику для усіх сценаріїв подій шляхом створення переліку ризиків із зазначенням їх рівня. Рівень ризику розглядається в якості величини або комбінації ризиків, що виражена як комбінація наслідків та їх ймовірність.

Процедура аналізу й оцінки ризиків може здійснюватися за допомогою різних методів і схем. Наступним етапом після отримання результатів аналізу ризиків є оцінка ризиків. Ризики можна оцінювати якісно та кількісно. У вітчизняній практиці ризик-менеджменту частіше використовують якісні методи оцінки через їх порівняно не складну процедуру та достатній рівень інформативності.

Якісно оцінений ризик характеризує джерело потенційної загрози та її вид. Якщо у процедуру оцінювання додається бальна оцінка, яка кількісно оцінює можливість настання події і наслідків, можна говорити про напівкількісний метод оцінювання. Такий метод, зазвичай, доповнюється якісним аналізом, який також використовують на початку кількісного аналізу.

Кількісна оцінка ризику по відношенню до якісної має ряд переваг: по-перше, така оцінка дає можливість робити висновки щодо ступеня ризику більш об'єктивно; по-друге, дає можливість розробити відповідно до ступеня ризику механізм управління; по-третє, порівнювати з нормативними вимогами та між собою можна лише кількісно оцінені ризики.

Оцінювання ризиків здійснюється по-перше, з точки зору їх повного впливу, для тих ризиків, що є наявними, по-друге, з врахуванням нетто-впливу після застосування методів управління, тобто оцінка залишкових ризиків. Під час оцінки ризиків використовуються дані, отримані під час аналізу ризиків для прийняття рішень у майбутньому.

В результаті оцінювання ризику може призвести до:

- перегляду цілей;
- прийняття ризику (тобто управлінські дії не застосовуються);
- перегляд варіантів обробки ризику (критичності ризику);
- проведення додаткового аналізу, задля кращого розуміння ризику;
- підтримка існуючих заходів контролю.

Загальний підхід до прийняття рішення, щодо обробки ризику можна поділити на три діапазони згідно ІЕС/ISO 31010:2013 [43]:

- нижній діапазон – рівень ризику вважається незначним або настільки малим, що немає необхідності у заходах з його обробки;
- середній діапазон – враховуються витрати та вигоди, при цьому можливості збалансовані з потенційними наслідками;
- верхній діапазон – рівень ризику вважається неприйнятним незалежно від того, які вигоди може принести діяльність, обробка ризику необхідна незалежно від її вартості.

За такого підходу застосовується в практиці забезпечення економічної безпеки система критеріїв ALARP (as low as reasonably practicable). Для визначення пріоритетності ризику можна використовувати показник RPN (Risk priority number) – число пріоритетності ризику, як спосіб його оцінювання, що використовується в аналізі видів і наслідків відмов.

Окрім вищерозглянутих методик обробки ризику зараз існує досить велика кількість різноманітних програмних продуктів, які дозволяють в електронному вигляді проводити ідентифікацію, аналіз та оцінювання ризиків в компанії не залежно від галузі її господарювання. Так, проведено аналітичний огляд таких найрозповсюджених програмних продуктів. Як і методи обробки ризику, програмні засоби доцільно поділити на методики, що використовують оцінку ризику на якісному рівні та кількісні методики, згідно яких ризик оцінюється через числове значення, а також змішані методики, що поєднують елементи двох попередніх. Більшість з програмних методик працюють з інформаційними ризиками, створюють історичну базу даних для подальших оцінок ризиків, складають картографію ризиків,

проводять аналіз та оцінювання згідно міжнародних стандартів з управління ризиками в тій чи іншій сфері.

Розглянуті програмні засоби розраховані як на малі, так і середні й великого розміру компанії. Зазвичай, це дороговартісні програми, передплата на які здійснюється щороку, в межах якої проводиться впродовж року технічна підтримка.

На рис. 2.4 нами систематизовано методи ідентифікації ризиків і програмні продукти, що можуть бути використані для спрощення і автоматизації процесів визначення ризиків, їх каталогізації та оцінювання.

Методами управління ризиками, які можуть бути обраними за результатами аналізу і оцінювання, є: ухилення від ризику (запобігання ризику), мінімізація ризику, передача ризику, прийняття ризику, диверсифікація ризику.

Ухилення від ризику означає готовність підприємства відмовитись від економічної вигоди, що могла б бути отримана у результаті готовності менеджменту компанії ризикувати. Цей метод зазвичай обирається, коли оцінка потенційних збитків від негативного наслідку ризику є значно вищою, ніж можливі прибутки суб'єкта господарювання.

Мінімізація ризику означає вибір таких варіантів управлінських рішень впливу на ризик, що здатні або обмежити ймовірність його настання, або зменшити його негативні наслідки для корпоративних ресурсів і економічних інтересів компанії. Передача ризику – це сукупність дій щодо зменшення сили впливу ризику за рахунок компенсації його наслідків із зовнішніх джерел (наприклад, шляхом страхування або передачі в аутсорсинг).

Прийняття ризику – відмова від дій щодо зменшення ризику або його уникнення з метою отримати вигоду від його позитивного наслідку.

Диверсифікація ризику – сукупність управлінських рішень щодо розподілу ризику між різними об'єктами управління або відповідальності, чи обрання одразу кількох варіантів дій у напрямі роботи з ризиком.

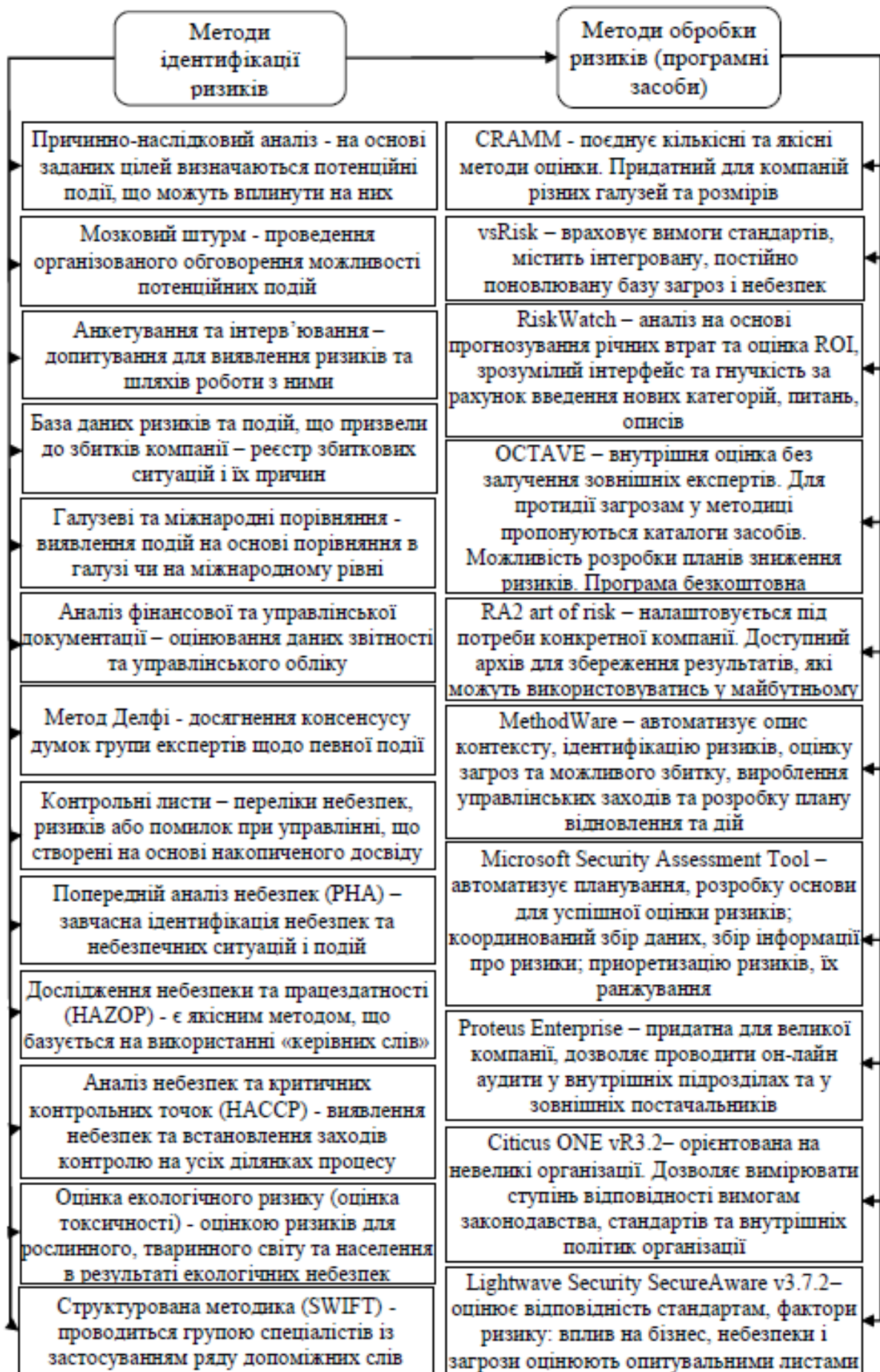


Рис. 2.4 – Методи ідентифікації ризиків і програмні продукти для їх обробки

Отже, ефективно організований процес управління ризиками починається із їх ідентифікації, тобто виявлення ризиків. Важливою характеристикою цього аспекту ризик-менеджменту є своєчасність.

Наступним етапом є оцінювання ризиків, що були виявлені і є характерними для суб'єкта господарської діяльності. На цьому етапі пріоритетом є досвід, знання та навички особи, що дає оцінку ризику, оскільки від її суджень залежить рівень достовірності проведеної процедури. Схема процесу експертного оцінювання ризиків повинна містити такі елементи, як: побудова цілей та завдань експертної оцінки, формування експертної групи, підбір методу ідентифікації ризику та обробки інформації, процес роботи експертної комісії, аналіз та обробка інформації, отриманої експертним методом, консолідована експертна оцінка, прийняття рішення. Аналіз ризиків включає детальний розгляд невизначеностей, джерел ризику, наслідків, ймовірності, подій, сценаріїв, заходів контролю та їх результативності. Управлінське рішення формується за результатами усіх 3-х зазначених етапів.

2.2. Характеристика методів аналізу ризику небезпечних промислових об'єктів

Сучасний етап функціонування промислових об'єктів характеризується ускладненням контролю за умовами праці та виробничого середовища [44]. Якщо протягом попередніх періодів вибір способів і шляхів комплексного вирішення проблем розвитку підприємства та визначення основних параметрів об'єктів проводилися, в першу чергу, на основі мінімізації економічних витрат, то на даний час стає актуальним питання оцінки ризиків настання позаштатних ситуацій на об'єктах підприємства, і зокрема, в енергетичному господарстві підприємств харчової промисловості. Один з найважливіших напрямків вирішення даного питання – прийняття комплексу технічних і організаційних рішень на основі теорії ризику, а саме на основі ризик орієнтовного підходу.

Ризик є неминучим фактором. Ризик, згідно Закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» [14] – це ступінь імовірності певної негативної події, яка може відбутися в певний час за певних обставин. Це можливість здійснення будь-якої події, яка сприяє проявленню негативних результатів в діяльності людини.

Під ризиком розуміється кількісна міра небезпеки, що враховує ймовірність виникнення позаштатної ситуації на ОПН та можливу величину втрат від них. Ризик $R(t)$ оцінюється наступним чином:

$$R(t) = P(t) \cdot S(t), \quad (2.8)$$

де $P(t)$ – імовірність настання несприятливої події (збою, аварії), обумовленої негативним взаємовпливом між системами (підсистемами) ОПН; $S(t)$ – тяжкість наслідків несприятливої події (аварії, збою) у ОПН, що вимірюється в термінах шкоди (економічної, здоров'ю людей, тощо).

Проте це не єдина формула за допомогою якої можна обчислювати ризики. Так, наприклад, з метою збільшення точності можна застосовувати чотири множника та удосконалену шкалу оцінювання, порівняно із вихідним матричним методом та іншими модифікаціями.

$$R(t) = P \cdot S \cdot F \cdot N, \quad (2.9)$$

де ризик $R(t)$ розраховувався як добуток чотирьох множників, замість двох, як у базовому методі. Ці множники виступають в якості параметрів: ймовірність настання випадку P , частота прояву небезпечного чинника F , ступінь можливої шкоди S , кількість осіб під дію небезпечного чинника N .

Загальною метою оцінки ризиків є визначення необхідності виконання заходів забезпечення безпеки праці для зниження ризику до прийняттого рівня. Під час планування заходів щодо забезпечення безпечних умов функціонування треба враховувати весь спектр існуючих небезпек. Обґрунтованим вважається варіант збалансованих витрат на створення систем безпеки за рахунок зниження рівня ризику та підвищення вигоди, яка одержується від господарської діяльності. Виходячи з формалізованого підходу, ризики можна поділити на три категорії:

- прийнятний ризик (рівень ризику, з яким суспільство в цілому може миритися заради одержання визначних благ чи вигоди);
- ризик, що вимагає подальших оцінок;
- неприйнятний ризик (рівень ризику максимальний, вище якого необхідно вживати заходи для його усунення).

Прийнятність ризику в різних ситуаціях може бути визначено, виходячи з аналізу чинного законодавства про охорону праці та промислову безпеку, правил і норм безпеки, додаткових вимог наглядових органів, наявних статистичних даних про нештатні ситуації та їх наслідки. Метою аналізу ризику є розроблення обґрунтованих профілактичних заходів на основі ідентифікації та оцінки чинників, що впливають на безпеку об'єкта, з урахуванням ймовірності настання позаштатної ситуації та її наслідків. Оскільки віднесення підприємства до одного з класів здійснюється шляхом аналізу стану охорони праці за попередній період, керівництво підприємства зацікавлене в створенні таких умов праці, що дозволять знизити ризик настання позаштатної ситуації, та, як наслідок, сумарні витрати з охорони праці. При цьому існує проблема визначення цього ризику, а також вибору оптимальних рішень щодо покращення умов праці. Для обґрунтування вибору оптимального рішення з множини можливих використовуються спеціальні методи підтримки прийняття рішень та експертні оцінки [45]. Ми будемо використовувати існуючі методики оцінки ризику аварій для об'єктів різних галузей, насамперед – для об'єктів підвищеної небезпеки.

Одним із найважливіших етапів проведення оцінки ризику є обрання методів оцінювання. Найчастіше вибір здійснюють із методів, описаних у стандарті ISO/IEC 31010:2009 «Risk management – Risk assessment techniques», що розділені на 5 груп [46]. Як приклад можна навести наступні методи: креативні методи (метод Делфі, структуровані інтерв'ю), методи аналізу сценаріїв (дерево відмов), методи аналізу індикаторів (чек-листи), методи функціонального аналізу (FMEA/FMECA, НАССР, HAZOP, HAZID), статистичні криві (байєсові криві, метод Монте–Карло).

Стандарт містить описи методів, їх недоліки та переваги, але саме обрання методу не є стандартизованим процесом. Фактори, що мають визначати вибір методу, чітко не визначені ані у стандартах з ризик-менеджменту, ані у стандарті системи управління охороною праці. Але привертає увагу той факт, що використання вказаних методик передбачає їх адаптацію до умов конкретного підприємства або галузі з урахуванням корпоративних стандартів та нормативно-правових документів підприємства. Згідно останніх досліджень, найпоширенішим та найбільш раціональним серед стандартних методів є метод «матриця наслідків та вірогідностей». Поширення цього методу підтверджується практикою, за досвідом Білорусі близько 90 % організацій користуються саме таким методом оцінки професійних ризиків при побудові СУОП. Численні європейські методики оцінки ризику також засновані на матричному методі. Базовий метод «Матриця наслідків та вірогідностей» – метод оцінки ризиків за ймовірністю їх виникнення та серйозності наслідків викладено в ISO 45001:2018 [47].

Існує багато методів аналізу ризику, основні з них наступні: «Що буде, якщо...» (What – If?), перевірочний лист (Check – List) або їх комбінація відносяться до групи якісних методів оцінки небезпеки, що основані на вивченні відповідності умов експлуатації об'єктів або проекту діючим вимогам промислової безпеки.

Особливістю метода перевірочного листа є те, що він надає більш загальну інформацію та результати щодо наслідків порушень безпеки, ніж метод «Що буде, якщо...».

Ці два методи є найбільш простими, недорогими та найбільш ефективними при досліджуванні безпеки добре вивчених об'єктів з відомою технологією або об'єктів з незначним ризиком крупної аварії.

Аналіз виду та наслідків відмов (Failure Mode and Effects Analysis) – застосовується для якісної оцінки безпеки технічних систем. Суттєвою особливістю є розгляд кожного апарату (блоку, виробу, устаткування) або

частини системи щодо того, як він став несправний (вид та причина відмови) та який би був вплив відмови на технічну систему.

Одним з видів даного аналізу є **метод дослідження небезпеки та пов'язаних з нею проблем (HAZOP)** – це процедура ідентифікації можливих небезпек по усьому об'єкту в цілому. Вона особливо корисна при ідентифікації непередбачених небезпек, що закладені в об'єкті в наслідок недоліку інформації при розробці, або небезпек, що з'являються у існуючих об'єктів з причини відхилення у процесі їх функціонування.

Кількісний аналіз виду, наслідків та критичності відмов (Failure Mode, Effects and Critical Analysis) – це більш поширений метод, ніж аналіз виду та наслідків відмов. У цьому випадку кожний вид відмов ранжується з урахуванням двох складових критичності – імовірності (або частоти) та важкості наслідків відмови.

Ці два методи (аналіз виду та наслідків відмов та кількісний аналіз виду, наслідків та критичності відмов) застосовуються для аналізу проектів складних технічних систем або при модифікації небезпечних виробництв. Це сукупність засобів ідентифікації головних джерел небезпеки та аналізу частот, за допомогою яких аналізуються усі аварійні стани даної одиниці обладнання щодо їх впливу на інші компоненти, так і на систему у цілому.

У методі аналізу небезпеки та працездатності (**Hazard and Operability Study**) проводиться дослід саме впливу відхилів технологічних параметрів таких, як температура, тиск та інші від регламентованих режимів з точки зору виникнення небезпеки. Метод аналізу небезпеки та працездатності крім ідентифікації небезпек та їх ранжування дозволяє виявити невизначеності та неточності у інструкціях по безпеці та сприяє їх подальшому вдосконаленню.

Для виявлення причино-наслідкового зв'язку між комбінаціями випадкових локальних подій, що виникають з різноманітною частотою на різних стадіях аварії, застосовують логіко – графічні методи аналізу «дерев відмов та подій».

Аналіз дерев відмов (Fault Tree Analysis) – це сукупність засобів ідентифікації небезпек та аналізу частот небажаної події, за допомогою яких визначаються усі шляхи її реалізації. При цьому аналізі виявляється комбінація відмов обладнання, помилок персоналу та зовнішнього впливу, що призводять до аварійної ситуації.

Аналіз дерева подій (Event Tree Analysis) – це сукупність засобів ідентифікації небезпеки та аналізу частот, у яких використовується індуктивний підхід з метою переведення ініціюючих подій у можливі виходи, тобто алгоритм побудови послідовності подій, що виходять із основної події. Використовується для аналізу розвитку аварійної ситуації.

Ці два методи є трудомісткими та застосовуються для аналізу проектів та модернізації технічних систем та виробництва.

Попередній аналіз небезпеки (Preliminary Hazard Analysis) – це індуктивний метод аналізу, метою якого є ідентифікація небезпек, що можуть надати шкоду даній діяльності, об'єкту або системі. Найчастіше його прийнято проводити на ранній стадії розробки проекту, коли замало інформації відносно деталей конструкцій, робочих процедур та ін.

Аналіз впливу людського фактору (Human Reliability Analysis) – це сукупність засобів аналізу частот в області впливу людини на показники роботи системи, за якими визначається вплив помилок людини на надійність.

Методи кількісного аналізу ризику характеризуються розрахунком таких показників ризику, як індивідуальний, соціальний, потенціальний та колективний ризику, і можуть включати у себе методи якісного аналізу.

Проведення кількісного аналізу вимагає високої кваліфікації виконавців, великого об'єму інформації стосовно аварійності, надійності обладнання, обліку відмінностей навколишнього середовища, метеоумов, часу знаходження людей на території та поблизу об'єкту, щільності заселення та інших факторів. Недоліками цього аналізу є невисока точність результатів, внаслідок чого використання кількісних показників у якості критеріїв безпеки для складних виробництв, як правило, не виправдано.

Також існують такі додаткові методи що, що використовують при аналізі ризику, як відомості перевірок, загальний аналіз відмов, моделі описання наслідків, метод Делфі, індекси небезпек, метод Монте-Карло та інші методи моделювання, парні порівняння, облік даних по експлуатації, аналіз прихованих процесів та ін.

Таким чином, різноманіття вищезазначених методів та моделей дає можливість проводити аналіз ризику на усіх стадіях існування об'єкту, починаючи із планування та організації робіт і закінчуючи виводом його з експлуатації.

2.3. Оцінка ризику втрати та ушкодження господарських об'єктів в регіонах України

Ризик від втрати та ушкодження господарських об'єктів від НС різного походження протягом року визначається за формулою 2.10. При цьому ймовірність реалізації НС із втратами для господарських об'єктів на території заданого регіону визначається за виразом 2.11.

Для умов Запорізької області ймовірність реалізації НС із втратами для господарських об'єктів становитиме

$$P_T = \frac{N_i}{\sum_{i=1}^n N_i + \sum_{i=1}^n M_i} = \frac{57}{57+63} = 0,475, \quad (2.10)$$

Уразливість господарських об'єктів до руйнування в результаті НС на території Запорізької області визначається за співвідношенням

$$V_{T1} = \frac{N_{T1}}{N_T} = \frac{9}{1060} = 0,0088. \quad (2.11)$$

Уразливість господарських об'єктів до ушкодження в НС на території Запорізької області становитиме

$$V_{T2} = \frac{N_{T2}}{N_T} = \frac{23}{1060} = 0,022. \quad (2.12)$$

За таких умов ризик від втрати та пошкодження господарських об'єктів Запорізької області в результаті реалізації НС різного походження становитиме

$$R_T = \sum_{i=1}^n P_{Ti}(V_{T1i} \cdot L_{T1i} \cdot N_{T1i} + V_{T2i} \cdot L_{T2i} \cdot N_{T2i} =$$

$$= 0,475(0,0088 \cdot 9 + 0,022 \cdot 23) = 0,2728 \text{ об./рік.} \quad (2.13)$$

Проводячи розрахунки аналогічним чином для інших регіонів держави, отримуємо кількісні значення ризику від втрати та пошкодження ПНО в результаті НС (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Результати оцінки ризику від втрати та пошкодження ПНО в результаті НС

Регіон України	Ймовірність НС із збитками для ПНО, P_{Ti}	Уразливість ПНО в НС		Кількість ПНО, N_{Ti}	Ризик від втрати та пошкодження ПНО, R_{Ti}
		до руйнування, V_{T1i}	до ушкодження, V_{T2i}		
АР Крим	0,4318	0,0174	0,0417	899	0,7906
Вінницька	0,5060	0,0108	0,0262	663	0,2700
Волинська	0,3636	0,0112	0,0281	301	0,0998
Дніпропетровська	0,4056	0,0087	0,0209	2055	0,4284
Донецька	0,4164	0,0158	0,0376	2908	2,0111
Житомирська	0,4038	0,0143	0,0347	543	0,3081
Закарпатська	0,4390	0,0038	0,0097	754	0,0359
Запорізька	0,4750	0,0089	0,0215	1060	0,2728
Івано-Франківська	0,3714	0,0119	0,0291	535	0,1960
Київська	0,4096	0,0177	0,0428	673	0,5909
Кіровоградська	0,4242	0,0104	0,0255	503	0,1623
Луганська	0,4201	0,0164	0,0392	1107	0,8402
Львівська	0,4422	0,0096	0,0230	1356	0,3721
Миколаївська	0,3804	0,0074	0,0182	721	0,1061
Одеська	0,4537	0,0173	0,0418	678	0,6304
Полтавська	0,3600	0,0039	0,0095	1439	0,0548
Рівненська	0,4400	0,0027	0,0073	516	0,0136
Сумська	0,3415	0,0092	0,0228	527	0,1086
Тернопільська	0,3962	0,0061	0,0154	530	0,0576
Харківська	0,4906	0,0070	0,0170	1694	0,2811
Херсонська	0,4242	0,0171	0,0415	519	0,4432
Хмельницька	0,3714	0,0047	0,0119	734	0,0447
Черкаська	0,3478	0,0146	0,0357	508	0,2625
Чернівецька	0,3939	0,0076	0,0194	355	0,0606
Чернігівська	0,4500	0,0070	0,0172	747	0,1159

За результатами оцінки проведено ранжирування регіонів України за рівнем ризику від руйнування та пошкодження потенційно небезпечних об'єктів в результаті надзвичайної ситуації (рис. 2.5).

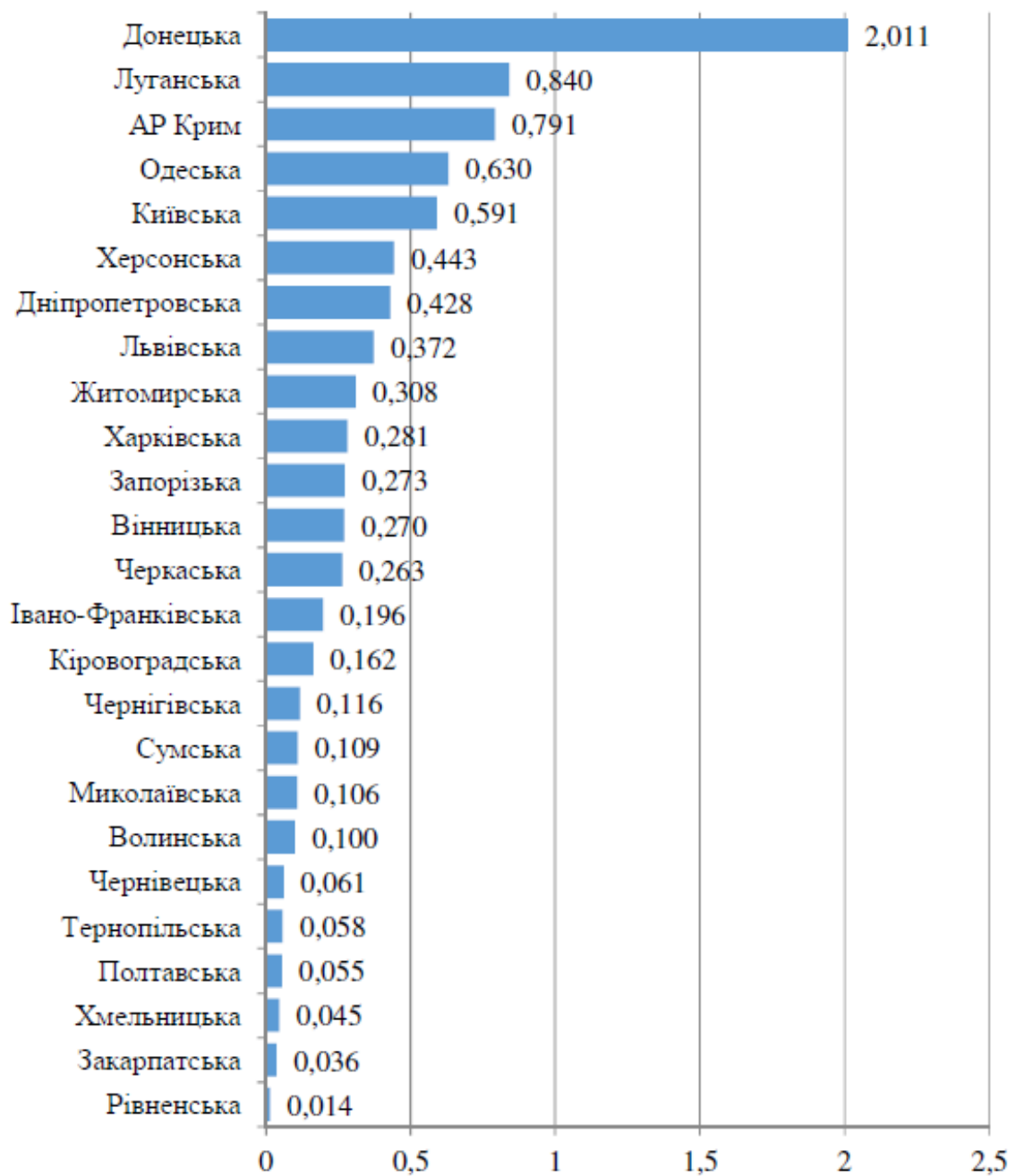


Рис. 2.5 – Ранжирування регіонів України за рівнем ризику від руйнування та пошкодження ПНО в результаті НС

Отримані результати показують, що Донецька область є найбільш небезпечною і має найбільший рівень ризику руйнування та пошкодження ПНО від НС різного походження, можливих на її території. Це пояснюється

тим, що цей регіон характеризується найбільшою кількістю ПНО, до складу яких відносяться підприємства гірничо-видобувної, металургійної та хімічної галузей промисловості. В умовах військового конфлікту на сході України значно зростає загроза руйнування і пошкодження ПНО в результаті потрапляння бойових снарядів під час військових дій.

Луганська, АР Крим, Одеська, Київська області мають високий рівень ризику руйнування та пошкодження ПНО, обумовлений функціонуванням на їх території підприємств хімічної, переробної галузей, що використовують процесі роботи небезпечні речовини.

Херсонська, Дніпропетровська, Львівська, Житомирська, Харківська, **Запорізька області** характеризуються середнім рівнем ризику руйнування та пошкодження ПНО. Незважаючи на значну кількість ПНО в цих регіонах, кількість НС техногенного походження в них має тенденцію до зниження, що пояснює отримані результати оцінки ризику.

Рівненська, Закарпатська, Тернопільська, Хмельницька, Полтавська області мають найнижчі рівні ризику для ПНО від НС, що пояснюється відносно невеликою кількістю функціонуючих промислових об'єктів на їх території порівняно з областями східного регіону держави.

2.4. Методи визначення ризику техногенної небезпеки

Цій проблемі присвячена велика кількість наукових праць, існують навіть міжнародні стандарти, де описані методи визначення ризику. Сучасне українське законодавство [1-7], яке теж базується на РОП, вимагає перегляду й детального аналізу всіх можливих сценаріїв аварій та всіх можливих вихідних подій як цілісної системи забезпечення безпеки персоналу, населення та довкілля. Подібна потреба оцінки безпеки виникає у кожного суб'єкта діяльності небезпечних технологій у таких процесах:

- 1) декларування безпеки й отримання ліцензії на небезпечну діяльність;
- 2) оцінка рівня безпеки для страхування;

- 3) після виникнення випадкових небезпечних подій для оцінки рівня безпеки того, що відбулося;
- 4) під час контролю (інспекцій ЦОВ).

У рамках оцінок та аналізу ризику на основі ймовірнісних структурно-логічних моделей можливо здійснити перегляд сценаріїв та визначити кількісні критерії. Кількісні розрахунки дозволяють визначити ймовірності виникнення аварій, ймовірності переходу аварії з однієї стадії в наступну, умови такого переходу, математичну значимість усіх випадкових подій, що дозволяє оптимальним чином робити розподіл коштів на запобігання аварій та ліквідацію наслідків. Оскільки ризик у кожному конкретному випадку залежить від параметрів безпеки підприємства (J, S_n, M_A) то з цього слідує, що й сили та засоби реагування залежать від цих параметрів. Тому завдання визначення ризику важливе не тільки для попередження небезпеки, а й для регулювання розташування сил реагування. З математичної точки зору, це можливо описати в такому виді: ризик R є функцією 6-и таких змінних:

$$R = F(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6), \quad (2.14)$$

- де x_1 – всі ймовірні сценарії аварій для всіх режимів роботи;
- x_2 – всі можливі вихідні події, природного характеру тощо;
- x_3 – зношеність основного обладнання та статистика його відмов;
- x_4 – типи захисного обладнання та його стан;
- x_5 – навченість персоналу;
- x_6 – наслідки з урахуванням природно-кліматичних умов.

Для проведення кількісних розрахунків створюється ймовірнісна структурно-логічна модель (ІСЛМ) об'єкта, яка складається з дерев подій (ДП) – сценаріїв можливих аварій та дерев відмов (ДВ) – моделей можливих відмов існуючих систем захисту.

Кількість дерев подій (сценаріїв) відповідає кількості вихідних подій, а дерева відмов відповідають функціям систем захисту. Детальний опис цієї методології можна знайти в роботах з аналізу безпеки АЕС та в навчальних посібниках. Така модель вперше розроблена дослідниками із США, там же

розроблене спеціальне програмне забезпечення – комп'ютерний код «SAPHIR», який реалізує методологію на рівні числових результатів.

Висновки по розділу 2

1. Ефективно організований процес управління ризиками починається з їх ідентифікації, тобто виявлення ризиків. Важливою характеристикою цього аспекту ризик-менеджменту є своєчасність. Наступним етапом є оцінювання ризиків, що були виявлені і є характерними для суб'єкта господарської діяльності. На цьому етапі пріоритетом є досвід, знання та навички особи, що дає оцінку ризику, оскільки від її суджень залежить рівень достовірності проведеної процедури.

2. Різноманіття розглянутих методів та моделей дає можливість проводити аналіз ризику на усіх стадіях існування об'єкту, починаючи із планування та організації робіт і закінчуючи виводом його з експлуатації.

3. Запорізька область характеризується середнім рівнем ризику руйнування та пошкодження ПНО. Незважаючи на значну кількість ПНО в цьому регіоні, кількість НС техногенного походження має тенденцію до зниження, що пояснює отримані результати оцінки ризику.

4. Потрібні корінні зміни технологій управління безпекою, у тому числі й процедур моніторингу безпеки, на основі ризик-орієнтованих підходів і відповідних розрахунків ризику. На основі кількісних розрахунків ризиків повинні визначатися параметри внутрішнього й зовнішнього моніторингу. Можливість невиконання цілей безпеки також є ризик.

РОЗДІЛ 3

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ТА ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНОГЕННОГО РИЗИКУ

3.1. Загальна структура аналізу техногенного ризику

Аналіз та оцінювання ризиків у сфері техногенної безпеки є основою системи управління безпекою технічних і технологічних систем різних типів і рівнів. Вони включають такі основні завдання: обґрунтування цілей і завдань аналізу ризику; аналіз технологічних особливостей виробничого об'єкта; виявлення всіх джерел небезпеки; визначення подій, здатних ініціювати виникнення аварій; формування ймовірних сценаріїв розвитку аварій; аналіз сценаріїв; оцінювання ймовірності виникнення аварії для кожної події, що ініціює аварію; визначення чинників ураження; моделювання і прогнозування масштабів наслідків аварій для населення, навколишнього середовища за сценаріями розвитку аварій; оцінювання ймовірностей впливу зовнішніх чинників, які не залежать від умов експлуатації ПНО; оцінювання й аналіз ризику щодо його прийнятності; побудова полів потенційного ризику навколо кожного з виділених джерел небезпеки; визначення достатності превентивних заходів для забезпечення стійкості об'єктів до внутрішніх і зовнішніх впливів.

Концептуальну основу аналізу техногенного ризику можна подати схемою (рис. 3.1). Під час аналізу безпечності потенційно небезпечних об'єктів безпеку часто розглядають як надійність стосовно здоров'я й життя людей [48-54], стану навколишнього середовища. По-перше, за певних умов ці поняття тісно пов'язані (наприклад, коли порушення роботоздатного стану об'єкта може призвести до аварійних або катастрофічних наслідків). По-друге, такий підхід дає змогу використати кількісні показники безпеки [55], аналогічні в математичному відношенні показникам теорії надійності, методи якої розроблені досить повно й широко застосовуються на практиці.



Рис. 3.1. Загальна схема аналізу техногенного ризику

Проте безпека системи на відміну від її надійності, яка визначає внутрішні властивості системи, включає не тільки внутрішні, а й зовнішні впливи, людський чинник, тому вважають, що методологічно теорія безпеки ширша за теорію надійності.

Надійність є показником здатності системи зберігати свої істотні технічні характеристики у заданих межах упродовж фіксованого інтервалу часу за певних умов експлуатації. Вона ґрунтується на повторюваності подій, які мають небезпечні наслідки. Як показник надійності розглядають імовірність безвідмовної роботи або середню тривалість безвідмовної роботи.

Об'єктами моделювання в разі аналізу техногенної безпеки (ризiku) є множина випадкових подій виробничих процесів ПНО та їх несприятливого збігу, що призводить до смерті людей чи травмувань або до забруднення навколишнього середовища.

3.2. Дослідження показників надійності, безпеки та ризику

До показників надійності та безпеки належать кількісні характеристики надійності, які визначають відповідно до правил статистичної теорії надійності, теорії ймовірностей і математичної статистики. Сфера застосування цієї теорії обмежена багатосерійними об'єктами, які виготовляють і експлуатують у статистично однорідних умовах і до сукупності яких можна застосувати статистичне тлумачення ймовірності.

Застосування статистичної теорії надійності до унікальних й малосерійних об'єктів обмежене. Ця теорія застосовна для одиничних відновлюваних, в яких допускаються багаторазові відмови і для опису яких застосовують модель потоку випадкових подій (у тім числі рідкісних подій, коли проводять аналіз критичних або аварійних відмов). Статистичну теорію застосовують також до унікальних і малосерійних об'єктів, які, у свою чергу, складаються з об'єктів масового виробництва. У цьому разі показники надійності об'єкта розраховують методами статистичної теорії за відомими показниками надійності й безпеки компонентів та елементів об'єкта.

Розглядаючи відмову як випадкову подію, зручною **мірою надійності** технічних об'єктів фахівці вважають **ймовірність без відмовної роботи** системи (і мірою безпеки визнають імовірність безаварійної роботи).

Як відомо, ймовірність реалізації події в час t визначають за формулою

$$F(t) = \int_0^t f(t)dt. \quad (3.1)$$

$F(t)$ називають функцією розподілу випадкової величини T або інтегральним законом розподілу випадкової величини; $f(t)$ – щільністю розподілу, або диференціальним законом розподілу випадкової величини. На практиці часто застосовують величину, що визначається через функцію розподілу так:

$$P(t) = 1 - F(t). \quad (3.2)$$

У теорії надійності так визначають ймовірність безвідмовної роботи.

Ймовірність безвідмовної роботи – це ймовірність того, що в межах заданого напрацювання відмова об'єкта не виникне. Ймовірність безвідмовної роботи визначають за припущення, що в початковий момент часу об'єкт знаходився у роботоздатному стані.

Якщо позначити через t час або напрацювання об'єкта, і виникнення першої відмови розглядати як випадкову подію, а напрацювання від

початкового моменту до виникнення цієї події τ – теж як випадкову величину, то ймовірність безвідмовної роботи об'єкта в інтервалі часу $0 - t$ (включно) визначають як

$$P(t) = P(\tau > t). \quad (3.3)$$

У технічній літературі цю функцію називають **функцією надійності**.

Аналогічно для технічних об'єктів визначають імовірність безаварійної роботи:

$$S(t) = S(T > t), \quad (3.4)$$

Розглядаючи аварію як відмову через перехід об'єкта в граничний стан (який встановлюється з міркувань безпеки), а напрацювання (або час) від початкового моменту до досягнення граничного стану як ресурс T (або строк служби). Функцію $S(t)$ у цьому разі називають (за аналогією з функцією надійності) функцією безпеки.

У загальному випадку, коли стан об'єкта характеризується набором параметрів (наприклад, вектором $\mathbf{u}(t)$) із допустимою за умовами безпеки областю значень цих параметрів Ω (рис. 3.2), функцію безпеки $S(t)$ визначають за ймовірністю випадкової події, яка полягає в тім, що в інтервалі часу $[0, t]$ жодного разу не виникне аварійна ситуація (тобто параметри $\mathbf{u}(t)$ не вийдуть за межі допустимої області Ω , обмеженої поверхнею Ω_s):

$$S(t) = S\{\mathbf{u}(t_1) \in \Omega, t_1 \in [0, t]\}. \quad (3.5)$$

Функція безпеки $S(t)$ пов'язана з функцією розподілу $F(t)$ і щільністю розподілу $f(t)$ випадкової величини T співвідношеннями

$$F(t) = 1 - S(t), f(t) = dF(t)/dt = -dS(t)/dt. \quad (3.6)$$

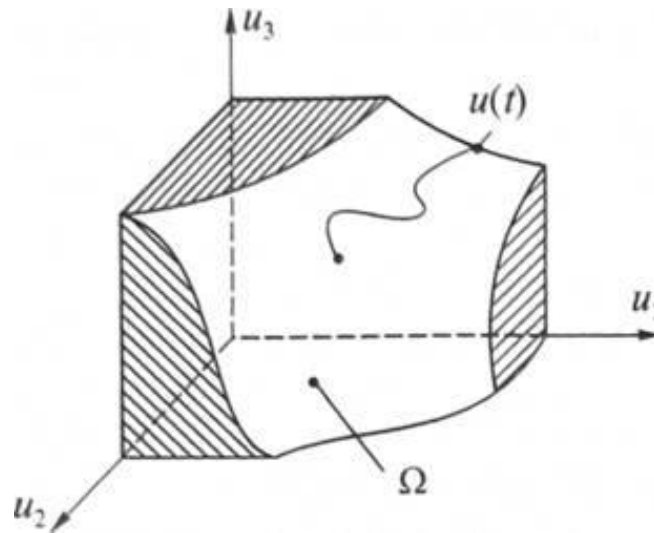


Рис. 3.2. Безпечний стан об'єкта у тривимірному просторі параметрів
($u(t)$ – траєкторія зміни параметрів об'єкта)

Доповнення функції безпеки $S(t)$ до одиниці (тобто функція розподілу випадкової величини T у теорії ймовірностей) у теорії безпеки й ризику

$$1 - S(t) = F(t) \quad (3.7)$$

називають **функцією небезпеки, або технічним ризиком**.

Цю функцію особливо часто використовують інженери стосовно відмов об'єктів або сукупностей відмов, наслідки яких становлять небезпеку для людей, навколишнього середовища, а також пов'язані із серйозним матеріальним і (або) моральним збитком.

Статистичну оцінку $\hat{f}(t)$ для щільності розподілу $f(t)$ випадкової величини T здебільшого встановлюють так:

$$\hat{f}(t) = \frac{n(t + \Delta t / 2) - n(t - \Delta t / 2)}{N\Delta t}, \quad (3.8)$$

де N – число об'єктів, робоздатних у початковий момент часу;
 $n(t + \Delta t / 2)$ – число об'єктів, що переходять у граничні стани в інтервалі $0 - (t + \Delta t / 2)$; $n(t - \Delta t / 2)$ – число об'єктів, що переходять у граничні стани в інтервалі $0 - (t - \Delta t / 2)$.

Час t під час оцінювання ризику зазвичай обчислюють у роках, тому величина $f(t)$ має зміст річної відносної частоти аварій $v(t)$. З формули (3.8) випливає співвідношення для наближеної оцінки технічного ризику.

Показник гамма-відсотковий ресурс (гамма-відсотковий строк служби) визначають як корінь рівняння

$$F(t) = 1 - \gamma/100, \quad (3.9)$$

де γ – задане значення ймовірності безаварійної роботи, %.

Зокрема, гамма-відсотковий ресурс обчислюють за рівнянням

$$S(t) = \gamma/100. \quad (3.10)$$

Як видно з формули (3.9), гамма-відсоткові показники дорівнюють квантилям відповідних розподілів. Значення γ , що задаються, для критичних відмов мають бути досить близькими до 100 %, щоб критичні відмови стали практично неможливими подіями.

Для прогнозування потреби в запасних частинах, а також для розрахунку поповнення й відновлення парків машин, приладів і установок можуть знадобитися гамма-відсоткові показники за нижчих значень γ . Статистичні оцінки для гамма-відсоткових показників можна отримати на основі статистичних оцінок або безпосередньо, або після апроксимації емпіричних функцій відповідними аналітичними розподілами. Слід мати на увазі, що екстраполяція емпіричних результатів за межі тривалості випробувань (спостережень) може призвести до значних помилок. Залучення додаткової інформації щодо фізичної природи аварійних ситуацій для їх моделювання дає змогу розв'язувати ці проблеми.

Показники середній ресурс, середній строк служби дорівнюють математичним сподіванням відповідних випадкових величин (ресурсу). З урахуванням залежностей (3.6) середній ресурс T_c обчислюють за формулою

$$T_c = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} [1 - F(t)] dt. \quad (3.11)$$

Інтенсивність технічного ризику $\lambda(t)$ у теорії безпеки за аналогією з інтенсивністю відмов у теорії надійності визначають за виразом

$$\lambda(t) = f(t)/[1 - F(t)] = -S'(t)/S(t). \quad (3.12)$$

Звідси після перетворень ймовірність безаварійної роботи в інтервалі часу від початку експлуатації до деякого моменту t визначають за формулою

Усі вищенаведені характеристики взаємозалежні.

Інтенсивність технічного ризику $\lambda(t)$ є важливою характеристикою у теорії безпеки, оскільки вона визначає ймовірність того, що після безвідмовної роботи об'єкта до моменту часу t аварія відбудеться в наступному інтервалі часу Δt . Цей показник і його наближені статистичні оцінки широко використовують для аналізу небезпеки (ризик) об'єктів у процесі експлуатації (рис. 3.3).

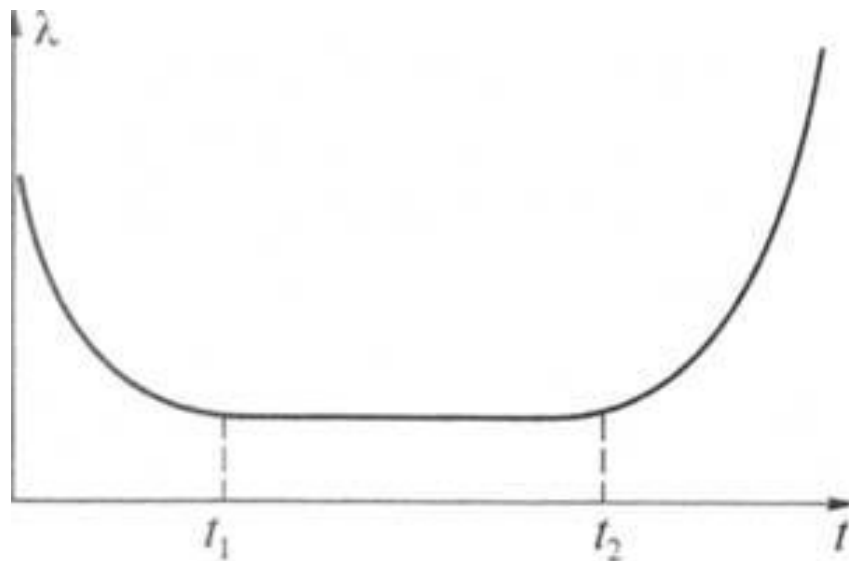


Рис. 3.3. Залежність зміни інтенсивності відмов системи від напрацювання t

Статистичну оцінку інтенсивності технічного ризику $\lambda(t)$ розраховують так:

$$S(t) = S(0) \exp \left[- \int_0^t \lambda(t_1) dt_1 \right]. \quad (3.13)$$

$$\hat{\lambda}(t) = \frac{n(t + \Delta t / 2) - n(t - \Delta t / 2)}{[N - n(t)] \Delta t} \quad (3.14)$$

Однак на практиці для оцінки інтенсивності $\lambda(t)$ використовують наближені оцінки, виходячи з того, що для високонадійних систем $S(t) \approx 1$. Тому інтенсивність технічного ризику приблизно дорівнює щільності розподілу ресурсу, що приводить до таких наближених оцінок:

$$\lambda(t) \approx f(t) \approx \hat{f}(t) = v(t).$$

Оскільки час t в разі оцінювання ризику як правило обчислюють у роках, то величина $\lambda(t)$ має зміст річного технічного ризику і фактично збігається зі значенням умовного індивідуального ризику за рік, за еквівалентності подій аварії та смерті індивідуума у результаті аварії. У разі рідкісних подій умовний індивідуальний ризик (за рік) приблизно дорівнює річній відносній частоті аварій.

У технічній літературі є статистичні дані щодо частоти та інтенсивностей відмов (у т. ч. аварійних), які можна використати для апріорних і прогнозних оцінок технічних ризиків і тим самим – індивідуальних ризиків. Можна скористатись також середнім річним технічним ризиком як відношенням $F(T)/T$, де $F(T)$ – ймовірність реалізації аварії за час T . Такі показники безпеки часто застосовують в авіації, атомній енергетиці.

Якщо інтенсивність технічного ризику $\lambda(t) = \text{const}$, тобто стала у часі, то з формули (3.13) за $S(0) = 1$ впливає експоненціальний закон безпеки, який широко застосовують для розрахунків так званих нестаріючих об'єктів:

$$S(t) = \exp(-\lambda t), \quad (3.15)$$

де $\lambda = 1/T_c$; T_c – математичне сподівання ресурсу (середній ресурс).

Часто зміна інтенсивності технічного ризику (відмов або параметра потоку відмов) з часом набуває такого характеру: спочатку інтенсивність відносно велика, потім знижується (цей період називають періодом припрацювання) і залишається приблизно сталою упродовж тривалого інтервалу експлуатації, збільшуючись до кінця його внаслідок старіння й зношування (див. рис. 3.3).

Якщо $t < t_1$, то відбувається припрацювання, число відмов зменшується, що обумовлено поступовим виявленням і усуненням прихованих дефектів. Якщо $t \in (t_1, t_2)$, то $\lambda(t) = \text{const}$, період сталої експлуатації. За $t > t_2$ $\lambda(t)$ зростає, відмови трапляються дедалі частіше.

Крім експоненціальної, широко застосовують також модель надійності, в основу якої покладено розподіл Вейбулла:

$$S(t) = \exp[-(\lambda t)^\beta], \quad (3.16)$$

де $\lambda = 1/T_c$; T_c – математичне сподівання ресурсу (строку служби); β – додатний параметр, варіювання якого дає змогу описати широкий клас розподілів. За $\beta > 1$ розподіл Вейбулла описує поведінку «старіючих» об'єктів, у яких інтенсивність відмов згодом наростає.

У розрахунках аварійності об'єктів, які накопичують пошкодження в процесі експлуатації, використовують також γ -розподіл і логарифмічно нормальний розподіл.

3.3. Удосконалення методики оцінювання безпеки об'єкта на основі методів теорії нечітких множин та нечіткої логіки

Класифікація математичних методів розв'язку задач в умовах невизначеності показала, що в основу сучасних систем підтримання прийняття рішень покладено методи системного аналізу, експертних систем, теорії нечітких множин і нечіткої логіки, на основі яких розроблено методику оцінювання небезпеки складного об'єкта.

Останнім часом нечітке управління є однією з найбільш результативних сфер досліджень застосування теорії нечітких множин. Нечітке управління виявляється особливо корисним, коли технологічні процеси занадто складні для аналізу за допомогою загальноприйнятих кількісних методів або коли доступні джерела інформації інтерпретуються на якісному рівні, неточно чи невиразно.

Нечітка логіка, на якій ґрунтується нечітке управління, ближче за духом до людського мислення і вживаних мов, ніж традиційні логічні системи. Нечітка логіка в основному забезпечує ефективні засоби відображення невизначеностей і неточностей реального світу. Автори праці [56] запропонували підхід до оцінювання стану безпеки і ступеня роботоздатності складного об'єкта на основі нечіткої логіки.

Побудова моделі складного об'єкта. У процесі вирішення завдання оцінювання стану деякого об'єкта будують його математичну модель. Під час побудови моделі виходитимемо з того, що будь-який об'єкт можна характеризувати складними і простими властивостями. Прості властивості кваліфікуються дослідником як щось елементарне, що можна виміряти або оцінити експертно. Складні властивості безпосередньо не можуть бути оцінені, але можуть поділятися на менш складні, зокрема на елементарні властивості. Отже, у процесі моделювання складніші властивості виражають через простіші. Зазначимо, що наша модель належить до класу імітаційних.

Оскільки йдеться про оцінювання безпеки (стану) ПНО, то можна вважати, що стан об'єкта (складна властивість) залежить від низки простіших властивостей. Наприклад, стан об'єкта виробничої діяльності (складна властивість) залежить від ступеня зношеності устаткування, ефективності та якості технологічного процесу, або оцінювання стану на дорогах (складна властивість) залежить від кількості і тяжкості наслідків ДТП. У свою чергу, ці властивості можуть залежати від стану визначених вузлів об'єкта.

Стан окремих вузлів оцінюватимемо, ґрунтуючись на результатах вимірів (експертних оцінках) відповідних параметрів (елементарні властивості). Підкреслимо, що параметри моделі, а також зв'язки між ними описуються за допомогою апарату нечіткої логіки. Крім того, зазначимо, що перед використанням у моделі треба провести фазифікацію вхідних параметрів, а після, для отримання остаточного результату, – дефазифікацію.

Нехай у розглянутому об'єкті (У) виділено основні властивості (якості) (А, В), вузли (D, F, A) і вимірювані параметри ($d_1, d_2, f_1, f_2, f_3, k_1, k_2, k_3$).

У процесі моделювання визначають структуру моделі і тип зв'язків між її параметрами. Для зв'язування використовують операції кон'юнкції (тісний зв'язок) і диз'юнкції (менш тісний зв'язок). Нехай у результаті проведеного аналізу отримано модель досліджуваного об'єкта, наведену на рис. 3.4. Наприклад, у цій моделі враховано як стани конкретних вузлів (D, F, K), так і різні якісні поняття (A, B). У процесі аналізу дослідник може дійти висновку, що стан деяких вузлів об'єкта впливає відразу на кілька різних властивостей.

У такій ситуації в разі виявлення причинно-наслідкових зв'язків видається правомірним не шукати відповідь на запитання, з якою однією властивістю зв'язати такий вузол, а зв'язати його з усіма тими властивостями, на які він впливає. Саме таке розуміння ситуації ілюструє рис. 3.4, де вузли D, F, K повторюються.

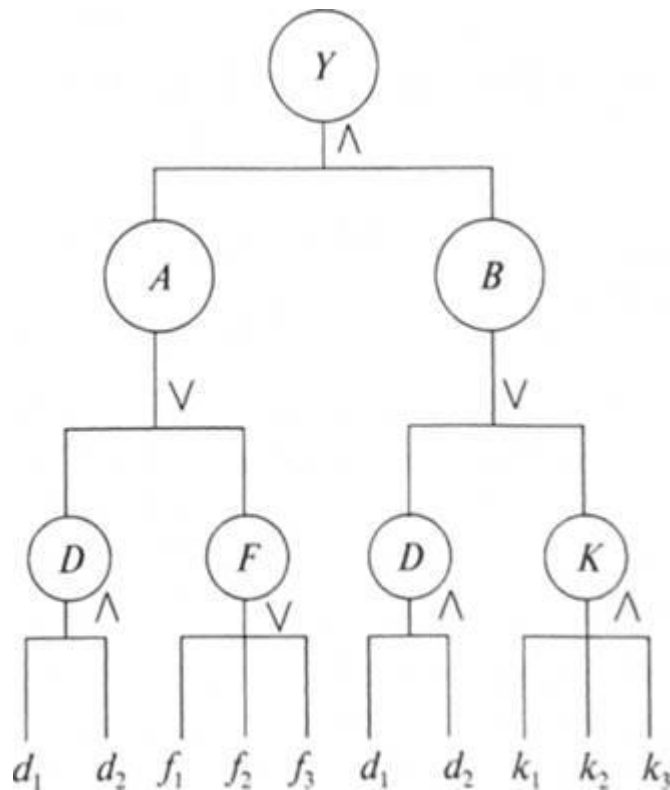


Рис. 3.4. Структурна модель об'єкта

Варто підкреслити, що вимірювані параметри d_1 , d_2 , f_1 , f_2 , f_3 , k_1 , k_2 , k_3 , вузли D, F, K, властивості A, B та об'єкт Y є нечіткими множинами однакової розмірності, визначеними на одному універсумі. Позначимо універсум E. Слід також наголосити, що в нашому прикладі функції належності можуть набувати значень в інтервалі $[0, 1]$.

Як уже зазначалось, невизначеність у розумінні структури моделі може бути формалізована за допомогою багаторазового введення змінних у структуру моделі. Проаналізуємо можливості нечіткої логіки щодо обчислення оцінки ступеня роботоздатності об'єкта, у моделі якого є структурна невизначеність.

Розглянемо можливості двох основних підходів, які трапляються найчастіше, на прикладі розглянутої моделі.

Обчислення диз'юнкції і кон'юнкції за допомогою операцій «шах» і «min» (об'єднання і перетин нечітких множин):

$$\mu_{A \vee B}(x) = \mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)), \quad \forall x \in E; \quad (3.17)$$

$$\mu_{A \wedge B}(x) = \mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)), \quad \forall x \in E. \quad (3.18)$$

Важливо підкреслити, що за наведеного визначення диз'юнкції і кон'юнкції зберігаються всі основні еквівалентності класичної логіки за винятком таких: $A \vee \neg A = E$, $A \wedge \neg A = \emptyset$. Тут і в (3.19) диз'юнкцію і кон'юнкцію, застосовані до нечітких множин, розуміють як об'єднання і перетин відповідно, що уможлиблює перетворення формул. Наприклад, розглянуту модель об'єкта можна мінімізувати (спростити) у такий спосіб:

$$\begin{aligned} Y = A \wedge B &= (D \vee F) \wedge (D \vee K) = D \vee (F \wedge K) = \\ &= (d_1 \wedge d_2) \vee ((f_1 \vee f_2 \vee f_3) \wedge (k_1 \wedge k_2 \wedge k_3)), \end{aligned} \quad (3.19)$$

або мовою функцій належності:

$$\begin{aligned} \mu_Y(x) &= \max(\mu_D(x), \min(\mu_F(x), \mu_K(x))) = \\ &= \max(\min(\mu_{d_1}(x), \mu_{d_2}(x)), \min(\max(\mu_{f_1}(x), \mu_{f_2}(x), \mu_{f_3}(x)), \\ &\quad \min(\mu_{k_1}(x), \mu_{k_2}(x), \mu_{k_3}(x))))), \quad \forall x \in E. \end{aligned} \quad (3.20)$$

Однак слід зауважити, що визначення диз'юнкції і кон'юнкції за допомогою операцій «max» і «min» (3.17), (3.18) є «твердим» у тому розумінні, що в цьому разі враховується значення тільки однієї зі змінних, що беруть участь у зв'язуванні. Справді, з формули (3.20) видно, що коли,

наприклад, $\mu(k_3) = 0,2$, то будь-яка зміна значень інших параметрів в інтервалі $[0,2; 1]$ не впливатиме на кінцевий результат. Водночас видається очевидним, що на практиці зміну значення кожного з параметрів треба враховувати при оцінюванні ступеня роботоздатності об'єкта.

Для подолання зазначених труднощів у вирішенні подібних завдань у теорії нечітких множин (нечіткій логіці) пропонується використовувати так назване «м'яке» визначення диз'юнкції і кон'юнкції. Розглянемо властивості цього визначення, яке також називають алгебраїчним добутком і сумою нечітких множин.

Алгебраїчний добуток і сума нечітких множин (змінних):

$$\begin{aligned}\mu_{A \vee B}(x) &= \mu_{A+B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \mu_B(x), \quad \forall x \in E; \\ \mu_{A \wedge B}(x) &= \mu_{AB}(x) = \mu_A(x) \mu_B(x), \quad \forall x \in E.\end{aligned}\tag{3.21}$$

За такого визначення диз'юнкції і кон'юнкції, безумовно, враховується вплив усіх змінних на кінцевий результат, однак у цьому разі істотний мінус полягає в тім, що не виконується вже значно більше еквівалентностей, властивих класичній логіці, а саме ідемпотентність і дистрибутивність.

Очевидно, що це значно знижує можливості для перетворення, спрощення складних логічних формул, унаслідок чого мінімізувати побудовану модель так, як це було зроблено раніше, не можна.

Із розглянутого вище випливає, що в рамках розв'язуваної задачі для побудованої моделі потрібно скористатися диз'юнкцією і кон'юнкцією у вигляді (3.20), (3.21.), оскільки це не призводить до втрати вузлів, а також дає змогу враховувати вплив усіх вхідних. Запропонований підхід побудови моделі комплексного оцінювання стану безпеки об'єкта із застосуванням апарату нечіткої логіки досить простий як на етапі моделювання, так і на етапі використання. Розглянуто також можливості використання різних визначень логічних операцій, у кожного з яких є як переваги, так і недоліки.

Визначення диз'юнкції і кон'юнкції, відповідно як шах і min, дає великі можливості для мінімізації моделі. Однак при цьому враховується значення тільки однієї змінної у зв'язуванні. За спрощення моделі можна також прийти

до того, що деякі вузли «скоротяться», тобто деякі вузли, внесені в модель на етапі проектування, ніяк не впливають на вихідний стан моделі об'єкта.

Якщо ж визначені диз'юнкція і кон'юнкція як алгебраїчна сума і добуток, то враховується вплив усіх змінних. Однак у цьому разі значно знижується можливість спрощення побудованої моделі, тому вона описується громіздкою формулою.

У зв'язку з цим модель об'єкта рекомендується розробляти, виходячи як з особливостей і властивостей самого об'єкта, так і використовуваних логічних операцій.

3.4. Алгоритми побудови моделі комплексного оцінювання безпеки об'єкта

Виділяють три алгоритми побудови моделі для оцінки безпеки об'єкта.

Перший алгоритм є *алгоритмом синтезу*, тобто модель будується знизу вгору, виходячи з параметрів, які можуть бути оцінені за даними, що зберігаються в базі даних (БД), або експертно. Ці параметри групують за змістом за допомогою операцій зв'язок, так, щоб вони характеризували властивості вищого рівня. Далі отримані на попередніх кроках властивості теж групують аналогічно. Це повторюють доти, доки не отримають у результаті групування шукану властивість.

Другий алгоритм є *алгоритмом аналізу*, тобто модель будується виділенням із складніших властивостей простіших доти, доки всі властивості, отримані на останньому кроці, можна буде оцінити за даними, які зберігаються в базі даних, або експертно.

Проте найчастіше застосовують *третій алгоритм*, який поєднує перші два, тобто модель будується в обох напрямках з огляду на те, які є вхідні дані та які властивості виділені на наступному кроці. Розглянемо ці алгоритми докладно.

Алгоритм № 1 побудови моделі (знизу вгору, синтез; рис. 3.5).

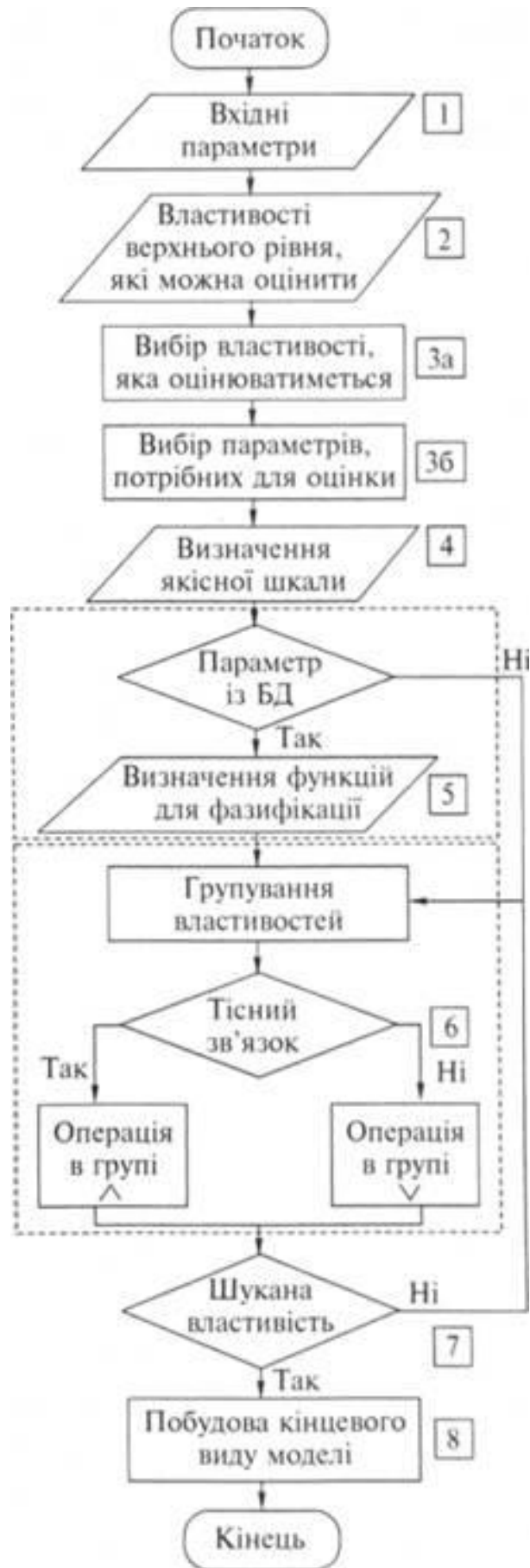


Рис. 3.5. Алгоритм № 1 побудови моделі для оцінювання безпеки об'єкта

1. Визначити вхідні параметри (властивості нижнього рівня), які можна отримати з даних, що зберігаються у базі даних, або оцінити експертно.

2. Визначити властивості об'єкта (властивості верхнього рівня), які можна оцінити за допомогою параметрів, визначених у п. 1.

3а. Вибрати з визначених у п. 2 властивостей ту, яка буде оцінюватись.

3б. З параметрів, визначених у п. 1, ті, що потрібні для її оцінювання.

4. Визначити якісну шкалу.

5. Для параметрів, що будуються, на основі показників із бази даних встановити функції, за якими проводитимуть фазифікацію.

6. Згрупувати властивості поточного і нижчих рівнів за змістом за допомогою зв'язок кон'юнкції \wedge (тісний зв'язок – параметри в сукупності впливають на значення групи) та диз'юнкції \vee (менш тісний зв'язок – кожен параметр впливає на значення групи) так, щоб вони характеризували властивості вищого, наступного рівня.

7. Повторювати п. 6 доти, доки в результаті групування не отримається властивість, обрана в п. 3.

8. Об'єднати властивості об'єкта так, щоб отримати кінцеву остаточну модель для оцінювання властивості об'єкта.

Алгоритм № 2 побудови моделі (згори вниз, аналіз; рис. 3.6).

1. Визначити властивість об'єкта, яку будуть оцінювати властивість вищого рівня.

2. Виділити властивості наступного, нижчого рівня для властивостей попереднього рівня.

3. Для кожної властивості попереднього рівня встановити зв'язок між властивостями поточного рівня, виділеними в ній у п. 2, за допомогою зв'язку кон'юнкції \wedge (тісний зв'язок – виділені властивості поточного рівня впливають на властивість, в якій вони виділені) та диз'юнкції \vee (менш тісний зв'язок – властивість поточного рівня впливає на властивість, в якій вона виділена).

4. Якщо не залишилось властивостей, які не можна оцінити за даними, що зберігаються в базі даних, то переходять на п. 5. Якщо тільки деякі

властивості поточного рівня можна оцінити за даними, що зберігаються в базі даних, то їх запам'ятовують, для інших – переходять на п. 2.



Рис. 3.6. Алгоритм № 2 побудови моделі для оцінювання безпеки об'єкта

5. Визначити якісну шкалу.

6. Визначити перелік властивостей, які можна оцінити за даними з бази даних, та таких, що можна оцінити експертно.

7. Для властивостей, що будуються на основі даних з бази даних, встановити функції, за якими проводитиметься фазифікація.

8. Об'єднати властивості об'єкта так, щоб отримати кінцеву остаточну модель властивості об'єкта.

Алгоритм № 3 побудови моделі (рис. 3.7).

1. Визначити вхідні параметри (властивості нижнього рівня), які можна отримати з даних, що зберігаються у базі даних, або оцінити експертно.

2. Визначити ту властивість об'єкта (властивість верхнього рівня), яку можна оцінити за допомогою знайдених у п. 1 параметрів.

3. Визначити з параметрів, встановлених у п. 1.

4. Виділити з властивостей вищого рівня властивості наступного рівня.

5. Для кожної властивості попереднього рівня встановити зв'язок між властивостями поточного рівня за допомогою зв'язків кон'юнкції \wedge (тісний зв'язок – виділені властивості поточного рівня в сукупності впливають на властивість, в якій вони виділені) та диз'юнкції \vee (менш тісний зв'язок – властивість поточного рівня впливає на властивість, в якій вона виділена).

6. Якщо властивості, виділені в п. 4, збігаються з властивостями з п. 1 або 7, то переходять на п. 10, якщо ні – на п. 7.

7. Об'єднати властивості нижніх рівнів у властивості вищого рівня.

8. Якщо властивості, отримані в п. 7, збігаються за даними з властивостями з п. 4, то переходять на п. 10, якщо ні – на п. 9.

9. Для кожної властивості поточного рівня установити зв'язок між властивостями попереднього рівня, об'єднаними в п. 7, за допомогою зв'язків кон'юнкції \wedge (тісний зв'язок – об'єднані властивості попереднього рівня в сукупності впливають на властивість, в яку вони об'єднані) та диз'юнкції \vee (менш тісний зв'язок – властивість попереднього рівня впливає на властивість поточного рівня).

10. Визначити якісну шкалу.

11. Визначити властивості, які можна оцінити з бази даних, та ті, які можна оцінити експертно.

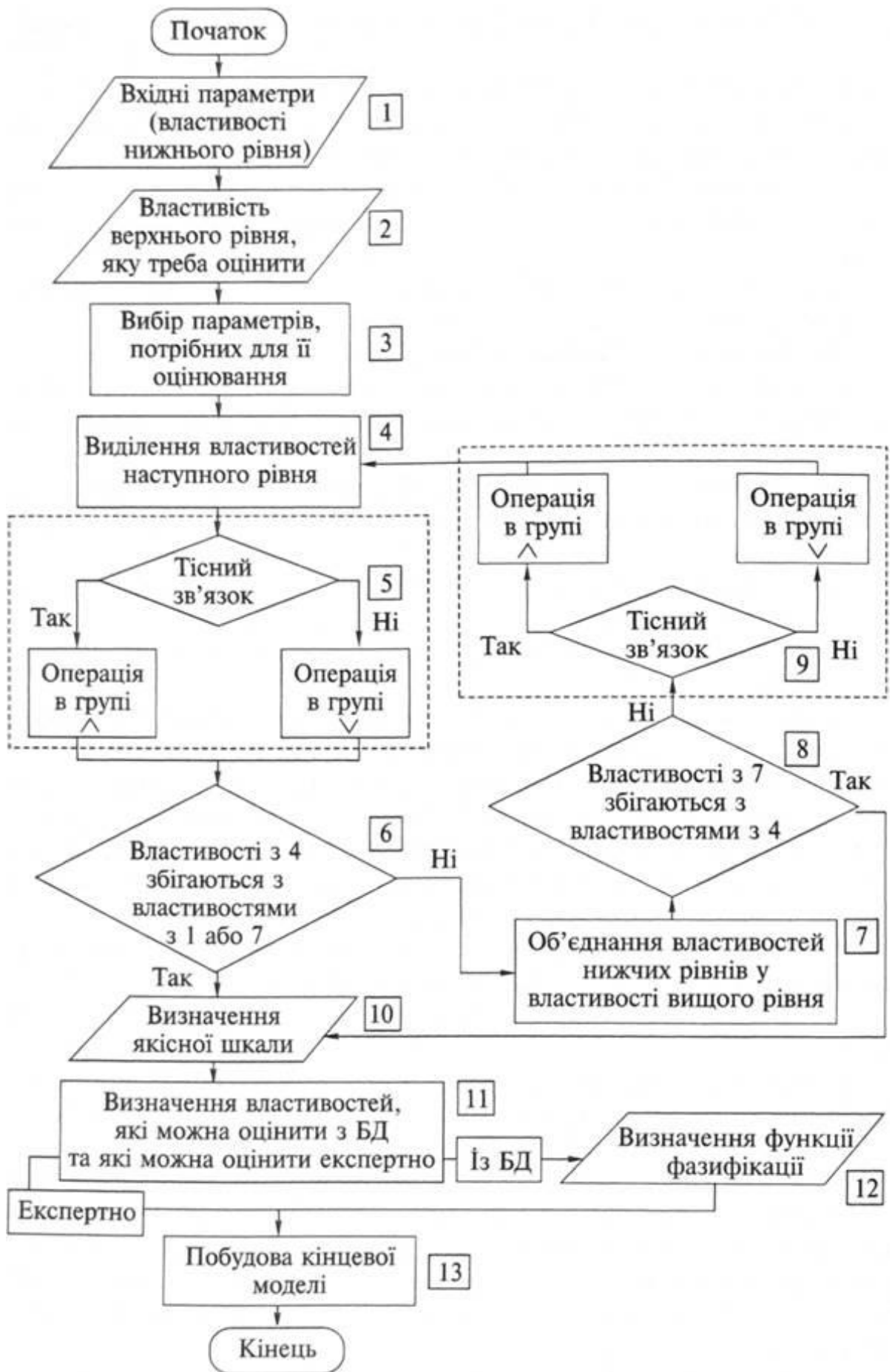


Рис. 3.7. Алгоритм № 3 побудови моделі для оцінювання безпеки об'єкта

12. Визначити функції фазифікації.

13. Побудувати кінцеву модель.

Приклад: Будуємо модель комплексного оцінювання, алгоритм № 3.

Нехай є об'єкт (Y), стан (властивість верхнього рівня) якого треба оцінити.

1. Визначимо вхідні параметри (властивості нижнього рівня). Нехай ними будуть $d_1, d_2, f_1, f_2, f_3, k_1, k_2, k_3, e_1, e_2$.

2. Хай властивість об'єкта, яку оцінюватимемо, Y.

3. Нехай для оцінювання властивості Y нам треба тільки $d_1, d_2, f_1, f_2, f_3, k_1, k_2, k_3$

4. У властивості Y можна виділити властивості наступного рівня A, B.

5. Нехай між A і B – тісний зв'язок, тоді вибираємо операцію кон'юнкції \wedge .

6. Оскільки виділені властивості A і B не збігаються з вхідними параметрами, виділеними в п. 1, то переходимо на п. 7.

7. Об'єднаємо властивості з п. 1 у властивості наступного рівня. Нехай d_1, d_2 об'єднуються в D за допомогою зв'язки \wedge, f_1, f_2, f_3 – в F за допомогою зв'язки \vee, k_1, k_2, k_3 – в K за допомогою зв'язки \vee .

8. Оскільки властивості D, F, K не збігаються з властивостями A, B, то переходимо на п. 9.

9. Об'єднаємо властивості D, F, K так, щоб вони відповідали властивостям A, B. Так як у нас уявний об'єкт, тобто немає прив'язки до предметної області, то пп. 10–12 можна пропустити.

13. Побудуємо кінцеву модель. У результаті моделювання отримаємо

$$\begin{aligned} Y = A \wedge B &= (D \vee F) \wedge (D \vee K) = \\ &= ((d_1 \wedge d_2) \vee (f_1 \vee f_2 \vee f_3)) \wedge ((d_1 \wedge d_2) \vee (k_1 \wedge k_2 \wedge k_3)), \end{aligned} \quad (3.22)$$

або на мові функцій належності

$$\begin{aligned} \mu_Y(x) &= (\mu_D(x) \vee \mu_F(x)) \wedge (\mu_D(x) \vee \mu_K(x)) = \\ &= ((\mu_{d_1}(x) \wedge \mu_{d_2}(x)) \vee (\mu_{f_1}(x) \wedge \mu_{f_2}(x) \wedge \mu_{f_3}(x))) \wedge \\ &\wedge ((\mu_{d_1}(x) \wedge \mu_{d_2}(x)) \vee (\mu_{k_1}(x) \wedge \mu_{k_2}(x) \wedge \mu_{k_3}(x))), \quad \forall x \in E. \end{aligned} \quad (3.23)$$

Змодельовану властивість оцінюють за алгоритмом, що на рис. 3.8.



Рис. 3.8. Алгоритм обчислення рівня безпеки властивості об'єкта
Алгоритм обчислення оцінювання властивості об'єкта:

1. Вибрати модель, за якою проводитиметься оцінювання обраної властивості моделі.
2. Якщо вхідні параметри (властивості нижнього рівня) оцінюються з даних, які зберігаються в БД, переходять на п. 3, якщо експертно – на п. 4.
3. Вибирати необхідні дані з бази даних та провести фазифікацію цих даних.
4. Оцінити і ввести значення функцій належності вручну.
5. Передати вхідні нечіткі дані на вхід моделі.
6. Виконати операції диз'юнкції і кон'юнкції на рівні.
7. Визначити властивості, які найбільшою мірою впливають на значення функцій належності всього рівня.
8. Записати обчислені значення в БД.
9. Якщо досягнуто верхнього рівня, далі на п. 10, якщо ні – на п. 6.
10. Вивести оцінки верхнього рівня найвпливовіших на неї параметрів.

Отже, наявність математичних засобів відображення нечіткості вихідної інформації дає змогу побудувати модель, адекватну реальності.

Таким чином, разом з імовірнісним підходом до аналізу проблем безпеки й оцінювання ризику дуже корисним є використання методів системного аналізу, методів теорії нечітких множин та нечіткої логіки, експертних оцінок, що дають можливість глибоко зрозуміти проблему загалом і знайти її розв'язання.

Проведений у цьому розділі аналіз математичних моделей, методів і методик оцінювання ризиків техногенних аварій та надзвичайних ситуацій показав, що цей процес характеризується створенням низки методик, орієнтованих на окремі джерела небезпеки та об'єкти ураження.

Практичне їх використання уможливить істотне підвищення оперативності та якості аналізу безпеки об'єктів підвищеної небезпеки, сприятиме вирішенню завдань прогнозування наслідків НС, проведенню декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки.

Висновки до розділу 3

1. Об'єктами моделювання в разі аналізу техногенної безпеки (ризик) є множина випадкових подій виробничих процесів ПНО та їх несприятливого збігу, що призводить до смерті людей чи травмувань або до забруднення навколишнього середовища.

2. Інтенсивність технічного ризику $\lambda(t)$ є важливою характеристикою у теорії безпеки, оскільки вона визначає ймовірність того, що після безвідмовної роботи об'єкта до моменту часу t аварія відбудеться в наступному інтервалі часу Δt .

3. Для побудови моделі складного об'єкта пропонується визначати диз'юнкцію і кон'юнкцію як алгебраїчну сума і добуток, виходячи як з особливостей і властивостей самого об'єкта, так і використовуваних логічних операцій.

4. Для підвищення ефективності впровадження методів аналізу ризику у практику, в тім числі нормування кількісних критеріїв прийнятності, в Україні необхідно:

а) усунути розбіжність у термінології аналізу ризику техногенних подій, що трапляється в різних нормативних документах;

б) активізувати розробку кількісних методик оцінювання ризику, включаючи всі стадії виникнення та розвитку аварії (викид, поширення, вплив) із використанням кращих вітчизняних методик і закордонного досвіду, в т. ч. для типових небезпечних виробничих об'єктів (АЕС, ТЕС, ГЕС, магістральні трубопроводи, нафтобази, газонаповнювальні станції, об'єкти нафтогазовидобутку, сховища токсичних речовин тощо);

в) удосконалити та розробити методики оцінювання впливу потенційно небезпечних об'єктів на навколишнє середовище з адаптацією до умов України відомих у світовій практиці методик оцінювання ризику;

г) розробити механізми участі в процедурі аналізу ризику техногенних надзвичайних ситуацій найкваліфікованіших фахівців.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

В першому розділі розглянуто теоретичні аспекти забезпечення техногенної безпеки на підприємствах Запорізької області. Проаналізовано методологічні аспекти запровадження ризик-орієнтованого підходу для потенційно-небезпечних об'єктів (ПНО) і наголошено, що ОПН законодавчо зобов'язані проводити експертизу повноти дослідження, ступеня небезпеки та оцінку рівня ризику, обґрунтованості достатності прийнятих заходів до дій з локалізації і ліквідації наслідків НС техногенного характеру. Показано, що міжнародні підходи до управління цивільною безпекою на виробництві вимагають залучення керівництва, постійного навчання персоналу, використання передових технологій та дотримання міжнародних стандартів для забезпечення стійкості підприємств до різноманітних кризових ситуацій.

Другий розділ присвячено використанню розробці методики розрахунку комплексного (загального) ризику промислових об'єктів. Проаналізовано методичні підходи та наведена характеристика методів аналізу ризику небезпечних промислових об'єктів. Доведено, що потрібні корінні зміни технологій управління безпекою, у тому числі й процедур моніторингу безпеки, на основі ризик-орієнтованих підходів і відповідних розрахунків ризику. На основі кількісних розрахунків ризиків повинні визначатися параметри внутрішнього й зовнішнього моніторингу.

В третьому розділі представлено удосконалення методів аналізу та оцінювання техногенного ризику. Проаналізовано загальну структуру техногенного ризику та досліджено показники надійності та безпеки. Наведено удосконалену методику оцінювання безпеки об'єкта на основі методів теорії нечітких множин та нечіткої логіки та побудовано моделі комплексного оцінювання безпеки об'єкта.

Розроблено **пропозиції щодо зниження ризиків** для найбільш небезпечних об'єктів Запорізької області.

Зниження ризиків для цивільної безпеки на зазначених об'єктах (Запорізька АЕС, Дніпровська ГЕС, об'єкти хімічної промисловості, ТЕЦ) вимагає комплексного підходу та включає заходи інженерного захисту, організаційні заходи та планування реагування:

1. Встановлення додаткових інженерних загороджень та систем контролю доступу.

2. Залучення спеціалізованих військових підрозділів для посиленої охорони периметрів та критичних вузлів об'єктів.

3. Забезпечення безперебійного функціонування систем безпеки:

- Резервування джерел електроживлення (автономні генератори, системи безперебійного живлення) для ключових систем охолодження, моніторингу та оповіщення.

- Планування швидкої евакуації: Деталізація планів оповіщення та евакуації населення з населених пунктів, що знаходяться у зоні можливого затоплення, з визначенням конкретних маршрутів та пунктів збору.

- Системи оповіщення: Встановлення спеціалізованих систем оповіщення про хімічну небезпеку з чіткими інструкціями для населення щодо дій (герметизація приміщень, напрям вітру).

4. Регулярне проведення перевірок та технічного обслуговування обладнання пожежної сигналізації та пожежогасіння.

5. Проведення комплексних навчань та тренувань для персоналу об'єктів та сил цивільного захисту області.

6. Міжнародний моніторинг: Сприяння постійній присутності місії МАГАТЕ на майданчику АЕС для незалежного моніторингу ситуації та зниження ризику навмисних провокацій.

Реалізація цих рекомендацій дозволить мінімізувати потенційні наслідки надзвичайних ситуацій на найбільш небезпечних об'єктах Запорізької області та підвищити рівень захисту цивільного населення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Яцух О.В. Актуальність запровадження ризик-орієнтованого підходу для потенційно-небезпечних об'єктів Запорізької області / О.В. Яцух // Забезпечення цивільної безпеки в сучасних умовах: матеріали міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (26-30 квітня 2021 р., м. Мелітополь, Україна) / за заг. ред. О.В. Яцух. – Мелітополь: ТДАТУ, 2021. – С. 44-49.
2. Мандзій В.В., Яцух О.В. Ризик-орієнтований підхід – основа ідентифікації потенційно-небезпечних об'єктів / ІХ Всеукр наук.-техн. конф. магістр. і студ. ТДАТУ. Факультет АТЕ: мат. ІХ Всеукр. наук.-техн. конф., 10-25 листопада 2021 р. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. – С. 206-209.
3. Яцух О.В., Зоря М.В., Мохнатко І.М. Ідентифікація потенційно-небезпечних об'єктів України на засадах ризик-орієнтованого підходу / О.В. Яцух, М.В. Зоря, І.М. Мохнатко // Всеукраїнський науково-практичний журнал “Директор школи, ліцею, гімназії”. – Спеціальний тематичний випуск «Вища освіта України у контексті інтеграції до європейського освітнього простору». – № 2. – Кн. 3. – Том II (89). – К.: – Гнозис, 2020-2021, – С. 79-88. <https://doi.org/10.38014/osvita.2022.89.07>.
4. Березуцький В.В., Адаменко М.І. Небезпечні виробничі ризики та надійність: навчальний посібник для студентів за напрямком підготовки 6.170202 «Цивільна безпека» / В.В. Березуцький, М.І. Адаменко. – Харків. : ФОП Панов А.М., 2016. – 385 с.
5. Yatsukh O., Zoria M. (2023). Analysis of Risk of Self-Ignition Grain Products During Storage. In Key Engineering Materials (Vol. 954, pp. 201-209). Trans Tech Publications, Ltd. <https://doi.org/10.4028/p-ofwv1d>.
6. Зоря, М.В., Райко, В.Ф., & Янчик, О.Г. (2024). Вплив виробничих ризиків на безпечність виробничих процесів: аналіз та прогнозування. Науково-виробничий журнал «Автошляховик України», 1 (278), 74-82.
7. Рогач Ю.П., Зоря М.В. Дослідження закономірностей виникнення виробничих небезпек та травмонебезпечних ситуацій в аграрному секторі

економіки України / Ю.П. Рогач, М.В. Зоря // Забезпечення цивільної безпеки в сучасних умовах: мат. Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (26-30 квітня 2021 р., м. Мелітополь, Україна) / за заг. ред. О.В. Яцух. – Мелітополь: ТДАТУ, 2021. – С. 79-83.

8. Яцух О.В., Зоря М.В. Сучасні підходи до розрахунку професійного ризику виробництва. Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Харків : НУЦЗУ, 2023. – С. 440-441.

9. Стахник Д.А., Яцух О.В. Щодо розрахунку професійного ризику виробництва // Безпека життєдіяльності в ХХІ столітті : тез. допов. ХХ Всеукр. студ. наук.-практ. конф. (17-18 квітня 2024) / Заг. ред. А.С. Беліков. – Дніпро: ПДАБА, 2024. 91-93 с.

10. Rohach Y., Yatsukh O., Zoria M. Determining the Risks of the Production Environment of an Agricultural Enterprise. Modern Development Paths of Agricultural Production: Trends and Innovations / Ed. V. Nadykto. Cham, Switzerland : Springer, 2019. P. 777-785. ISBN 978-3-030-14917-8.

11. Яцух О.В. Щодо оцінки ризиків в цивільній безпеці / Сучасні проблеми професійної та цивільної безпеки: Зб. тез доповідей I Міжнар. наук.-практ. інтернет-конференції (28 квітня 2020 р., м. Дніпро, Україна). – Дніпро: Редакційно-видавничий комплекс ДВНЗ УДХТУ, 2020. – С. 112-116.

12. Thompson, C., & Hopkin, P. (2021). Fundamentals of risk management: Understanding, evaluating and implementing effective enterprise risk management (6th ed.). Kogan Page Publishers.

13. Яцух О.В. Професійна безпека – запорука здоров'я працівника / Актуальні питання безпеки праці у контексті сталого розвитку та європейської інтеграції України = Topical Issues of Occupational Safety in the Context of Sustainable Development and European Integration of Ukraine : матеріали V Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., Харків, 12–13 листоп. 2024 р. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, Департамент цивіл. захисту Харків. обл. військ. адмін., Hungarian University of Agriculture and Life Sciences (Hungary), University of Žilina (Slovakia), Rhino Management

Consulting GmbH (Germany). – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – С. 169-171.

14. Про об'єкти підвищеної небезпеки : Закон України (редакція від 01.01.2024 р.) / ВВР, 2001, №15. [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2245-14#Text> – Назва з екрану.

15. Деякі питання ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки, затверджені Постановою КМУ від 13.09.2022 р. № 1030 : [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1030-2022-%D0%BF#Text>.

16. Класифікатор НС ДК 019:2010, затверджений наказом Держспоживстандарту України від 11.10.2010 р. № 457 : [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va457609-10#Text>.

17. Кодекс цивільного захисту України (редакція від 27.11.2023 р.) / ВВР, 2013, №34-35, ст. 458. [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text> – Назва з екрану.

18. Класифікаційні ознаки надзвичайних ситуацій, затверджені наказом МНС України від 6 серпня 2018 року №658 : [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0969-18#Text>.

19. Порядок видачі дозволів на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки, затвердж. Постановою КМУ від 26.11.2011 р. №1107 : [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show /1107-2011-п#Text>.

20. Деякі питання паспортизації об'єктів критичної інфраструктури, затвердженні Постановою КМУ від 04.08.2023 р. №818 : [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/818-2023-%D0%BF#Text>.

21. Yatsukh O. Modern approaches to labor protection management in the enterprise / O.Yatsukh, M.Zoria, I. Mokhnatko // International Electronic Scientific and Practical Journal «WayScience». – №2 (6). – Ukraine (Dnipro), 2020. – P. 172-181.

22. Про місцеве самоврядування в Україні: Закон України (редакція від 31.10.2025 р.) / ВВР, 1997, № 24, ст.170 [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280/97-%D0%B2%D1%80#Text> – Назва з екрану.

23. Типове положення про регіональну та місцеву комісію з питань техногенно-екологічної безпеки і надзвичайних ситуацій, затверджене Постановою КМУ від 17.06.2015 р. №409 : [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/409-2015-%D0%BF#Text>.

24. Порядок здійснення навчання населення діям у НС, затверджений Постановою КМУ від 26.06.2013р. №444: [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/444-2013-%D0%BF#Text>.

25. Movmyga, N., Matskevich, Y., Zaveryko, N., Padalka, H., & Kovalchuk, V. (2025). Approaches to Student Training in Life Safety in the Context of Internationalisation: Insights from Global Practices. Salud, Ciencia Y Tecnología – Serie De Conferencias, 4, 1445. <https://doi.org/10.56294/sctconf20251445>.

26. ДСТУ EN IEC 31010:2022 Керування ризиками – методи оцінки ризиків (EN IEC 31010:2019, IDT; IEC 31010:2019, IDT). Чинний від 2023-12-21.

27. ДСТУ ISO 45001:2018 Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT).

28. Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки ДСНС : Постанова КМУ від 5 вересня 2018 р. № 715. Офіційний вісник України. 2018. № 72. С. 53.

29. International Organization for Standardization. (2018). Risk management – Guidelines (ISO 31000:2018). ISO.

30. Cyber and Infrastructure Security Centre. (2025). Guidance for the critical infrastructure risk management program. Department of Home Affairs. <https://www.cisc.gov.au/resources-subsite/Documents/guidance-for-the-critical-infrastructure-risk-management-program.pdf>.

31. Гринько Т., Гвініашвілі Т., Юлдашев Р. Аналіз систем управління ризиками на підприємствах. Економічний аналіз. 2024. Том 34. № 2. С. 223-236. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2024.02.223>.

32. Нагайчук, О.В., Зоря, М.В., & Кучинський, С.А. (2024). Інноваційні підходи до створення безпечного освітнього середовища для здобувачів вищої освіти в Україні під час війни. Педагогічна Академія: наукові записки, (12). <https://doi.org/10.5281/zenodo.14228532>.

33. Chastnyk, O., Zoria, M., Poletay, O., Shumskyi, O., & Klochkova, Y. (2024). Exploring the influence of interactive education on academic progress: Evaluating effectiveness and implementation approaches. *Multidisciplinary Reviews*, 7, 2024spe029. <https://doi.org/10.31893/multirev.2024spe029>.

34. ЯЦУХ, О. (2024). Поддержка высшего образования в Украине через социальную сеть Viber в период военного положения. ЕВРОПЕЙСКИЕ ГУМАНИТАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: Государство и общество, 1 (1), 98-111. <https://doi.org/10.38014/ehs-ss.2024.1.07>.

35. Зоря М. В., Акопян Г. М., Горбунов В. С. Використання цифрових інструментів для моніторингу успішності студентів. Академічні візії. 2025. № 44 (2025). С. 1-11. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15730089>.

36. ЯЦУХ, О. (2024). Використання соціальної мережі Viber у вищій освіті в період дії воєнного стану в Україні. ВИЩА ОСВІТА УКРАЇНИ У КОНТЕКСТІ ІНТЕГРАЦІЇ ДО ЄВРОПЕЙСЬКОГО ОСВІТНЬОГО ПРОСТОРУ, 92(I(2), 196-207. <https://doi.org/10.38014/osvita.2023.92.180>.

37. YATSUKH, O. (2025). Educational innovations and digital technologies as an opportunity to improve the educational environment in Ukraine during martial law. *EUROPEAN HUMANITIES STUDIES: State and Society*, 1(1), 68-81. <https://doi.org/10.38014/ehs-ss.2025.1.06>.

38. Зоря М. В., Кон О. О., Будзин В. Р. Ефективність адаптивного навчання у середовищі онлайн-освіти: індивідуалізація підходів. Наукові інновації та передові технології (Серія «Управління та адміністрування», Серія «Право», Серія «Економіка», Серія «Психологія», Серія «Педагогіка»):

журнал. 2025. № 7 (47) 2025. С. 1678-1688. [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2025-7\(47\)-1678-1688](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2025-7(47)-1678-1688).

39. ДСТУ ISO 55000:2019 (ISO 55000:2014) Asset management – Overview, principles and terminology.

40. Яцух О.В., Кіусов С.О. Особливості методу визначення усередненої оцінки експертів при визначенні професійного ризику. Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: Зб. наук. праць XV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів. – Львів: ЛДУ БЖД, 2020. – С. 273-274.

41. Міжнародна організація зі стандартизації. (2015). Системи менеджменту якості – Вимоги (ISO 9001:2015). ISO.

42. Яцух О.В., Бодня В.В. Аналіз існуючих методів експертних оцінок з професійного ризику. Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: Зб. наук. праць XV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів. – Львів: ЛДУ БЖД, 2020. – С. 256-257.

43. ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику (ІЕС/ISO 31010:2009, ІДТ).

44. Головін Д.С., Яцух О.В. Створення системи управління охороною праці в сільськогосподарському підприємстві / Д.С. Головін, О.В. Яцух / Актуальні питання охорони праці у контексті сталого розвитку та європейської інтеграції України : тез. допов. III Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (09-11 листопада 2022 року, м. Харків, Україна) / за заг. ред. В.В. Малишевої. – Харків: ХНУМГ, 2022. – С. 85-87.

45. Яцух О.В., Хараїм М.Г. Аналіз найбільш розповсюджених методів експертних оцінок визначення професійного ризику в охороні праці. Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. курсантів і студентів «Наука про цивільний захист як шлях становлення молодих вчених», 13 травня 2020 р. – Черкаси: ЧПБ імені Героїв Чорнобиля, 2020. – С. 257-258.

46. ІЕС 31010:2019 Risk management – Risk assessment techniques. URL: <https://www.iso.org/ru/standard/72140.html> (дата звернення: 09.12.2025).

47. International Organization for Standardization. (2018). Occupational health and safety management systems—Requirements with guidance for use (ISO Standard No. 45001:2018). <https://www.iso.org/standard/63787.html>.

48. Яцух О. В. Застосування сучасних комп'ютерних технологій для розрахунку параметрів мікроклімату навчальних аудиторій. Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні: мат. VI Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. здобувачів вищої освіти та молодих вчених (30 листопада 2023 р., м. Хмельницький, м. Херсон). Херсон: Книжкове видавництво ФОП Вишемирський В. С., 2023. С. 222-225.

49. Старостюк В. Є., Яцух О. В. Моніторинг параметрів мікроклімату навчальних аудиторій з точки зору впливу на якість навчання. Актуальні питання охорони праці у контексті сталого розвитку та європейської інтеграції України: мат. IV Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. (Харків, 09–11.11.2023 р.). Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2023. С. 162-165.

50. Старостюк В. Є., Яцух О. В. Застосування систем моніторингу факторів мікроклімату для відстеження показників здоров'я працівників на виробництві. Безпека життєдіяльності в XXI столітті: тез. допов. XIX Всеукр. студ. наук.-практ. конф. (27-28 квітня 2023). Дніпро: ПДАБА, 2023. С. 82-83.

51. Яцух О. В. Моніторинг параметрів мікроклімату як спосіб запобігання виробничому травматизму. Надзвичайні ситуації: безпека та захист: Матеріали XIII Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнародною участю. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2023. С. 224-225.

52. Старостюк В.Є., Яцух О.В. Необхідність оцінки параметрів мікроклімату в охороні праці // XI Всеукр. наук.-техн. конф. здобувачів вищої освіти ТДАТУ. Факультет агротехнологій та екології: мат. XI Всеукр. наук.-техн. конф., 19-23 лютого 2024 р. Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. 104-106 с.

53. Стахник Д.А., Яцух О.В. Гігієнічна оцінка умов праці за показниками мікроклімату // XI Всеукр. наук.-техн. конф. здобувачів вищої освіти ТДАТУ. Факультет агротехнологій та екології: матеріали XI Всеукр. наук.-техн. конф., 19-23 лютого 2024 р. Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. 107-109 с.

54. Старостюк В.Є., Яцух О.В. Необхідність оцінювання умов мікроклімату аудиторій в процесі навчання // Фізичне виховання, безпека життєдіяльності і сучасні технології виробництва: збірник тез I Всеукр. наук.-практ. конф. (електронне видання), 21 березня 2024 року / за заг. ред. А.А. Івашури. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2024. 312-318 с.

55. Старостюк В. Є. Вплив температурного індексу WBGT на мікроклімат робочого місця / наук. кер. О. В. Яцух // XII Всеукр. наук.-техн. конф. здобувачів вищої освіти ТДАТУ. Факультет агротехнологій та екології: мат. XI Всеукр. наук.-техн. конф. (3-7 березня 2025 р., Запоріжжя). – Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. – с. 61-64. <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/18949>.

56. Kabir, Sohag & Papadopoulos, Yiannis. (2018). A review of applications of fuzzy sets to safety and reliability engineering. *International Journal of Approximate Reasoning*. 100. 10.1016/j.ijar.2018.05.005.