



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

---

# КЕРУВАННЯ РИЗИКОМ

Методи загального оцінювання ризику

(ІЕС/ІСО 31010:2009, IDT)

ДСТУ ІЕС/ІСО 31010:2013

*Видання офіційне*

БЗ № 12–2013/552

Київ  
МІНЕКОНОМРОЗВИТКУ УКРАЇНИ  
2015

## ПЕРЕДМОВА

1 ВНЕСЕНО: Державне підприємство «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем» (ДП НДІ «Система»)

ПЕРЕКЛАД І НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ РЕДАГУВАННЯ: **В. Горопацький**, канд. фіз.-мат. наук; **І. Єршова**, канд. техн. наук; **А. Сухенко** (науковий керівник); **Ю. Тройнін**

2 НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Міністерства економічного розвитку України від 11 грудня 2013 р. № 1469 з 2014–07–01

3 Національний стандарт відповідає ІЕС/ІСО 31010:2009 Risk management — Risk assessment techniques (Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику)

Ступінь відповідності — ідентичний (IDT)

Переклад з англійської (en)

4 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

## ЗМІСТ

	С.
Національний вступ .....	V
Вступ до ІЕС/ІSO 31010:2009 .....	V
1 Сфера застосування .....	1
2 Нормативні посилання .....	1
3 Терміни та визначення понять .....	2
4 Концепції загального оцінювання ризику .....	2
4.1 Призначеність і вигоди .....	2
4.2 Загальне оцінювання ризику та структура керування ризиком .....	2
4.3 Загальне оцінювання ризику та процес керування ризиком .....	2
4.3.1 Загальні положення .....	2
4.3.2 Обмінювання інформацією та консультування .....	3
4.3.3 Установлення оточення .....	3
4.3.4 Загальне оцінювання ризику .....	4
4.3.5 Оброблення ризику .....	4
4.3.6 Моніторинг і критичне аналізування .....	4
5 Процес загального оцінювання ризику .....	5
5.1 Загальний огляд .....	5
5.2 Ідентифікування ризику .....	5
5.3 Аналізування ризику .....	6
5.3.1 Загальні положення .....	6
5.3.2 Оцінювання засобів контролювання .....	7
5.3.3 Аналізування наслідків .....	7
5.3.4 Аналізування правдоподібності та кількісне оцінювання ймовірності .....	7
5.3.5 Попереднє аналізування .....	8
5.3.6 Невизначеності та чутливості .....	8
5.4 Оцінювання ризику .....	8
5.5 Документація .....	9

5.6 Моніторинг і критичне аналізування загального оцінювання ризику .....	10
5.7 Застосування загального оцінювання ризику на стадіях життєвого циклу .....	10
6 Вибірання методів загального оцінювання ризику .....	10
6.1 Загальні положення .....	10
6.2 Вибірання методів .....	10
6.3 Наявність ресурсів .....	11
6.4 Характер і ступінь невизначеності .....	11
6.5 Комплексність .....	12
6.6 Типи методів загального оцінювання ризику .....	12
Додаток А Порівняння методів загального оцінювання ризику .....	12
Додаток В Методи загального оцінювання ризику .....	18
Бібліографія .....	72
Додаток НА Позначки та скорочення, які використано в цьому стандарті .....	72

## НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є письмовий переклад ІЕС/ІСО 31010:2009 Risk management — Risk assessment techniques (Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику).

Національний орган, відповідальний за цей стандарт, — Державне підприємство «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем» (ДП НДІ «Система»).

У стандарті наведено систематичні методи загального оцінювання ризику.

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

- слова «цей міжнародний стандарт» замінено на «цей стандарт»;
- вилучено «Передмову» до ІЕС/ІСО 31010:2009;
- структурні елементи цього стандарту: «Титульний аркуш», «Передмову», «Зміст», «Національний вступ», першу сторінку, «Терміни та визначення понять» і «Бібліографічні дані» — оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;
- у розділі 2 наведено «Національне пояснення», виділене рамкою;
- у розділі 3 замість посилання на ISO/IEC Guide 73 наведено посилання на ISO Guide 73:2009;
- вилучено підрозділ 6.6 як такий, що повторює підрозділ 5.7, та відповідно змінено нумерацію підрозділу 6.7 на 6.6;
- додано відсутні в тексті міжнародного стандарту посилання на рисунки В.2, В.5, В.6, В.7, В.8, В.9, В.10, В.11, а також на таблиці В.3, В.4, В.5, В.6 — В.10;
- виправлено помилки, наявні в тексті міжнародного стандарту (на рисунку В.8 замість «Причина» має бути «Причина 1»; у В.24.4 замість посилання на таблицю В.3 має бути В.2; у В.29.3 замість посилання на рисунки В.6, В.7 і В.8 має бути В.13, В.14 і В.15 відповідно).

У стандарті використано позначки та скорочення, які наведено в національному додатку НА.

Копії нормативних документів, на які є посилання в цьому стандарті, можна отримати в Головному фонді нормативних документів.

## ВСТУП до ІЕС/ІСО 31010:2009

Організації всіх типів і розмірів стикаються з низкою ризиків, які можуть впливати на досягнення їхніх цілей.

Цілі може бути пов'язано з широким спектром видів діяльності організації — від її стратегічних ініціатив до робіт, процесів та проектів, — і може бути зазначено як суспільні, екологічні, технологічні результати та результати у сфері безпеки й охорони праці, комерційних, фінансових і економічних заходів, а також впливів на соціальні, культурні, політичні аспекти та репутацію.

Усю діяльність організації пов'язано з ризиками, якими треба керувати. Процес керування ризиком допомагає приймати рішення з урахуванням невизначеності та можливості настання майбутніх подій чи обставин (навмисних або ненавмисних) і їхніх впливів на узгоджені цілі.

Керування ризиком передбачає застосування логічних і систематичних методів щодо

- обмінювання інформацією та консультування протягом цього процесу;
- установа оточення для ідентифікування, аналізування, оцінювання, обробляння ризику, пов'язаного з будь-якими діяльністю, процесом, функцією чи продукцією;
- моніторингу та критичного аналізування ризиків;
- належного звітування про результати та їх протоколювання.

Загальне оцінювання ризику — це та частина керування ризиком, яка дає можливість мати структурований процес, у ході якого визначають, що може вплинути на досягнення цілей, а також аналізують ризик стосовно наслідків та їхніх імовірностей, перш ніж приймати рішення щодо необхідності подальшого обробляння ризику.

Під час загального оцінювання ризику намагаються відповісти на такі запитання:

- що може трапитися й чому (через ідентифікування ризику)?
- якими можуть бути наслідки?
- якою є імовірність виникнення їх у майбутньому?
- чи є якісь чинники, що пом'якшують наслідок ризику або знижують імовірність ризику?
- чи є рівень ризику допустимим або прийнятним і чи треба буде його обробляти у подальшому?

Цей стандарт призначено для того, щоб викласти належні сучасні методики вибирання та застосування методів загального оцінювання ризику, у ньому не розглядають нові чи розроблювані концепції, щодо яких ще не досягнуто задовільного рівня професійного консенсусу.

Цей стандарт має загальний характер, тому він може слугувати настановою для багатьох галузей і типів систем. У цих галузях можуть бути спеціальні стандарти, які встановлюють кращі методології та рівні загального оцінювання стосовно конкретних випадків застосування. Якщо ці стандарти узгоджуються з цим стандартом, то вони, зазвичай, є достатніми.

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

КЕРУВАННЯ РИЗИКОМ

Методи загального оцінювання ризику

УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ

Методы общего оценивания риска

RISK MANAGEMENT

Risk assessment techniques

Чинний від 2014-07-01

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Цей стандарт розроблено, щоб розвинути положення ISO 31000. Він подає настанови щодо вибирання та застосування систематичних методів загального оцінювання ризику.

Загальне оцінювання ризику, що його провадять відповідно до цього стандарту, сприяє іншим видам діяльності з керування ризиком.

Настанови щодо застосування низки методів подано разом із конкретними посиланнями на інші міжнародні стандарти, у яких концепцію та застосування методів описано докладніше.

Цей стандарт не призначено для цілей сертифікації та регуляторних або контрактних цілей.

У цьому стандарті немає конкретних критеріїв ідентифікації потреби в аналізуванні ризику і він не встановлює тип методу аналізування ризику, необхідний для конкретного випадку застосування.

У цьому стандарті охоплено не всі методи, тому, якщо певний метод не подано в ньому, це не означає, що цей метод не є чинний. Те, що певний метод застосовний до конкретної обставини, не означає, що саме цей метод треба обов'язково застосовувати.

*Примітка.* Цей стандарт стосується не тільки сфери безпеки. Він є загальним стандартом щодо керування ризиком і будь-які посилання на аспекти безпеки мають тільки інформативний характер. Настанови щодо охоплення аспектів безпеки у стандартах ІЕС наведено в ISO/IEC Guide 51.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У наведених нижче нормативних документах зазначено положення, які через посилання в цьому тексті становлять положення цього стандарту. У разі датованих посилань застосовують лише зазначене видання. У разі недатованих посилань застосовують останнє видання нормативного документа, на яке зроблено посилання, разом з будь-якими змінами до нього.

ISO/IEC Guide 73 Risk management — Vocabulary — Guidelines for use in standards (Керування ризиком. Словник термінів. Настанови щодо використання в стандартах)

ISO 31000 Risk management — Principles and guidelines (Керування ризиком. Принципи та настанови).

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

ISO/IEC Guide 73 замінено на ISO Guide 73:2009 Risk management — Vocabulary (Керування ризиком. Словник термінів), який упроваджено в Україні як ДСТУ ISO Guide 73:2012.

Національна примітка

В Україні впроваджено ДСТУ ISO Guide 73:2009.

## 3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цьому стандарті використано терміни та визначення понять, наведені в ISO Guide 73:2009.

## 4 КОНЦЕПЦІЇ ЗАГАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ

### 4.1 Призначеність і вигоди

Призначеність загального оцінювання ризику — забезпечувати отримання інформації на доказовій основі та її аналізування, щоб приймати обґрунтовані рішення щодо того, як обробляти конкретні ризики та як вибрати можливий варіант їх оброблення.

Деякі основні вигоди від провадження загального оцінювання ризику:

- розуміння ризику та його потенційного впливу на досягнення цілей;
- надання інформації особам, які приймають рішення;
- поліпшення розуміння ризиків з тим, щоб допомогти у вибиранні варіантів їх оброблення;
- ідентифікування важливих чинників, що сприяють ризикам, і слабких ланок у системах та організаціях;
- порівнювання з ризиками в альтернативних системах, технологіях або підходах;
- обмінювання інформацією про ризики та невизначеності;
- допомога в установленні пріоритетів;
- запобігання інцидентам на основі розслідування їхніх причин і наслідків;
- вибирання різних форм оброблення ризику;
- задоволення регуляторних вимог;
- забезпечування інформацією, яка дає змогу оцінити, наскільки ризик потрібно прийняти, якщо брати до уваги попередньо визначені критерії;
- загальне оцінювання ризиків, пов'язаних з утилізацією продукції після закінчення строку її служби.

### 4.2 Загальне оцінювання ризику та структура керування ризиком

У цьому стандарті зроблено припущення, що загальне оцінювання провадять у межах структури та процесу керування ризиком, описаних в ISO 31000.

Структура керування ризиком забезпечує політикою, процедурами та організаційними заходами щодо запровадження керування ризиком на всіх рівнях в організації.

Організація має розробити, як частину цієї структури, політику чи стратегію, щоб мати змогу вирішувати, коли та як потрібно провадити загальне оцінювання ризику.

Зокрема, треба, щоб особи, які провадять загальне оцінювання ризику, мали чітке уявлення щодо

- оточення та цілей організації;
- масштабу й типу допустимих ризиків, а також того, як треба обробляти неприйнятні ризики;
- того, як загальне оцінювання ризику пов'язано з процесами організації;
- методів і методик, які треба використовувати для загального оцінювання ризику, та стосовно їх внеску до процесу керування ризиком;
- підзвітності, відповідальності та повноважень, пов'язаних з провадженням загального оцінювання ризику;
- наявних ресурсів для провадження загального оцінювання ризику;
- того, як треба звітувати про результати загального оцінювання ризику та критично аналізувати їх.

### 4.3 Загальне оцінювання ризику та процес керування ризиком

#### 4.3.1 Загальні положення

Загальне оцінювання ризику охоплює основні елементи процесу керування ризиком, визначені в ISO 31000, а також такі:

- обмінювання інформацією та консультування;
- установлення оточення;
- загальне оцінювання ризику (зокрема ідентифікування ризику, аналізування ризику та оцінювання ризику);
- оброблення ризику;
- моніторинг та критичне аналізування.



Загальне оцінювання ризику не є окремим видом діяльності, його треба повністю інтегрувати іншими складниками процесу керування ризиком.

#### **4.3.2 Обмінювання інформацією та консультування**

Успішність загального оцінювання ризику залежить від результативності обмінювання інформацією та консультування з зацікавленими сторонами.

Залучення зацікавлених сторін до процесу керування ризиком необхідне, щоб

- розробляти план обмінювання інформацією;
- належно визначати оточення;
- забезпечувати розуміння та враховування інтересів зацікавлених сторін;
- об'єднувати різні напрями фахової компетентності для ідентифікування та аналізування ризику;
- забезпечувати належне враховування різних поглядів під час оцінювання ризиків;
- забезпечувати адекватне ідентифікування ризиків;
- гарантувати ухвалення та підтримання плану оброблення.

Зацікавлені сторони треба залучати до забезпечення взаємного зв'язку між процесом загального оцінювання ризику та іншими напрямками керування, зокрема керування змінами, керування проектами та програмами, а також керування фінансами.

#### **4.3.3 Установлення оточення**

Установлення оточення дає змогу визначити основні параметри керування ризиком і сферу застосування та критерії для іншої частини процесу. Установлення оточення передбачає враховування внутрішніх і зовнішніх параметрів, пов'язаних з організацією загалом, а також попереднього досвіду стосовно конкретних ризиків, що їх охоплюють загальним оцінюванням.

Під час установлювання оточення визначають і погоджують цілі загального оцінювання ризику, критерії ризику та програму загального оцінювання ризику.

У разі загального оцінювання конкретного ризику треба, щоб установлення оточення охоплювало визначання зовнішнього, внутрішнього оточення, а також оточення керування ризиком і класифікування критеріїв ризику:

а) установлення зовнішнього оточення передбачає ознайомлення з середовищем, у якому функціують організація та система, а саме:

- культурні, політичні, правові, регуляторні, фінансові, економічні та конкурентні чинники середовища на міжнародному, національному, регіональному чи місцевому рівнях;
- ключові чинники та тенденції, що впливають на цілі організації;
- сприйняття та цінності зовнішніх зацікавлених сторін;

б) установлення внутрішнього оточення передбачає з'ясування

- можливостей організації стосовно ресурсів і знань;
- інформаційних потоків і процесів прийняття рішень;
- внутрішніх зацікавлених сторін;
- цілей, а також запроваджених стратегій їх досягання;
- сприймання цінностей і культури;
- політик і процесів;
- стандартів і базових моделей, прийнятих організацією;
- структур (наприклад, підпорядкування, ролей і підзвітності);

в) установлення оточення процесу керування ризиком передбачає

- визначення підзвітності та відповідальності;
- визначення обсягу діяльності з керування ризиком, який треба виконати, зокрема спеціальні долучення та винятки;
- визначення обсягу проекту, процесу, функції чи діяльності стосовно тривалості та місця провадження;
- визначення взаємозв'язків між конкретним проектом або конкретною діяльністю та іншими проектами чи видами діяльності організації;
- визначення методологій загального оцінювання ризику;
- визначення критеріїв ризику;
- визначення способів оцінювання дієвості керування ризиком;

- визначення та конкретизацію рішень, які треба прийняти, і дій, які треба виконати;
  - ідентифікацію необхідних досліджень з установлення сфери чи меж застосування, їхніх обсягу, цілей, а також ресурсів, потрібних для цих досліджень;
- d) визначення критеріїв ризику передбачає прийняття рішень щодо
- характеру й типів можливих наслідків і способу їх вимірювання;
  - способу подавання ймовірностей;
  - способу визначання рівня ризику;
  - критеріїв, за якими прийматимуть рішення щодо необхідності оброблення ризику;
  - критеріїв, за якими прийматимуть рішення щодо прийнятності та/чи допустимості ризику;
  - того, чи враховуватимуть комбінації ризиків, і в який спосіб це робитимуть.

Основою критеріїв можуть бути такі джерела:

- узгоджені цілі процесу;
- критерії, ідентифіковані у специфікаціях;
- загальні джерела даних;
- загальноприйняті у промисловості критерії, наприклад, рівні повноти безпеки;
- готовність організації до ризику;
- правові та інші вимоги до конкретного устаткування чи конкретних випадків застосування.

#### **4.3.4 Загальне оцінювання ризику**

Загальне оцінювання ризику — це спільний процес ідентифікування ризику, аналізування ризику та оцінювання ризику.

Загальне оцінювання ризику можна провадити на рівні організації, на рівні підрозділів, стосовно проектів, окремих видів діяльності або конкретних ризиків. Різним оточенням можуть відповідати різні засоби та методики.

Загальне оцінювання ризику забезпечує розуміння ризиків, їхніх причин, наслідків і їхніх імовірностей. Воно зазначає входні дані для прийняття рішень щодо

- необхідності розпочинати певну діяльність;
- способів максимізування можливостей;
- потреби обробляти ризики;
- вибирання серед варіантів з різними ризиками;
- установлення пріоритетності варіантів оброблення ризику;
- вибору найбільш відповідних стратегій оброблення ризиків, які зменшуватимуть несприятливі ризики до допустимого рівня.

#### **4.3.5 Оброблення ризику**

Після завершення загального оцінювання ризику провадять оброблення ризику, яке передбачає вибирання та погоджування одного чи кількох прийнятних варіантів, що дають змогу змінити ймовірність виникнення ризиків, впливи ризиків або й те і друге, а також запровадження цих варіантів.

Після цього етапу виконують циклічне повторне загальне оцінювання нового рівня ризику задля визначення його допущеності за попередньо встановленими критеріями з тим, щоб прийняти рішення щодо потреби подальшого додаткового оброблення.

#### **4.3.6 Моніторинг і критичне аналізування**

Як частину процесу керування ризиком треба регулярно здійснювати моніторинг і критичне аналізування ризиків і засобів контролювання для перевірення того, що

- припущення щодо ризиків й надалі чинні;
- припущення, на яких базується загальне оцінювання ризику (зокрема, зовнішнє та внутрішнє оточення) й надалі чинні;
- очікуваних результатів досягають;
- результати загального оцінювання ризику узгоджуються з наявним досвідом;
- методики загального оцінювання ризику належно застосовують;
- заходи щодо оброблення ризиків є результативні.

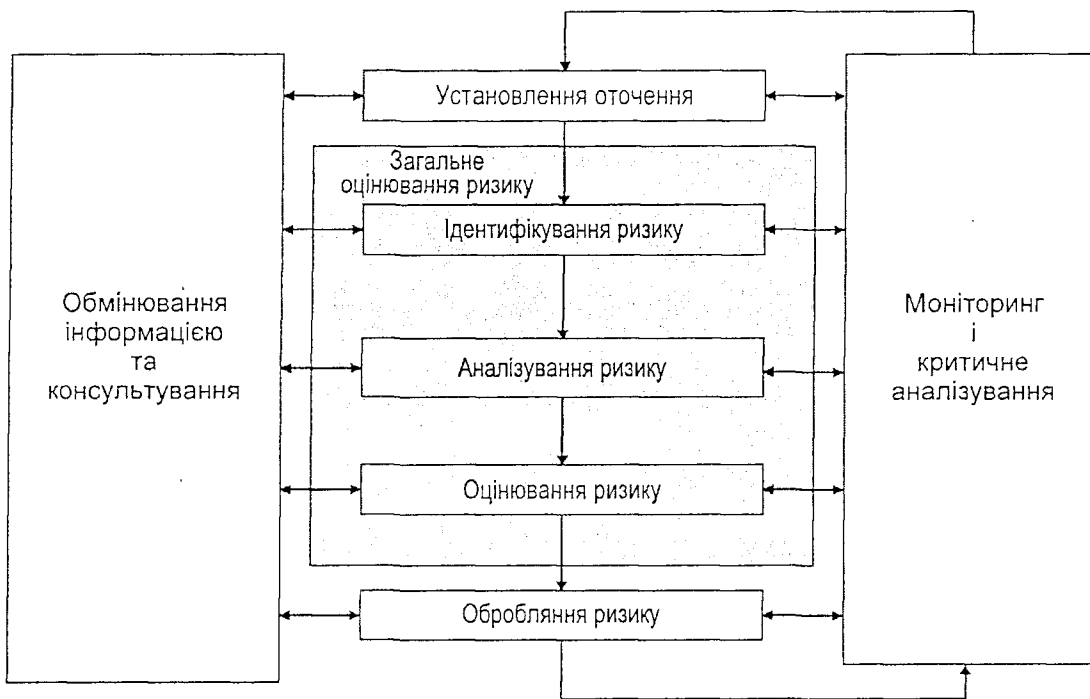
Треба встановити відповідальність за здійснення моніторингу та критичного аналізування.

## 5 ПРОЦЕС ЗАГАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ

### 5.1 Загальний огляд

Загальне оцінювання ризику дає змогу тим, хто приймає рішення, а також відповідальним сторонам краще розуміти ризики, які можуть впливати на досягнення цілей, адекватність та результативність запроваджених засобів контролювання. Це забезпечує основу для прийняття рішень щодо найбільш відповідного підходу до обробляння ризиків. Вихідні дані загального оцінювання ризику — це вхідні дані для процесів прийняття рішень в організації.

Загальне оцінювання ризику — це спільний процес ідентифікування ризику, аналізування ризику та оцінювання ризику (див. рисунок 1). Спосіб застосування цього процесу залежить не лише від оточення процесу керування ризиком, але також від методів і методик, використовуваних для загального оцінювання ризику.



ІЕС 2061/09

Рисунок 1 — Внесок загального оцінювання ризику до процесу керування ризиком

Для загального оцінювання ризику може бути потрібно застосувати багатодисциплінарний підхід, оскільки ризики можуть охоплювати широкий діапазон причин і наслідків.

### 5.2 Ідентифікування ризику

Ідентифікування ризику — це процес виявлення, усвідомлення та реєстрування ризиків.

Призначеність ідентифікування ризику — визначити, що може статися, або які можуть виникнути ситуації, що можуть впливати на досягнення цілей системи чи організації. Після того, як ризик ідентифіковано, організація має визначити будь-які наявні засоби контролювання, зокрема стосовно конструктивних особливостей, персоналу, процесів і систем.

Процес ідентифікування ризику охоплює визначення причин і джерела ризику (небезпеки в контексті фізичної шкоди), подій, ситуацій або обставин, які можуть чинити матеріальний вплив на досягнення цілей, а також визначення характеру цього впливу.

Методами ідентифікування ризику можуть бути:

— доказові методи, наприклад, застосування переліків контрольних запитань і критичне аналізування хронологічних даних;

— системні методи групової роботи, коли група експертів систематично ідентифікує ризики за допомогою стурктованого набору навідних фраз або запитань;

— методи індуктивного мислення, наприклад, HAZOP.

Щоб поліпшити точність і повноту ідентифікування ризику, можна використовувати різноманітні допоміжні методи, зокрема «мозкову атаку» та метод Дельфі.

Незалежно від фактично застосованих методів під час ідентифікування ризику особливу увагу важливо приділяти людським та організаційним чинникам. Тому під час процесу ідентифікування ризику треба враховувати відхилення людських і організаційних чинників від очікуваних станів, а також події, пов'язані з технічними та програмними засобами.

### **5.3 Аналізування ризику**

#### **5.3.1 Загальні положення**

Ризик аналізують для того, щоб поглибити розуміння ризику. Воно дає змогу отримувати вхідні дані для загального оцінювання ризику і прийняття рішень щодо потреби оброблення ризику та щодо найбільш відповідних стратегій і методів оброблення.

Аналізування ризику полягає у визначанні наслідків і їхніх імовірностей стосовно ідентифікованих ризикових подій, враховуючи наявність (чи відсутність) і результативність будь-яких наявних засобів контролювання. Потім наслідки та їхні ймовірності поєднують, щоб визначити рівень ризику.

Аналізування ризику передбачає розглядання причин і джерел ризику, їхніх наслідків та ймовірностей виникнення цих наслідків. Треба визначити чинники, що впливають на наслідки і ймовірність. Подія може мати багато наслідків і може впливати на багато цілей. Треба враховувати наявні засоби контролювання та їхню результативність. Різноманітні методи цього аналізування описано в додатку В. У складних випадках може бути потрібно застосувати кілька методів.

Аналізування ризику, зазвичай, передбачає кількісне оцінювання низки потенційних наслідків, які можуть виникати за настання події, ситуації чи обставини, а також пов'язаних з ними ймовірностей з тим, щоб виміряти рівень ризику. Однак, у деяких випадках, наприклад, коли наслідки незначні чи коли очікувана ймовірність надзвичайно низька, для прийняття рішення може бути достатньо оцінки лише одного параметра.

За деяких обставин наслідок може бути результатом низки різних подій чи умов або того, що конкретну подію не ідентифіковано. У такому разі загальне оцінювання ризику зосереджують на аналізуванні важливості та вразливості елементів системи з тим, щоб визначити види оброблення ризику, пов'язані з рівнями захисту чи стратегіями відновлювання.

Методи, використовувані під час аналізування ризику, можуть бути якісними, напівкількісними чи кількісними. Необхідний ступінь докладності залежить від конкретного випадку застосування, наявності вірогідних даних і потреб організації щодо прийняття рішень. Деякі методи та ступінь докладності аналізування може бути приписано в законодавстві.

Якісне загальне оцінювання дає змогу позначити наслідок, імовірність і рівень ризику такими термінами щодо рівня значущості, як «високий», «середній» та «низький», поєднати наслідок та ймовірність і оцінити рівень ризику, який впливає з цього, відповідно до якісних критеріїв.

Напівкількісні методи передбачають застосування числових шкал оцінювання наслідків і ймовірностей та їх поєднання, щоб отримати рівень ризику за деякою формулою. Шкали можуть бути лінійними чи логарифмічними, або можуть мати якийсь інший взаємозв'язок; використовувані формули також можуть різнитися.

Під час кількісного аналізування оцінюють практичне значення наслідків і їхніх імовірностей, а також обчислюють значення рівня ризику в конкретних одиницях, визначених під час установлювання оточення. Повне кількісне аналізування не завжди може бути можливе чи слушне через недостатність інформації про аналізовану систему чи діяльність, нестачу даних, вплив людських чинників тощо або тому, що витрати на кількісне аналізування не окупні чи потрібні. За таких обставин ефективним може бути порівняльне напівкількісне чи якісне ранжування ризиків із залученням спеціалістів, визнаних у відповідних галузях.

У разі кількісного аналізування треба чітко пояснити всі використовувані терміни та протоколювати основу для всіх критеріїв.

Навіть якщо проведено повне кількісне аналізування, потрібно визнавати, що обчислені рівні ризику є лише його оцінками. Треба бути уважним для забезпечення впевненості в тому, що їм не приписано рівень точності та прецизійності, несумісний з точністю використовуваних даних і методів аналізування.

Рівні ризику треба подавати в термінах, найпридатніших для цього типу ризику, та у формі, що сприяє оцінюванню ризику. У деяких випадках величину ризику може бути подано як розподілення ймовірності за діапазоном наслідків.

### **5.3.2 Оцінювання засобів контролювання**

Рівець ризику залежить від адекватності та результативності наявних засобів контролювання. Щоб з'ясувати це, треба відповісти на такі запитання:

— які засоби контролювання, пов'язані з конкретним ризиком, наявні?

— чи уможливлють ці засоби контролювання адекватне оброблення ризику так, щоб підтримувати його на допустимому рівні?

— чи функціують на практиці засоби контролювання так, як передбачено, і чи можна, за потреби, продемонструвати їхню результативність?

Упевнено відповісти на ці запитання можна тільки за наявності належної документації та запровадження відповідних процесів забезпечення.

Рівень результативності конкретного засобу контролювання чи низки відповідних засобів контролювання може бути подано якісно, напівкількісно чи кількісно. У багатьох випадках високий рівень точності не є виправданим. Однак може бути корисно подавати та протоколювати міру результативності контролю ризику так, щоб можна було скласти думку про те, на що доцільніше спрямовувати зусилля: на поліпшення засобу контролювання чи на забезпечення іншого оброблення ризику.

### **5.3.3 Аналізування наслідків**

Аналізування наслідків дає змогу визначати характер і тип впливу, який може виникати, за припущення, що відбуваються конкретні події чи настають конкретні обставини. Подія може чинити низку впливів різної величини та позначатися на низці різних цілей і різних зацікавлених сторін. Типи наслідків, які треба аналізувати, і зацікавлені сторони, на яких вони позначаються, визначають під час установаження оточення.

Аналізування наслідків може змінюватися від простого описування результатів до докладного кількісного моделювання чи аналізування вразливості.

Наслідок впливів може бути незначний, але з великою ймовірністю, або він може бути значний, але з малою ймовірністю, або може бути якийсь проміжний випадок. У деяких випадках доцільно робити наголос на ризиках з потенційно дуже змінюваними рівнями, оскільки часто саме вони є предметом особливої уваги з боку керівництва. В інших випадках може бути важливим аналізувати ризики зі значними та незначними наслідками окремо. Наприклад, часта (або постійна), але з незначним впливом проблема може мати значні сумарні чи довготривалі ефекти. Крім того, дії з оброблення, застосовувані до цих двох різних видів ризиків, часто суттєво різняться, отже, їх доцільно аналізувати окремо.

Аналізування наслідків може охоплювати

— розгляд наявних засобів контролювання для інтерпретації наслідків разом зі всіма відповідними спричинювальними чинниками, що позначаються на наслідках;

— зіставлення наслідків ризику і початкових цілей;

— розгляд як безпосередніх наслідків, так і тих, що можуть виникати в подальшому, якщо це узгоджується зі сферою загального оцінювання;

— розгляд вторинних наслідків, наприклад тих, що впливають на відповідно пов'язані системи, види діяльності, устаткування чи організації.

### **5.3.4 Аналізування правдоподібності та кількісне оцінювання ймовірності**

Для кількісного оцінювання ймовірності зазвичай застосовують три загальні підходи, які можна використовувати окремо чи спільно:

а) використання відповідних хронологічних даних, щоб ідентифікувати події чи ситуації, які виникли у минулому, і завдяки цьому мати змогу екстраполювати ймовірність їх виникнення в майбутньому. Треба, щоб використовувані дані відповідали розглядуваному типу системи, устаткування, організації чи діяльності, а також стандартам функціонування цієї організації. Якщо так склалося, що часто-

та виникнення дуже низька, тоді будь-яка оцінка ймовірності буде дуже невизначеною. Це особливо стосується випадків, коли подія, ситуація чи обставина ніколи не виникали та ніхто не може припустити, що вони не виникнуть у майбутньому;

b) прогнозування ймовірності з використанням прогнозних методів, наприклад, аналізування дерева відмов і аналізування дерева подій (див. додаток В). Якщо хронологічних даних немає чи вони неадекватні, то ймовірність необхідно визначити, аналізуючи систему, діяльність, устаткування чи організацію, а також пов'язані з ними відмови чи справні стани. Числові дані стосовно устаткування, персоналу, організацій і систем, отримані з практичного досвіду чи опублікованих джерел даних, потім об'єднують, щоб отримати оцінку ймовірності кінцевої події. Використовуючи прогнозні методи, важливо забезпечити, щоб під час аналізування було належним чином ураховано можливість виникнення загальної відмови за одночасної відмови кількох різних частин або складників системи, зумовлених однією причиною. Для визначання ймовірності відмов устаткування чи конструкції внаслідок старіння чи інших процесів погіршення можуть бути потрібні методи імітаційного моделювання, базовані на обчислюванні впливів невизначеностей;

c) для кількісного оцінювання ймовірності під час регулярного та структурованого процесу можна використовувати експертні висновки. Експертні судження мають ґрунтуватись на всій наявній відповідній інформації, охоплюючи хронологічні дані, специфічну для системи та організації інформацію, експериментальні дані та проектно-конструкторську документацію тощо. Є низка формальних методів отримання експертних суджень, які допомагають формулювати доречні запитання, наприклад такі: метод Дельфі, методи парних порівнянь, ранжування за категоріями та експертного оцінювання абсолютної ймовірності.

#### **5.3.5 Попереднє аналізування**

Ризики можна ранжувати з тим, щоб визначити найзначніші ризики або вилучити з подальшого аналізування менш значні чи мінімальні ризики. Ціль полягає в тому, щоб забезпечити зосередження ресурсів на найважливіших ризиках. Однак треба дбати про те, щоб не відкинути низькі ризики, які виникають часто і мають значний сумарний ефект.

Ранжування треба базувати на критеріях, визначених для оточення. Попереднє аналізування дає змогу вибрати одну чи кілька з таких дій:

- прийняти рішення обробляти ризики без подальшого загального оцінювання;
- відхилити незначні ризики, оброблення яких недоцільне;
- вдатися до докладнішого загального оцінювання.

Початкові припущення та результати має бути задокументовано.

#### **5.3.6 Невизначеності та чутливості**

З аналізуванням ризику часто пов'язано значні невизначеності. Розуміння невизначеностей необхідно для того, щоб належним чином інтерпретувати результати аналізування ризиків і обмінюватися інформацією про них. Аналізування невизначеностей, пов'язаних з даними, методами та моделями, використовуваними для ідентифікування й аналізування ризиків, відіграє важливу роль в їх застосуванні. Аналізування невизначеності передбачає визначення відхилу або неточності результатів унаслідок сукупного змінення параметрів і припущень, використовуваних для визначення результатів. З аналізуванням невизначеності значною мірою пов'язане аналізування чутливості.

Аналізування чутливості передбачає визначення розміру та значення величини ризику, пов'язаних зі змінами в окремих вхідних параметрах. Його використовують, щоб ідентифікувати дані, які мають бути точними, і дані, які є менш чутливі, і, тому, менше впливають на загальну точність.

Всеохопність і точність аналізування ризику треба встановити якомога повніше. В усіх можливих випадках треба ідентифікувати джерела невизначеності та звернути увагу на невизначеності, пов'язані як з даними, так і з моделлю чи методом. Треба встановити характеристики, щодо яких аналізування вкрай важливе, а також ступінь важливості.

### **5.4 Оцінювання ризику**

Оцінювання ризику передбачає порівнювання кількісно оцінених рівнів ризику з критеріями ризику, визначеними під час устанавлювання оточення, для того, щоб устанавити значення рівня й типу ризику.

Оцінювання ризику ґрунтується на розумінні ризику, набутому під час аналізування ризику, і слугує для прийняття рішень щодо подальших дій. Етичні, правові, фінансові та інші міркування, зокрема, сприйняття ризику, також є вхідними даними для прийняття рішень.

Рішення можуть бути щодо

- потреби в оброблянні ризику;
- пріоритетів оброблення;
- доцільності виконання якоїсь роботи;
- вибору з низки напрямків тих, яких треба дотримувати.

На цій стадії, коли є більше інформації про конкретні ідентифіковані ризики, потрібно знову докладніше розглянути вибрані ще під час установлювання оточення характер рішень, що їх потрібно прийняти, і критерії, що їх використовуватимуть для прийняття цих рішень.

Найпростішою структурою критеріїв ризику є один рівень, що відокремлює ризики, які потребують оброблення, від ризиків, які не потребують оброблення. Ця структура дає цікаві прості результати, але не відображає невизначеності, притаманні кількісному оцінюванню ризиків і розмежуванню ризиків на ті, які потребують оброблення, і ті, які не потребують оброблення.

Рішення щодо необхідності та способу оброблення ризику може залежати від витрат і переваг, пов'язаних із взяттям на себе ризику, і від витрат і переваг, пов'язаних із запровадженням поліпшених засобів контролювання.

Загальноприйнятий підхід полягає в розділенні ризиків на три діапазони:

- a) верхній діапазон, у якому рівень ризику розглядають як недопустимий незалежно від будь-якої вигоди внаслідок діяльності, і в якому оброблення ризику конче потрібне незалежно від витрат на нього;
- b) середній діапазон (або «сіра» зона), у якому враховано витрати та переваги, а можливості збалансовано відповідно до потенційних наслідків;
- c) нижній діапазон, у якому рівень ризику розглядають як незначний або настільки малий, що жодних заходів з оброблення ризику не потрібно.

Система критеріїв ALARP («настільки низький, наскільки це практично доцільно»), використовувана у практиці забезпечення, реалізує цей підхід, за якого середній діапазон має рухому шкалу для низьких ризиків, що дає змогу безпосередньо порівнювати витрати та переваги, тоді як для високих ризиків потенційну можливість шкоди треба знижувати доти, доки витрати на подальше знижування не стануть цілком диспропорційними отриманій перевазі щодо безпеки (див. рисунок В.12).

### 5.5 Документація

Процес загального оцінювання ризику треба документувати разом з результатами загального оцінювання. Ризики треба позначати простими для розуміння термінами, а також треба, щоб одиниці, у яких подають рівень ризику, були однозначними.

Ступінь звітності залежатиме від цілей і сфери застосування загального оцінювання. Крім випадків дуже простих загальних оцінювань, у документації може бути наведено

- цілі та сферу застосування;
- опис відповідних частин системи та її функцій;
- стислий виклад зовнішнього та внутрішнього оточення організації й того, як воно пов'язане з ситуацією, системою чи обставинами, що їх охоплюють загальним оцінюванням;
- застосовувані критерії ризику та їх обґрунтування;
- обмеження, припущення та обґрунтування гіпотез;
- методологію загального оцінювання;
- результати ідентифікації ризику;
- дані, припущення та їхні джерела і підтвердження вірогідності;
- результати аналізування ризику та їх оцінювання;
- аналізування чутливості та невизначеності;
- критичні припущення та інші чинники, щодо яких потрібно провадити моніторинг;
- обговорення результатів;
- висновки та рекомендації;
- посилання.

Якщо загальне оцінювання ризику необхідне для підтримування постійного процесу керування ризиком, то його треба провадити та документувати так, щоб дієвість загального оцінювання можна було

підтримувати протягом усього життєвого циклу системи, організації, устаткування чи діяльності. Загальне оцінювання треба актуалізувати за наявності нової важливої інформації та змін оточення відповідно до потреб процесу керування.

### **5.6 Моніторинг і критичне аналізування загального оцінювання ризику**

Процес загального оцінювання чітко вирізняє оточення та інші чинники, які можуть змінюватися з плином часу і змінювати чи робити недійсним загальне оцінювання ризику. Ці чинники треба точно ідентифікувати для поточного моніторингу та критичного аналізування, щоб, за необхідності, мати змогу актуалізувати загальне оцінювання ризику.

Також треба ідентифікувати та збирати дані, що підлягають моніторингу, щоб мати змогу вдосконалити загальне оцінювання ризику.

Також треба відстежувати та документувати результативність засобів контролювання, щоб забезпечити наявність даних, використовуваних для аналізування ризику. Треба визначити відповідальність за формування та критичне аналізування доказів і документації.

### **5.7 Застосування загального оцінювання ризику на стадіях життєвого циклу**

Багато видів діяльності, проектів і продукції можна розглядати як такі, життєвий цикл яких починається від первісних концепції та визначення понять і продовжується, охоплюючи розроблення, до остаточного завершення, зокрема до припинення роботи чи виводу з експлуатації та утилізації технічних засобів.

Загальне оцінювання ризику можна застосовувати на всіх стадіях життєвого циклу і зазвичай його застосовують багаторазово з різними рівнями докладності, щоб полегшувати прийняття рішення на кожній стадії.

Стадії життєвого циклу характеризуються різними вимогами та потребою застосування різних методів. Наприклад, на стадії концептуального розроблення й визначення понять, коли встановлено можливості, загальне оцінювання ризику можна використовувати для прийняття рішення щодо продовження чи припинення роботи чи проекту.

За наявності кількох варіантів загальне оцінювання ризику можна використовувати для оцінювання альтернативних концепцій на полегшення прийняття рішення про те, яка з них забезпечує найкращий баланс позитивних і негативних ризиків.

На стадії проектування та розроблення загальне оцінювання ризику сприяє

- забезпеченню того, щоб пов'язані з системою ризику були прийнятні;
- удосконалюванню проекту;
- вивченню рентабельності;
- ідентифікуванню ризиків, що впливають на наступні стадії життєвого циклу.

Оскільки робота продовжується, загальне оцінювання можна використовувати для отримання інформації, що сприяє розробленню процедур для нормальних і надзвичайних умов.

## **6 ВИБИРАННЯ МЕТОДІВ ЗАГАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ**

### **6.1 Загальні положення**

У цьому розділі описано, як вибирати методи загального оцінювання ризику. У додатках перелічено та докладно пояснено низку засобів і методів, які можна використати для провадження загального оцінювання ризику чи для полегшення процесу загального оцінювання ризику. Інколи, можливо, необхідно буде застосувати кілька методів загального оцінювання.

### **6.2 Вибірання методів**

Загальне оцінювання ризику можна провадити зі змінням ступенів глибини та докладності, а також з використанням одного чи кількох методів — від найпростіших до найскладніших. Треба, щоб форма загального оцінювання та його результат було узгоджено з критеріями ризику, розробленими під час устанавлювання оточення. У додатку А показано концептуальний взаємозв'язок між основними категоріями методик загального оцінювання ризику та чинниками, пов'язаними з конкретною ситуацією ризику, а також наведено наочні приклади того, як організації можуть вибирати відповідні методи загального оцінювання ризику стосовно конкретної ситуації.



Загалом треба, щоб придатний метод був таким:

- він має бути обґрунтованим і доречним для розгляданих ситуації чи організації;
- він має забезпечувати отримання результатів у формі, яка уможливіє краще розуміння характеру ризику та способу, у який його може бути оброблено;
- його застосування має бути таким, щоб його можна було простежити, відтворити чи перевірити.

Обґрунтовуючи вибір методів, треба враховувати їхню відповідність і придатність. У разі поєднання результатів різних досліджень треба, щоб застосовувані методи та отримані вихідні дані можна було порівняти.

Після того, як прийнято рішення про провадження загального оцінювання ризику і визначено цілі та сферу застосування, треба вибрати методи, зважаючи на такі чинники:

- цілі дослідження. Цілі загального оцінювання безпосередньо позначатимуться на виборі застосовуваних методів. Наприклад, якщо провадять порівняльне дослідження різних варіантів, то прийнятним може бути використання менш докладних моделей наслідків для частин системи, на які не впливають відмінності;
- потреби тих, хто приймає рішення. У деяких випадках потрібен високий рівень докладності для прийняття оптимального рішення, в інших випадках достатнім є загальне розуміння;
- тип і діапазон аналізовуваних ризиків;
- потенційна величина наслідків. Рішення щодо глибини загального оцінювання ризику має відображати первісне сприйняття наслідків (хоча може виявитися необхідним змінити його після завершення попереднього оцінювання);
- ступінь фахової компетентності, потреба в людських та інших ресурсах. Простий, належно заведений метод, якщо він задовольняє цілі та сферу застосування загального оцінювання, може давати кращі результати, ніж складніша, але недостатньо опрацьована процедура. Зазвичай треба, щоб витрати на загальне оцінювання були сумірними з потенційним рівнем аналізованого ризику;
- наявність інформації та даних. Для деяких методів потрібно більше інформації та даних, ніж для інших;
- потреба модифікувати чи актуалізувати загальне оцінювання ризику. Надалі загальне оцінювання може бути потрібно модифікувати чи актуалізувати і у зв'язку з цим деякі методи більш придатні до вдосконалення, ніж інші;
- будь-які регуляторні чи контрактні вимоги.

На вибирання підходу до загального оцінювання ризику впливають різномантні чинники, наприклад, наявність ресурсів, характер і ступінь невизначеності наявних даних та інформації, складність випадку застосування (див. таблицю А.2).

### 6.3 Наявність ресурсів

Ресурси та можливості, які можуть впливати на вибирання методів загального оцінювання ризику, охоплюють

- компетентність, досвід, здібності та можливості групи загального оцінювання ризику;
- обмеження щодо часу та інших ресурсів організації;
- наявний бюджет у разі, якщо будуть потрібні зовнішні ресурси.

### 6.4 Характер і ступінь невизначеності

Щоб визначити характер і ступінь невизначеності, потрібне розуміння щодо якості, кількості та повноти наявної інформації щодо розгляданого ризику. Це стосується також меж достатності наявної інформації про ризик, його джерела та причини, а також про наслідки для досягнення цілей. Невизначеність може бути зумовлено низькою якістю даних або нестачею значимих і вірогідних даних. Наприклад, можуть змінюватися як методи збирання даних, так і спосіб, у який організація застосовує ці методи, чи організація може зовсім не мати запровадженого результативного методу збирання даних про ідентифікований ризик.

Невизначеність може також бути притаманна зовнішньому та внутрішньому оточенню організації. Наявні дані не завжди забезпечують надійну основу для прогнозування майбутнього. Для унікальних типів ризиків хронологічних даних може не бути або різні зацікавлені сторони можуть по-різному інтерпретувати наявні дані. Особи, які провадять загальне оцінювання ризику, мають розуміти тип і харак-

тер невизначеності та зважати на наслідки щодо вірогідності результатів загального оцінювання ризику. Про ці аспекти треба завжди інформувати тих, хто приймає рішення.

### 6.5 Комплексність

За своїм характером ризику можуть бути комплексними, наприклад, у складних системах, де потрібне здебільшого загальне оцінювання ризиків у межах усієї системи, аніж оброблення кожного складового елемента системи окремо, нехтуючи взаємодіями. В інших випадках оброблення окремого ризику може мати наслідки де-небудь ще і може впливати на інші види діяльності. Потрібно розуміти подальші значні впливи та взаємозалежності між ризиками, щоб мати впевненість у тому, що під час керування одним ризиком не створюватиметься недопустима ситуація де-небудь ще. Розуміння комплексності окремого ризику чи сукупності ризиків організації конче важливе для вибирання належних методів або методик загального оцінювання ризику.

### 6.6 Типи методів загального оцінювання ризику

Методи загального оцінювання ризику можна покласифікувати різноманітними способами, щоб полегшити розуміння їхніх відносно сильних і слабких аспектів. У таблицях додатку А наведено деякі потенційно можливі методи та їхні категорії.

Кожний з методів докладніше подано також у додатку В відповідно до характеру загального оцінювання, що його вони уможливають, з наведенням рекомендацій щодо їхньої застосовності в певних ситуаціях.

## ДОДАТОК А (довідковий)

### ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ЗАГАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ

#### А.1 Типи методів

Початкова класифікація показує, яким чином застосовують методи на кожному з наведених нижче етапів процесу загального оцінювання ризику:

- ідентифікування ризику;
- аналізування ризику — аналізування наслідків;
- аналізування ризику — якісне, напівкількісне чи кількісне оцінювання ймовірності;
- аналізування ризику — загальне оцінювання результативності будь-яких наявних засобів контролювання;
- аналізування ризику — кількісне оцінювання рівня ризику;
- оцінювання ризику.

Для кожного етапу процесу загального оцінювання ризику застосування методу подано як «завжди застосовний», «застосовний» чи «незастосовний» (див. таблицю А.1).

#### А.2 Чинники, що впливають на вибирання методів загального оцінювання ризику

Ознаки методів описано стосовно

- складності проблеми і методів, потрібних для її аналізування;
- характеру та ступеня невизначеності загального оцінювання ризику з урахуванням обсягу наявної інформації й того, що потрібно для досягнення цілей;
- обсягу необхідних ресурсів з урахуванням часу та рівня фахової компетентності, потреб у да-них або витрат;
- можливості методу щодо отримання кількісних вихідних даних.

У таблиці А.2 наведено приклади типів наявних методів загального оцінювання ризику і кожний метод покласифіковано за цими ознаками як «високий», «середній» або «низький».

Таблиця А.1 — Застосовність методів аналізування для загального оцінювання ризику

Методи та засоби аналізування	Процес загального оцінювання ризику					Див. додаток
	Ідентифікування ризику	Аналізування ризику			Оцінювання ризику	
		Наслідок	Імовірність	Рівень ризику		
«Мозкова атака»	33 <sup>1)</sup>	НЗ <sup>2)</sup>	НЗ	НЗ	НЗ	В.1
Структуроване чи напівструктуроване опитування	33	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ	В.2
Метод Дельфі	33	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ	В.3
Переліки контрольних запитань	33	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ	В.4
Попереднє аналізування небезпечних чинників (РНА)	33	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ	В.5
Дослідження небезпечних чинників і працездатності (HAZOP)	33	33	3 <sup>3)</sup>	3	3	В.6
Аналізування небезпечних чинників і критичні точки контролю (НАССР)	33	33	НЗ	НЗ	33	В.7
Загальне оцінювання екологічного ризику	33	33	33	33	33	В.8
Структурований метод «Що — якщо» (SWIFT)	33	33	33	33	33	В.9
Аналізування сценаріїв	33	33	3	3	3	В.10
Аналізування впливу на діяльність	3	33	3	3	3	В.11
Аналізування першопричини	НЗ	33	33	33	33	В.12
Аналізування видів і наслідків відмов	33	33	33	33	33	В.13
Аналізування дерева відмов	3	НЗ	33	3	3	В.14
Аналізування дерева подій	3	33	3	3	НЗ	В.15
Аналізування причин і наслідків	3	33	33	3	3	В.16
Аналізування причинно-наслідкових зв'язків	33	33	НЗ	НЗ	НЗ	В.17
Аналізування рівнів захисту (LOPA)	3	33	3	3	НЗ	В.18
Дерево рішень	НЗ	33	33	3	3	В.19
Загальне оцінювання надійності людини	33	33	33	33	3	В.20
Аналізування за схемою «краватка-метелик»	НЗ	3	33	33	3	В.21
Технічне обслуговування, зорієнтоване на забезпечення безвідмовності	33	33	33	33	33	В.22
Аналізування паразитних схем	3	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ	В.23

Кінець таблиці А.1

Методи та засоби аналізування	Процес загального оцінювання ризику					Див. додаток
	Ідентифікування ризику	Аналізування ризику			Оцінювання ризику	
		Наслідок	Імовірність	Рівень ризику		
Марковське аналізування	3	33	НЗ	НЗ	НЗ	В.24
Імітаційне моделювання за методом Монте-Карло	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ	33	В.25
Байєсова статистика і мережі Байєса	НЗ	33	НЗ	НЗ	33	В.26
Криві FN	3	33	33	3	33	В.27
Показники ризику	3	33	33	3	33	В.28
Матриця «наслідок-імовірність»	33	33	33	33	3	В.29
Аналізування витрат і вигод	3	33	3	3	3	В.30
Багатокритерійне аналізування рішень (MCDA)	3	33	3	33	3	В.31
1) Завжди застосовний. 2) Незастосовний. 3) Застосовний.						

Таблиця А.2 — Ознаки вибору методів загального оцінювання ризику

Тип методу загального оцінювання ризику	Опис	Важливість впливних чинників			Уможливає отримання кількісних вихідних даних
		Ресурси та можливості	Характер і ступінь невизначеності	Складність	
<b>МЕТОДИ ПОШУКУ</b>					
Переліки контрольних запитань	Проста форма ідентифікування ризику. Метод, який уможливає складання переліку типових невизначеностей, які потрібно розглядати. Користувачі звіряють його з попередньо розробленими переліком, кодексами чи стандартами	Низька	Низька	Низька	Ні
Попереднє аналізування небезпечних чинників	Простий індуктивний метод аналізування, призначеність якого — ідентифікувати небезпечні чинники та небезпечні ситуації й події, які можуть завдати шкоди конкретним видам діяльності, технічному засобу чи системі	Низька	Висока	Середня	Ні
<b>ДОПОМІЖНІ МЕТОДИ</b>					
Структуроване опитування і «мозкова атака»	Засіб збирання великої кількості ідей і оцінок, ранжованих групою експертів. «Мозкову атаку» можна стимулювати за допомогою навідних запитань або методів опитування «один на один» чи «один з багатьма»	Низька	Низька	Низька	Ні
Метод Дельфі	Спосіб поєднання експертних суджень, які можуть сприяти ідентифікуванню джерела та впливу, кількісному оцінюванню ймовірності й наслідків	Середня	Середня	Середня	Ні

Продовження таблиці А.2

Тип методу загального оцінювання ризику	Опис	Важливість впливних чинників			Уможливлене отримання кількісних вихідних даних
		Ресурси та можливості	Характер і ступінь невизначеності	Складність	
	і оцінюванню ризику. Йдеться про метод спільної роботи, який дає змогу досягти консенсусу серед експертів. Метод передбачає здійснення експертами аналізування та голосування незалежно				
SWIFT (Структурований метод «Що — якщо»)	Система спонукання групи експертів до ідентифікування ризиків. Зазвичай використовують на засіданнях тематичних робочих груп за участі координатора. Зазвичай пов'язана з аналізуванням ризику та методом оцінювання ризику	Середня	Середня	Будь-яка	Ні
Загальне оцінювання надійності людини (HRA)	Загальне оцінювання надійності людини (HRA) стосується впливу людей на дієвість системи. Можна використовувати для оцінювання впливів помилок персоналу на систему	Середня	Середня	Середня	Так
<b>АНАЛІЗУВАННЯ СЦЕНАРІЮ</b>					
Аналізування першопричини (аналізування окремої втрати)	Окрему втрату, яка сталася, аналізують для того, щоб зрозуміти зумовлювальні чинники й те, як систему чи процес можна поліпшити, щоб надалі уникати цих утрат. Під час аналізування розглядають, які засоби контролювання були наявні на момент утрати та як їх можна поліпшити	Середня	Низька	Середня	Ні
Аналізування сценарію	Можливі майбутні сценарії визначають уявленням або екстраполяванням на основі розглянутих фактичних та інших ризиків за припущення того, що кожний з цих сценаріїв може бути зреалізовано. Для цього можна застосовувати формалізовані чи неформалізовані, якісні чи кількісні підходи	Середня	Висока	Середня	Ні
Загальне оцінювання екологічного ризику	Ідентифікують та аналізують небезпечні чинники, також ідентифікують можливі способи впливу небезпечного чинника на конкретний цільовий об'єкт. Інформацію про рівень впливу та характер шкоди, спричиненої певним рівнем впливу, поєднують, щоб установити міру ймовірності виникнення конкретної шкоди	Висока	Висока	Середня	Так
Аналізування впливу на діяльність	Дає змогу проаналізувати те, як ключові ризики дестабілізування могли б впливати на роботу організації, а також ідентифікувати та кількісно визначити можливості, необхідні для керування ними	Середня	Середня	Середня	Ні
Аналізування дерева відмов	Метод, за яким спочатку зазначають небажану подію (кінцеву подію) і потім визначають усі способи, у які вона могла б відбутися. Усі елементи зображають графічно у формі логічної деревоподібної схеми. Після того, як дерево відмов буде розроблено, треба розглянути способи послаблення чи усунення потенційних причин або джерел	Висока	Висока	Середня	Так
Аналізування дерева подій	Використання індуктивного мислення для переведення ймовірностей різних першопочаткових подій у можливі результати	Середня	Середня	Середня	Так

Продовження таблиці А.2

Тип методу загального оцінювання ризику	Опис	Важливість впливних чинників			Уможливорює отримання кількісних вихідних даних
		Ресурси та можливості	Характер і ступінь невизначеності	Складність	
Аналізування причин і наслідків	Поєднання аналізування дерева відмов і дерева подій, яке дає змогу враховувати затримки в часі. Розглядають як причини, так і наслідки певної першопочаткової події	Висока	Середня	Висока	Так
Аналізування причинно-наслідкових зв'язків	Вплив може мати певну кількість зумовлювальних чинників, які може бути згруповано в різні категорії. Зумовлювальні чинники часто визначають застосуванням «мозкової атаки» і їх подають у формі деревоподібної структури чи діаграми Ісікави.	Низька	Низька	Середня	Ні
<b>ФУНКЦІЙНЕ АНАЛІЗУВАННЯ</b>					
FMEA та FMECA	FMEA (аналізування виду та наслідків відмов) — це метод, який дає змогу ідентифікувати характер відмов і чинники їх виникнення, а також їхні впливи. Є кілька типів FMEA: FMEA проекту (чи продукції), який застосовують до складників і продукції, FMEA системи, який застосовують до систем, FMEA процесу, який застосовують до виробничих і складальних процесів, FMEA послуг і FMEA програмних засобів. FMEA можна доповнювати аналізуванням критичності, за якого визначають важливість кожного виду відмов, застосовуючи якісний, напівкількісний чи кількісний підхід (FMECA). Аналізування критичності може базуватися на ймовірності того, що характер відмови спричинить відмову системи, або на рівні ризику, асоційованому з характером відмови, або на ступені пріоритетності ризику	Середня	Середня	Середня	Так
Технічне обслуговування, зорієнтоване на забезпечення безвідмовності	Метод ідентифікування політик, які треба запроваджувати для керування відмовами так, щоб ефективно та результативно досягати необхідного рівня безпеки, готовності та економічності функціонування всіх типів устаткування	Середня	Середня	Середня	Так
Аналізування паразитних ефектів (аналізування паразитних схем)	Методологія, яка дає змогу ідентифікувати помилки проектування. Паразитний стан — це прихований стан технічного засобу, програмного засобу чи їх поєднання, який може спричинювати виникнення небажаної події, чи може перешкоджати виникненню бажаної події та який не може бути спричинений відмовою якогось складника. Ці стани мають випадковий характер, а їх виявлення утруднене навіть за проведення найсуворіших стандартизованих випробувань системи. Паразитні стани можуть спричинювати неправильне функціонування, зниження готовності систем, програмні затримки чи навіть смерть або травмування персоналу	Середня	Середня	Середня	Ні
HAZOP Дослідження небезпечних чинників і працездатності	Загальний процес ідентифікування ризику, щоб визначити можливі відхилення від передбаченої чи очікуваної дієвості. Передбачає використання системи, базованої на керувальних словах. Оцінюють критичність відхилів	Середня	Висока	Висока	Ні

Кінець таблиці А.2

Тип методу загального оцінювання ризику	Опис	Важливість впливних чинників			Уможливорює отримання кількісних вихідних даних
		Ресурси та можливості	Характер і ступінь невизначеності	Складність	
НАССР (Аналізування небезпечних чинників і критичні точки контролю)	Систематичний, проактивний і превентивний метод забезпечування якості продукції, надійності та безпечності процесів за допомогою вимірювання та моніторингу перебування конкретних характеристик у визначених межах	Середня	Середня	Середня	Ні
<b>ЗАГАЛЬНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮВАННЯ</b>					
LOPA (Аналізування рівнів захисту)	Дає змогу оцінювати засоби контролювання та їхню результативність (Інша можлива назва — аналізування бар'єрів)	Середня	Середня	Середня	Так
Аналізування за схемою «краватка-метелик»	Простий схематичний спосіб описування й аналізування варіантів розвитку ризику, починаючи з небезпечних чинників та закінчуючи наслідками, з критичним перевірянням засобів контролювання. Його можна розглядати як поєднання логіки дерева відмов, що уможливорює аналізування причини події (графічно поданої у формі «краватки-метелика») і дерева подій, що уможливорює аналізування наслідків	Середня	Висока	Середня	Так
<b>СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ</b>					
Марковське аналізування	Марковське аналізування, яке інколи також називають аналізуванням «простору станів», зазвичай використовують для аналізування ремонтпридатних складних систем, що можуть бути в багатьох станах, зокрема в різних станах справності	Висока	Низька	Висока	Так
Імітаційне моделювання за методом Монте-Карло	Імітаційне моделювання за методом Монте-Карло використовують, щоб виявити сукупну зміну в системі внаслідок змінення в системі певної низки вхідних даних, які мають визначений розподіл і пов'язані з результатом визначеними взаємозв'язками. Це аналізування можна використовувати стосовно конкретної моделі, у якій взаємодії різноманітних вхідних даних може бути визначено математично. Вхідні дані можуть базуватися на різноманітних типах розподілу відповідно до характеру невизначеності, що вони призначені представляти. У разі загального оцінювання ризику загальноприйнято використовувати трикутні розподіли або бета-розподіли	Висока	Низька	Висока	Так
Байєсівське аналізування	Статистична процедура, яка передбачає використання даних апріорного розподілу для загального оцінювання ймовірності результату. Точність результату, що його виводять байєсівським аналізуванням, залежить від точності апріорного розподілу. Байєсівські мережі довіри уможливають моделювання причин і наслідків у різноманітних сферах установленням імовірнісних взаємозв'язків різноманітних вхідних даних, щоб вивести результат	Висока	Низька	Висока	Так

**МЕТОДИ ЗАГАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ****В.1 Мозкова атака****В.1.1 Загальний огляд**

Мозкову атаку застосовують, щоб стимулюванням та заохочуванням до вільного обговорення в групі компетентних осіб ідентифікувати потенційні види відмов і асоційовані з ними небезпечні чинники, ризики, критерії прийняття рішень і/або варіанти оброблення. Термін «мозкова атака» часто досить довільно вживають на означення будь-якого типу групового обговорення. Однак, справжня мозкова атака передбачає застосування спеціальних прийомів, спрямованих на те, щоб активізувати творче мислення одних учасників за допомогою ідей та висловлювання інших членів групи.

Дуже важливу роль у цьому методі відіграє результативне координування, яке полягає у тому, щоб стимулювати обговорення на початковому етапі, періодично спрямовувати увагу групи на інші відповідні сфери та виявляти проблеми, що виникають під час обговорювання (яке зазвичай є досить жвавим).

**В.1.2 Застосування**

Мозкову атаку можна застосовувати спільно з іншими методами загального оцінювання ризику, описаними далі, або окремо як методику стимулювання творчого мислення на будь-якій стадії процесу керування ризиком і будь-якій стадії життєвого циклу системи. Її можна застосовувати для обговорення на високому рівні, де ідентифікують проблеми, для докладнішого критичного аналізування або на рівні подання докладних даних, пов'язаних з конкретними проблемами.

Мозкова атака надає вирішального значення творчому мисленню. Тому вона особливо корисна під час ідентифікування ризиків, пов'язаних з новими технологіями, коли даних немає чи коли необхідно віднайти новаторські рішення проблем.

**В.1.3 Вхідні дані**

Група осіб зі знаннями організації, системи, процесу чи застосування, що будуть піддані цією групою загальному оцінюванню.

**В.1.4 Процес**

Мозкова атака може бути формалізованою чи неформалізованою. Формалізована мозкова атака більш структурована, коли заздалегідь підготовлено учасників, визначено ціль і завдання засідання, передбачено способи оцінювання ідей, що їх висуватимуть. Неформалізована мозкова атака менш структурована і часто ситуативніша.

За формалізованого процесу

— до початку засідання координатор готує для обміркування підказки та навідні питання відповідно до конкретного випадку;

— визначають цілі засідання та пояснюють правила;

— координатор задає напрям обмірковування і кожний учасник розглядає подані ідеї, визначаючи якнайбільше можливих проблемних питань. На цьому етапі не обговорюють те, треба чи не треба долучати ще щось до переліку, або те, що розуміють під конкретними висловлюваннями, оскільки ця ситуація має тенденцію утруднювати вільний хід обговорення. Приймають усі вхідні дані, жодну з них не піддають критиці, і група швидко продовжує обговорення, щоби цими ідеями уможливити ініціювання нестандартного мислення;

— коли один напрям обмірковування вичерпано чи обговорення занадто відхилилося, координатор може задати учасникам новий напрям обговорення. Однак ідеться про те, щоб зібрати якнайбільше різноманітних ідей для подальшого аналізування.

**В.1.5 Вихідні дані**

Вихідні дані залежать від стадії процесу керування ризиком, на якій цей метод застосовують, наприклад, на стадії ідентифікування вихідними даними може бути перелік ризиків і поточних засобів контролювання.

**В.1.6 Переваги та обмеженості**

Переваги мозкової атаки:



- вона стимулює творче мислення, даючи змогу ідентифікувати нові ризики та оригінальні рішення;
- вона уможлиблює залучення ключових зацікавлених сторін і, тому, сприяє загальному обміну інформацією;
- її можна відносно швидко та легко запровадити.

Обмеженості:

- учасникам може бракувати компетентності та знань, щоб робити результативний внесок;
- через її відносну неструктурованість важко продемонструвати, що процес був всеохопним, тобто що було враховано всі потенційні ризики;
- у конкретній групі може бути певна динаміка обговорення, коли деякі особи з цінними ідеями не висловлюються, а інші домінують в обговоренні. Цю ситуацію можна долати за допомогою комп'ютеризованої мозкової атаки з використанням чат-форумів або методу номінальної групи. Комп'ютеризовану мозкову атаку можна налаштувати так, щоб вона була анонімною, даючи змогу уникати персональних або політичних питань, які можуть перешкоджати вільному обговоренню ідей. За методом номінальної групи ідеї надходять до координатора анонімно і потім їх обговорюють усі учасники групи.

## **В.2 Структуроване чи напівструктуроване опитування**

### **В.2.1 Загальний огляд**

У структурованому опитуванні опитуваним особам ставлять низку підготовлених запитань з аркуша навідних запитань, які спонукають опитувану особу розглядати ситуації з різних кутів зору і, таким чином, ідентифікувати ризики з цих поглядів. Напівструктуроване опитування провадять подібним чином, але воно надає більшу свободу для обговорення, щоб дослідити питання, які виникають.

### **В.2.2 Застосування**

Структуроване та напівструктуроване опитування корисне в тих випадках, коли важко зібрати людей на засідання для мозкової атаки чи коли вільна дискусія в групі недоречна до ситуації чи залучених осіб. Це опитування найчастіше застосовують, щоб ідентифікувати ризики чи оцінити результативність наявних засобів контролювання в межах аналізування ризику. Їх можна застосовувати на будь-якій стадії проекту чи процесу. Вони є засобом отримання від зацікавлених сторін вхідних даних для загального оцінювання ризику.

### **В.2.3 Вхідні дані**

Вхідні дані охоплюють:

- чітко визначені цілі опитувань;
- перелік опитуваних осіб, вибраних серед представників відповідних сторін-учасниць;
- підготовлену низку запитань.

### **В.2.4 Процес**

Складають низку доречних запитань, яких має дотримувати опитувач. Треба, щоб запитання були, за можливості, однозначними, простими, на мові опитуваної особи і стосувалися лише однієї проблеми. Також готують можливі подальші запитання задля необхідних уточнень.

Потім запитання ставлять опитуваній особі. Прагнучи уточнення, треба ставити відкриті запитання. Треба дбати про те, щоб не чинити впливу на опитувану особу.

Відповіді треба розглядати з певним ступенем гнучкості, щоб забезпечити можливість охопити ті сфери, до дослідження яких опитувана особа, можливо, хоче долучитися.

### **В.2.5 Вихідні дані**

Вихідні дані — це судження представників зацікавлених сторін стосовно проблем, які є предметом опитування.

### **В.2.6 Переваги та обмеженості**

Переваги структурованих опитувань:

- структуровані опитування надають можливість опитуваним особам мати час для розмірковування над проблемою;
- обмінювання інформацією «один на один» може сприяти більш поглибленому розгляданню проблем;
- структуровані опитування дають змогу залучати більшу кількість зацікавлених сторін, ніж мозкова атака, яку провадить відносно невелика група.

Обмеженості:

- координатор витрачає багато часу на збирання численних думок у цей спосіб;
- упередженість допускають і не усувають під час групового обговорювання;
- може виявитися неможливим стимулювати творче мислення присутніх осіб, що є значною перевагою мозкової атаки.

### **В.3 Метод Дельфі**

#### **В.3.1 Загальний огляд**

Метод Дельфі (або метод експертних оцінок) — процедура досягнення надійного консенсусу думок групи експертів. Хоча цей термін нині широко використовують на означення будь-якої форми мозкової атаки, істотна особливість методу Дельфі, згідно з його початковим формулюванням, полягала в тому, що експерти висловлювали свої думки індивідуально й анонімно, маючи можливість ознайомлюватись з думкою своїх колег під час процесу.

#### **В.3.2 Застосування**

Метод Дельфі можна застосовувати на будь-якій стадії процесу керування ризиком або на будь-якій стадії життєвого циклу системи кожного разу, коли потрібен консенсус думок експертів.

#### **В.3.3 Вхідні дані**

Сукупність питань, щодо яких потрібно дійти консенсусу.

#### **В.3.4 Процес**

Групу експертів опитують за допомогою напівструктурованої анкети. Експерти не знають один одного, тому їхні думки незалежні.

Процедура така:

- формують команду, яка запроваджуватиме та відстежуватиме процес реалізування методу Дельфі;
- добирають групи експертів (може бути одна чи кілька спеціалізованих груп експертів);
- розробляють анкети першого етапу;
- тестують анкети;
- надсилають анонімні анкети кожному члену групи;
- аналізують і об'єднують інформацію за першим етапом і розсилають її членам групи для обговорення;
- отримують відповіді членів групи та повторюють процес доти, доки не буде досягнуто консенсусу.

#### **В.3.5 Вихідні дані**

Консенсус щодо розглядуваної проблеми.

#### **В.3.6 Переваги та обмеженості**

Переваги:

- зважаючи на анонімність суджень, більш імовірним є висловлювання непопулярних думок;
- усі думки є рівноважними, що дає змогу уникати проблеми переважання думок окремих особистостей;
- дає право власності на результати;
- немає потреби збирати учасників одночасно в одному місці.

Обмеженості:

- потребує багато часу та значних витрат праці;
- учасники мають бути здатні чітко письмово викладати свої думки.

### **В.4 Переліки контрольних запитань**

#### **В.4.1 Загальний огляд**

Переліки контрольних запитань — це переліки небезпечних чинників, ризиків або відмов засобів контролювання, розроблені, зазвичай, на підставі досвіду, а також за результатами попереднього загального оцінювання ризику чи за результатами відмов у минулому.

#### **В.4.2 Застосування**

Переліки контрольних запитань можна використовувати для ідентифікування небезпечних чинників і ризиків або для оцінювання результативності засобів контролювання. Вони застосовні на будь-якій

стадії життєвого циклу продукції, процесу чи системи. Їх можна застосовувати в межах інших методів загального оцінювання ризику, але найдоцільніше їх застосовувати для перевіряння того, що все охоплено після застосування більш творчого методу ідентифікування нових проблем.

#### **В.4.3 Вхідні дані**

Попередньо набуті інформація та фахова компетентність щодо проблеми, які дають змогу вибрати доречний і, краще, затверджений перелік контрольних запитань або розробити його.

#### **В.4.4 Процес**

Процедура така:

- визначають сферу застосування;
- вибирають перелік контрольних запитань, який належно охоплює всю сферу застосування. Переліки контрольних запитань треба вибирати ретельно, зважаючи на їхню призначеність. Наприклад, перелік контрольних запитань стандартних засобів контролювання не можна використовувати для ідентифікування нових небезпечних чинників або ризиків;

- особа чи команда, які використовують перелік контрольних запитань, розглядають кожний елемент процесу чи системи і критично аналізують, чи наявні щодо цих елементів питання в переліку контрольних запитань.

#### **В.4.5 Вихідні дані**

Вихідні дані залежать від стадії процесу керування ризиком, на якій їх застосовують. Наприклад, вихідними даними може бути перелік неадекватних засобів контролювання чи перелік ризиків.

#### **В.4.6 Переваги та обмеженості**

Переваги переліків контрольних запитань:

- їх можуть використовувати нефахівці;
- якщо їх належно розроблено, вони об'єднують широкий спектр фахової компетентності в легко застосовну систему;
- вони дають змогу не забувати про звичайні проблеми.

Обмеженості:

- мають тенденцію стримувати творче мислення щодо ідентифікування ризиків;
- стосуються «відомих відомих» (того, про що відомо, що воно відомо), а не «відомих невідомих» (того, про що відомо, що воно невідомо) або «невідомих невідомих» (того, про що невідомо, що воно невідомо);
- заохочують до поведінки типу «проставлення позначки в клітинках»;
- мають тенденцію спиратися на спостереження і, тому, оминати проблеми, що їх легко можна не побачити.

### **В.5 Попереднє аналізування небезпечних чинників (РНА)**

#### **В.5.1 Загальний огляд**

Попереднє аналізування небезпечного чинника — простий індуктивний метод аналізування, який полягає в тому, щоб ідентифікувати небезпечні чинники, а також небезпечні ситуації та події, які можуть зашкодити діяльності, устаткованню чи системі.

#### **В.5.2 Застосування**

Зазвичай це аналізування провадять на початковій стадії розроблення проекту, коли є лише невеликий обсяг інформації стосовно окремих частин проекту чи процедур функціонування, і воно часто може передувати подальшому дослідженню чи подавати інформацію для встановлення вимог до проекту системи. Також воно може бути корисним під час аналізування наявних систем, щоб визначити пріоритетність небезпечних чинників і ризиків для більш поглибленого аналізування чи коли обставини унеможливають застосування більш докладних методів.

#### **В.5.3 Вхідні дані**

Вхідні дані:

- інформація про оцінювану систему;
- наявні та доречні відомості щодо проектування системи.

#### **В.5.4 Процес**

Складають перелік небезпечних чинників і загальних небезпечних ситуацій і ризиків, розглядаючи такі характеристики:

- використовувані чи вироблювані матеріали та їхня хімічна активність;
- застосовуване устаткування;
- середовище функціонування;
- розташування;
- взаємодії між складниками системи тощо.

Може бути проведено якісне аналізування наслідків небажаної події та їхньої ймовірності для того, щоб ідентифікувати ризики для подальшого загального оцінювання.

РНА треба актуалізувати на стадіях проектування, конструювання та випробовування для того, щоб виявляти будь-які нові небезпечні чинники і, за потреби, провадити коригування. Отримані результати можна подавати різними способами, наприклад у формі таблиць і деревоподібних схем.

#### **В.5.5 Вихідні дані**

Вихідні дані:

- перелік небезпечних чинників і ризиків;
- рекомендації у формі схвалення пропозицій, рекомендованих засобів контролювання, технічних вимог до проекту або запитів щодо більш докладного загального оцінювання.

#### **В.5.6 Переваги та обмеженості**

Переваги:

- можливість використовування за наявності обмеженої інформації;
- дає змогу розглядати ризики на ранній стадії життєвого циклу системи.

Обмеженості:

- РНА дає змогу отримувати лише попередню інформацію; він не є всеохопним і не забезпечує докладною інформацією стосовно ризиків і способу, у який можна якнайкраще їм запобігати.

### **В.6 Метод HAZOP**

#### **В.6.1 Загальний огляд**

HAZOP — це акронім словосполучення «дослідження небезпечних чинників і працездатності» (HAZard and OPerability study). Це метод структурованого та систематизованого дослідження планованих або наявних продукції, процесу, процедури чи системи. Він дає змогу ідентифікувати ризики для персоналу, устаткування, довілля та/або цілей організації. Від дослідницької групи очікують також вироблення, в усіх можливих випадках, рішення щодо оброблення конкретного ризику.

HAZOP — якісний метод, базований на використанні керувальних слів, за допомогою яких формулюють питання, щоб визначити, якою мірою завдання проектування чи умови функціонування може бути не досягнуто на кожному етапі проекту, процесу, процедури чи системи. Зазвичай дослідження здійснює багатодисциплінарна група під час кількох засідань.

Метод HAZOP подібний до методу FMEA в тому, що він дає змогу ідентифікувати види відмов процесу, системи чи процедури, їхні причини та наслідки. Відмінність полягає в тому, що група розглядає небажані результати та відхили від передбачуваних результатів і станів, а потім діє у зворотному порядку, розглядаючи можливі причини та види відмов, тоді як FMEA починається з ідентифікування видів відмов.

#### **В.6.2 Застосування**

Метод HAZOP було спочатку розроблено для аналізування систем хімічного виробництва, але потім його поширили й на інші типи систем і складних процесів. До них належать, зокрема, механічні й електронні системи, процедури, системи програмного забезпечення. Його навіть було застосовано до організаційних змін і юридичного опрацювання та критичного аналізування контрактів.

Процес HAZOP може стосуватися всіх видів відхилів від проектної задуми внаслідок недосконалості проекту, складників, запланованих процедур і дій персоналу.

Його широко використовують у межах критичного аналізування проекту програмного забезпечення. У разі застосування до контролю критичних для безпеки засобів і до комп'ютерних систем він може бути відомий як CHAZOP (Control HAZards and OPerability Analysis — аналізування небезпечних чинників і працездатності засобів керування чи Computer HAZard and OPerability Analysis — аналізування небезпечних чинників і працездатності комп'ютерних систем).

Дослідження HAZOP зазвичай провадять на стадії докладного проектування, коли є повна схема передбачуваного процесу, але ще може бути внесено зміни до проекту. Однак його можна провадити

в межах послідовного підходу із застосуванням керувальних слів на кожній стадії докладного проектування. Дослідження HAZOP можна також провадити на стадії функціонування, але на цій стадії внесення необхідних змін може бути пов'язане зі значними витратами.

### В.6.3 Вхідні дані

Визначальні вхідні дані для дослідження HAZOP — це поточна інформація про систему, процес або процедуру, що підлягають критичному аналізуванню, а також ціль проекту та технічні характеристики проектного об'єкта. Вхідні дані можуть охоплювати: кресленики, документи технічних вимог, технологічні карти, логічні діаграми і блок-схеми керування процесом, компонувальні кресленики, процедури функціонування й технічного обслуговування, а також процедури аварійного реагування. Якщо дослідження HAZOP не пов'язано з технічними засобами, вхідними даними можуть бути будь-які документи, які описують функції та елементи досліджуваних системи чи процедури. Наприклад, вхідними даними можуть бути організаційні діаграми та посадові інструкції, проект контракту чи навіть проект процедури.

### В.6.4 Процес

У межах HAZOP розглядають проект і технічні умови (специфікації) досліджуваних процесу, процедури чи системи, критично аналізують кожен їхню частину, щоб виявити, які відхилення від передбаченого функціонування можуть виникнути, і визначити потенційні причини та можливі наслідки певного відхилення. Цього досягають систематичним досліджуванням того, як кожна частина системи, процесу чи процедури реагуватиме на змінення в основних параметрах, використовуючи належні настановчі слова. Можна адаптувати настановчі слова щодо конкретних системи, процесу чи процедури або використовувати узагальнені слова, які охоплюють усі види відхилів. У таблиці В.1 наведено приклади настановчих слів, загальноживаних стосовно технічних систем. Аналогічні слова, зокрема «надто рано», «надто пізно», «надто багато», «надто мало», «надто довгий», «надто короткий», «неправильний напрямок» або «неправильний об'єкт», «неправильна дія» можна використовувати для ідентифікування видів людських помилок.

Типові етапи дослідження HAZOP:

- призначення особи, наділеної необхідними відповідальністю та повноваженнями для проведення дослідження HAZOP і для забезпечення того, щоб усі дії, що впливають з дослідження, було виконано;
- визначення цілей і сфери дослідження;
- установлення набору ключових слів або настановчих слів, доречних для дослідження;
- формування групи з HAZOP. Ця група зазвичай є багатодисциплінарною. У складі групи мають бути проєктанти й експлуатаційники з відповідною технічною компетентністю, щоб оцінювати наслідки відхилів від задуманого чи фактичного проекту. До складу групи рекомендовано залучати осіб, які не пов'язані безпосередньо з проектом або системою, процесом чи процедурою, підданих критичному аналізуванню;

— збирання необхідної документації.

У межах технічного семінару дослідницька група виконує:

- розділення системи, процесу чи процедури на дрібніші елементи, на підсистеми, підпроцеси чи піделементи, щоб забезпечити предметніше критичне аналізування;
- погоджування призначеності проекту для кожної підсистеми, кожного підпроцесу чи піделемента і потім для кожного їхнього об'єкта, послідовно застосовуючи настановчі слова, щоб теоретично припустити можливі відхилення, які матимуть небажані результати;
- погоджування причини та наслідків у кожному випадку, щодо якого ідентифіковано небажаний результат, і вироблення пропозицій щодо можливого способу їх оброблення, щоб запобігти їх виникненню чи пом'якшити наслідки, якщо вони є;
- документування обговорення й погодження конкретних дій з оброблення ідентифікованих ризиків.

Таблиця В.1 — Приклад можливих настановчих слів HAZOP

Терміни	Визначення
Не (жодний) або ні (не)	Передбачений результат не досягнуто, навіть частково, або передбаченого стану немає
Більше (вище)	Кількісне збільшення результату чи стану функціонування
Менше (нижче)	Кількісне зменшення
А також	Кількісне збільшення (наприклад, додатковий матеріал)

Кінець таблиці В.1

Терміни	Визначення
Частково	Кількісне зменшення (наприклад, тільки один чи два складники з певної суміші)
Зворотний/протилежний	Протилежний (наприклад, зворотний потік)
Інший ніж/за винятком/ відмінний від	Нічого з передбаченого не досягнуто, відбувається щось абсолютно відмінне (наприклад, потік поганого матеріалу)
Сумісність	Матеріал; середовище
Настановчі слова застосовують до таких параметрів, як	Фізичні властивості матеріалу чи процесу Фізичні умови (наприклад, температура чи швидкість) Специфікована призначеність складника системи чи проекту (наприклад, передавання інформації) Аспекти функціонування

### В.6.5 Вихідні дані

Протоколи засідань групи з HAZOP із записами щодо кожного пункту критичного аналізування. Треба, щоб вони охоплювали: використовуване настановче слово, відхили, можливі причини, дії з розв'язання ідентифікованих проблем і особу, відповідальну за виконання дій.

У разі будь-якого відхилення, що його неможливо усунути, треба оцінити ризик, пов'язаний з цим відхиленням.

### В.6.6 Переваги та обмеженості

Аналізування методом HAZOP має такі переваги:

- є засобом систематичного та ретельного досліджування системи, процесу чи процедури;
- передбачає формування багатодисциплінарної групи із залученням осіб, які мають досвід практичної роботи, і тих, які здатні виконувати дії з оброблення ризиків;
- уможливорює генерування рішень і дій щодо оброблення ризиків;
- застосовне до широкого спектра систем, процесів і процедур;
- дає змогу явно розглядати причини та наслідки людських помилок;
- забезпечує письмове протоколювання процесу, який можна використовувати для демонстрування належної старанності.

Аналізування методом HAZOP має такі обмеженості:

- докладне аналізування може потребувати багато часу і, тому, дорого коштувати;
- докладне аналізування вимагає високого рівня документування чи специфікування системи чи процесу, або процедури;
- може бути зосереджено здебільшого на пошуку докладних рішень, а не на критичному розгляді основоположних припущень (однак ці прояви може бути зменшено за поетапного підходу);
- обговорення може бути зосереджено на подробицях проекту, а не на ширших чи зовнішніх питаннях;
- обмежено (ескізним) проектом і призначеністю проекту, а також сферою застосування та цілями, запропонованими групою;
- процес значною мірою спирається на фаховий досвід проектувальників, яким може бути важко залишатися достатньо об'єктивними у виявленні проблем у їхніх проектах.

### В.6.7 Рекомендований документ

ІЕС 61882 Hazard and operability studies (HAZOP studies) — Application guide (Дослідження небезпечних чинників і працездатності (дослідження HAZOP). Настанови щодо застосування).

## В.7 Аналізування небезпечних чинників і критичні точки контролю (НАССР)

### В.7.1 Загальний огляд

Аналізування небезпечних чинників і критичні точки контролю (НАССР) надає структуру для ідентифікування небезпечних чинників і запровадження засобів контролювання на рівні всіх важливих час-

тин процесу, щоб запобігати небезпечним чинникам і підтримувати якість, надійність і безпечність продукції. Ціль НАССР — забезпечити зведення до мінімуму ризиків за допомогою саме засобів контролювання протягом усього процесу, а не інспекційного контролювання кінцевої продукції.

### **В.7.2 Застосування**

НАССР було розроблено, щоб гарантувати якість харчових продуктів у межах космічних програм NASA. Зараз цей метод застосовують організації, які виконують роботу у межах ланцюга виробництва та реалізації харчового продукту, щоб контролювати ризики, пов'язані з фізичними, хімічними чи біологічними забрудниками харчових продуктів. Його було також поширено на виробництво фармацевтичної продукції та засоби медичної призначеності. Принцип ідентифікування елементів, що можуть впливати на якість продукції, та визначання точок процесу, у яких можна здійснювати моніторинг критичних параметрів і контролювати небезпечні чинники, може бути узагальнено стосовно інших технічних систем.

### **В.7.3 Вхідні дані**

Застосування НАССР починають з розглядання основної технологічної схеми чи схеми процесу, а також інформації про небезпечні чинники, які можуть впливати на якість, безпечність або надійність продукції чи на результат процесу. Інформація стосовно небезпечних чинників, відповідних ризиків, а також способів, у які можна їх контролювати, — це вхідні дані для НАССР.

### **В.7.4 Процес**

НАССР ґрунтується на таких семи принципах:

- ідентифікування небезпечних чинників і пов'язаних з ними запобіжних заходів;
- визначання точок процесу, у яких небезпечні чинники можна контролювати чи усувати (критичних точок контролю чи КТК);
- установлення критичних меж, необхідних для контролювання небезпечних чинників (для забезпечення контролю небезпечного чинника треба, щоб кожна КТК відповідала певній кількості конкретних параметрів);
- здійснення моніторингу критичних меж щодо кожної КТК у визначені проміжки часу;
- установлення коригувальних дій на випадок, коли процес виходить за встановлені межі;
- установлення методик перевіряння;
- запровадження ведення протоколів і методик документування для кожного етапу.

### **В.7.5 Вихідні дані**

Документально оформляють протоколи, зокрема робочий аркуш аналізування небезпечних чинників і план НАССР.

У робочих аркушах аналізування небезпечних чинників для кожного етапу розглядуваного процесу зазначають:

- небезпечні чинники, які можуть виявлятися, що їх можна контролювати, або які можуть посилюватися на цьому етапі;
- чи становлять небезпечні чинники значний ризик (ураховуючи наслідки та ймовірність виникнення, визначені на підставі практичного досвіду, наявних даних і технічної літератури);
- обґрунтування важливості;
- можливі запобіжні заходи щодо кожного небезпечного чинника;
- чи можна на цьому етапі вжити заходів з моніторингу та контролювання (тобто чи йдеться про КТК).

У плані НАССР визначають методики, яких треба дотримувати, щоб забезпечити контролювання конкретних проекту, продукції, процесу чи процедури. У плані наводять перелік усіх КТК і для кожної КТК зазначають:

- критичні межі щодо запобіжних заходів;
- дії з моніторингу та постійного контролювання (зокрема те, що буде піддано моніторингу, як і хто буде провадити моніторинг);
- коригувальні дії, необхідні в разі виявлення відхилів від критичних меж;
- перевіряння та ведення протоколів.

### **В.7.6 Переваги та обмеженості**

Переваги:

- структурований процес, який уможливорює задокументовану засвідченість контролювання якості, а також ідентифікування та зменшування ризиків;

— зосередженість на практичних аспектах того, як і на яких етапах процесу можна запобігати небезпечним чинникам і контролювати ризики;

— заохочує до контролювання ризиків протягом усього процесу, а не тільки інспекційного контролювання кінцевої продукції;

— уможливорює ідентифікування небезпечних чинників, спричинюваних діями персоналу, і того, як ці чинники можна контролювати в точці утворення чи надалі.

Обмеженості:

— HACCP вимагає ідентифікувати небезпечні чинники, визначати ризики, притаманні цим чинникам, і розглядати їхню важливість як вхідні дані до процесу аналізування. Також потрібно визначити відповідні засоби контролювання. Усе це необхідне для того, щоб під час аналізування HACCP установити критичні точки контролю та контрольні параметри. Для цього може бути потрібно поєднати ці елементи з іншими аналітичними методами;

— застосування заходів у разі, коли контрольні параметри виходять за визначені межі, може призвести до того, що не буде помічено поступових змін контрольних параметрів, які є статистично значимими і, відповідно, щодо них треба застосувати належні дії.

#### **В.7.7 Рекомендований документ**

ISO 22000 Food safety management systems — Requirements for any organization in the food chain (Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга).

### **В.8 Загальне оцінювання екологічного ризику**

#### **В.8.1 Загальний огляд**

Загальним оцінюванням екологічного ризику вважають процес загального оцінювання ризиків, які можуть бути для рослин, тварин і людей, підданих впливу низки екологічних небезпечних чинників. Керування ризиком стосується етапів прийняття рішень, зокрема оцінювання ризику та оброблення ризику.

Метод передбачає аналізування небезпечного чинника чи джерела шкоди і того, як вони впливають на цільову популяцію, а також шляхів, якими небезпечний чинник може досягати уразливої цільової популяції. Потім цю інформацію поєднують, щоб провести кількісне оцінювання ступеня ймовірності та характеру шкоди.

#### **В.8.2 Застосування**

Процес застосовують для загального оцінювання ризиків, які можуть бути для рослин, тварин і людей, підданих впливу таких небезпечних чинників як хімікати, мікроорганізми чи інші біологічні види.

Аспекти методології, зокрема, аналіз напряду дослідження різних способів впливу джерела ризику на цільову популяцію, можна адаптувати й застосувати в дуже широкому діапазоні різних сфер ризику, а не тільки охорони здоров'я та довкілля. Ці аспекти корисні під час ідентифікування способів оброблення ризику для його зменшення.

#### **В.8.3 Вхідні дані**

Для застосування цього методу потрібно мати вірогідну інформацію про характер і властивості небезпечних чинників, уразливість цільових популяцій і про спосіб, у який ці чинники взаємодіють. Такі дані базуються, зазвичай, на результатах лабораторного чи епідеміологічного дослідження.

#### **В.8.4 Процес**

Процедура:

а) формулювання проблеми — установлення сфери застосування загального оцінювання через визначення меж цільових популяцій і розглядуваних типів небезпечних чинників;

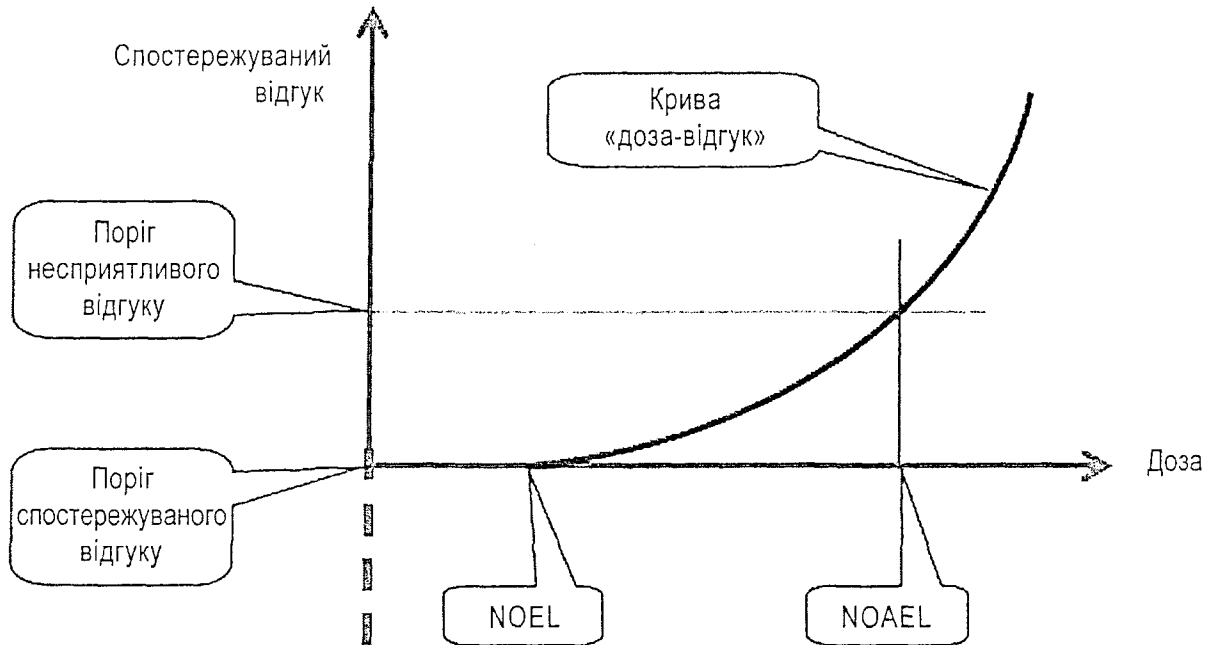
б) ідентифікування небезпечних чинників — ідентифікування всіх можливих джерел шкоди для цільової популяції від небезпечних чинників у межах дослідження. Ідентифікування небезпечних чинників зазвичай ґрунтують на досвіді експертів і огляді наявної літератури.

в) аналізування небезпечного чинника — з'ясування характеру небезпечного чинника й того, як він взаємодіє з цільовою популяцією. Наприклад, під час розглядання впливу на здоров'я людини хімічних речовин небезпечним чинником може бути гостра та хронічна токсичність, потенційна можливість порушення ДНК або потенційна можливість спричинення раку чи вад розвитку. Для кожного небезпечного впливу величину впливу (відгук) порівнюють з величиною небезпечного чинника, дії якого зазнає цільова популяція (дозою), і, в усіх можливих випадках, визначають чинники утворення цього впливу.



Установлюють «Рівень відсутності виявного ефекту» (NOEL) і «Рівень відсутності виявного несприятливого ефекту» (NOAEL). Інколи їх використовують як критерії прийнятності ризику.

У разі аналізування впливу хімічної речовини для побудови кривих «доза-відгук», подібних тій, що зображено на рисунку В.1, використовують результати випробування. Ці криві зазвичай будують на підставі результатів випробувань, які провадять на тваринах, або дослідження експериментальних систем, наприклад, культивованих тканин або клітин.



ІЕС 2062/09

Рисунок В.1 — Крива залежності «доза-відгук»

Впливи інших небезпечних чинників, наприклад, мікроорганізмів або внесених видів, можна визначити на підставі даних натурних спостережень і епідеміологічних досліджень. Визначають характер взаємозв'язку захворювань або збудників хвороб з цільовою популяцією та кількісно оцінюють імовірність виникнення конкретного рівня шкоди внаслідок конкретного впливу небезпечного чинника;

д) аналізування незахищеності — на цьому етапі досліджують, як і якою мірою небезпечна речовина чи її залишки можуть досягати уразливої цільової популяції. Це часто охоплює аналізування різних напрямів, якими міг би поширюватися небезпечний чинник, перешкод, які могли б запобігати досягненню ним цільової популяції, а також чинників, які могли б позначитися на рівні незахищеності. Наприклад, розглядаючи ризик, пов'язаний з розпиленням хімікатів, в аналізуванні незахищеності має бути враховано те, яку кількість хімікату було розпилено, у який спосіб і за яких умов це відбувалося, чи мав місце безпосередній вплив на людей або тварин, яким може бути залишковий уміст на рослинності й екологічне трансформування пестицидів, що потрапляють до ґрунту, чи можуть вони накопичуватися в організмах тварин, чи потрапляють вони до ґрунтових вод. З погляду біологічної безпеки аналіз шляхів поширення може охоплювати розглядання того, як будь-які шкідники, що потрапляють до країни, можуть потрапляти в довкілля, прижитися та поширюватися в ньому;

е) характеризування ризику — на цьому етапі інформацію, одержану за результатами аналізування небезпечного чинника та аналізування незахищеності, зводять разом, щоб кількісно оцінити ймовірності конкретних наслідків, якщо поєднати впливи за всіма напрямками поширення. У разі великої кількості небезпечних чинників або шляхів поширення може бути проведено початкове ранжування та подальше докладне аналізування небезпечного чинника та впливу, а також характеризування ризику за сценаріями з більш високим ризиком.

### **В.8.5 Вихідні дані**

Вихідними даними є, зазвичай, указівки щодо рівня ризику, пов'язаного з незахищеністю конкретної цільової популяції до конкретного небезпечного чинника в розглядуваному оточенні. Ризик може бути подано кількісно, напівкількісно чи якісно. Наприклад, ризик виникнення раку часто подають кількісно як імовірність того, що в людини розвинеться рак протягом установленого проміжку часу з урахуванням певної незахищеності до забрудника. Напівкількісне аналізування може бути використано для одержання індексу ризику щодо конкретного забрудника чи шкідника, а якісними вихідними даними можуть бути рівень ризику (наприклад високий, середній, низький) або опис вірогідних ефектів з використанням практичних даних.

### **В.8.6 Переваги та обмеженості**

Перевага цього аналізування полягає в тому, що воно забезпечує дуже докладне вивчення характеру проблеми та чинників, що підвищують ризик.

Аналізування напрямів впливу є зазвичай корисним аналітичним інструментом для всіх сфер ризику і дає змогу ідентифікувати, як і де можна поліпшити наявні або ввести нові засоби контролю.

Однак, для його застосування потрібно мати вірогідні дані, яких часто немає або які мають високий рівень пов'язаної з ними невизначеності. Наприклад, криві залежності «доза-відгук», одержані за результатами дослідження впливу на тварин високих рівнів небезпечного чинника, треба екстраполювати, щоб кількісно оцінити впливи дуже низьких рівнів забрудників на людей, і є численні моделі, за допомогою яких це провадять. Коли цільовим об'єктом є переважно довкілля, а не люди, і небезпечний чинник не має хімічного характеру, то даних, які безпосередньо стосуються конкретних умов дослідження, може бути обмежена кількість.

## **В.9 Структурований метод «Що — якщо» (SWIFT)**

### **В.9.1 Загальний огляд**

Методику SWIFT спочатку було розроблено як спрощений альтернативний варіант HAZOP. Це — системне дослідження, яке провадить група спеціалістів із застосуванням набору «навідних» слів або фраз, що їх використовує координатор під час робочого засідання, щоб стимулювати ідентифікування ризиків з боку учасників. Координатор і група використовують стандартні фрази типу «що трапиться, якщо» у поєднанні з навідними фразами, щоб дослідити, як на систему, технічний об'єкт, організацію чи процедуру впливатимуть відхилення від нормального функціонування та поведіння. Методику SWIFT, на відміну від методики HAZOP, застосовують зазвичай на рівні систем за нижчого рівня докладності.

### **В.9.2 Застосування**

Хоча методику SWIFT спочатку було розроблено для дослідження небезпечних чинників на підприємствах хімічної та нафтохімічної промисловості, зараз її широко застосовують до систем, технічних об'єктів, процедур і організацій загалом. Зокрема, її застосовують для дослідження наслідків якихось змін, а також ризиків, які через це можуть виникнути чи теж зазнати змін.

### **В.9.3 Вхідні дані**

Перед початком дослідження треба ретельно визначити систему, процедуру, технічний об'єкт і/або зміну. Зовнішнє та внутрішнє оточення визначає координатор за допомогою опитувань, а також вивченням документів, планів і креслеників. Зазвичай, досліджувані об'єкт, ситуацію чи систему розбивають на вузли чи ключові елементи, щоб полегшити процес аналізування, але це рідко відбувається на рівні визначення, необхідного для HAZOP.

Інші ключові вхідні дані — це компетентність і практичний досвід членів дослідницької групи, яку треба ретельно формувати. Потрібно, щоб разом з тими, хто має практичний досвід стосовно подібних об'єктів, систем, змін або ситуацій, було представлено, за можливості, усі зацікавлені сторони.

### **В.9.4 Процес**

Загальний процес такий:

а) перед початком дослідження координатор готує належний перелік навідних фраз і слів, який може бути базовано на стандартному наборі або розроблено так, щоб уможливити всебічний огляд небезпечних чинників або ризиків;

б) на робочому засіданні обговорюють і погоджують зовнішнє та внутрішнє оточення, пов'язані з об'єктом, системою, зміною чи ситуацією, а також сферу застосування дослідження;

- с) координатор пропонує учасникам навести та розглянути
  - відомі ризики та небезпечні чинники;
  - попередній досвід та інциденти;
  - відомі та наявні засоби контролювання та захисту;
  - регуляторні вимоги та обмеження;

d) обговорення координують запитаннями, у формулюванні яких використано фразу типу «що — якщо» і навідне слово чи тему. Варіанти використовуваних фраз типу «що — якщо» такі: «що відбуватиметься, якщо...?», «чи може хтось чи щось...?», «чи хтось або щось вже...?». Намір — стимулювати дослідницьку групу до вивчення потенційних варіантів розвитку подій, їхніх причин, наслідків і впливів;

e) ризики підсумовують і група розглядає вже запроваджені засоби контролювання;

f) група затверджує опис ризику, його причин, наслідків і передбачених засобів контролювання та складає відповідні протоколи;

g) група розглядає адекватність і результативність засобів контролювання та погоджує виклад щодо результативності контролювання ризику. Якщо результативність незадовільна, то група глибше розглядає завдання щодо оброблення ризику, визначаючи потенційні засоби контролювання;

h) під час обговорення ставлять конкретніші запитання типу «що — якщо», щоб ідентифікувати додаткові ризики;

i) координатор, використовуючи перелік навідних слів, відстежує хід обговорення і пропонує для обговорення в групі додаткові питання та варіанти розвитку подій;

j) звичайною практикою є використання якісного чи напівкількісного методу загального оцінювання ризику, щоб ранжувати передбачені дії за їхньою пріоритетністю. Це загальне оцінювання ризику зазвичай провадять з урахуванням наявних засобів контролювання та їхньої результативності.

#### **В.9.5 Вихідні дані**

Вихідні дані — це реєстр ризиків з діями чи завданнями, ранжованими за ризиком. Потім ці завдання можуть бути основою плану оброблення.

#### **В.9.6 Переваги та обмеженості**

Переваги SWIFT:

- широка застосовність до всіх видів технічних об'єктів або систем, ситуацій чи обставин, організацій або діяльності;

- потребує мінімального підготування членами групи;

- є відносно швидким, а основні небезпечні чинники та ризики швидко стають очевидними під час робочого засідання;

- дослідження «системно зорієнтовано» і дає змогу учасникам побачити, як система реагує на відхили, а не просто дослідити наслідки відмови окремих складників;

- можна використовувати для визначення можливостей щодо поліпшування процесів і систем і, загалом, для визначення дій, які ведуть до успіху та збільшують його ймовірність;

- передбачає участь у засіданнях осіб, відповідальних за наявні засоби контролювання та за подальші дії щодо оброблення ризиків, збільшує їхню відповідальність;

- дає змогу скласти реєстр ризиків і, за незначного дороблення, — план оброблення ризиків;

- дає змогу ідентифікувати ризики та небезпечні чинники так, щоб результати можна було застосовувати для кількісного дослідження, тоді як, зазвичай, для оцінювання ризику та визначання пріоритетності відповідних дій використовують якісну чи напівкількісну форму ранжування ризику.

Обмеженості SWIFT:

- результативність залежить від досвіду та кваліфікації координатора;

- потреба в ретельному підготовленні, щоб не втрачати часу на робочих засіданнях групи;

- якщо досвід групи недостатній або якщо система навідних фраз не всебічна, деякі ризики чи небезпечні чинники може бути не ідентифіковано;

- застосування методу на загальному рівні може не давати змоги виявити складні, докладні чи взаємопов'язані причини.

## **В.10 Аналізування сценарію**

### **В.10.1 Загальний огляд**

Аналізуванням сценарію називають розроблення описових моделей того, що може трапитися в майбутньому. Його можна використовувати для ідентифікування ризиків, розглядаючи можливі варіанти розвитку подій у майбутньому та досліджуючи їхні наслідки. Набори сценаріїв, що відбивають, наприклад, «найкращий випадок», «найгірший випадок» і «прогнозований випадок», можна використовувати, аналізуючи потенційні наслідки та їхні ймовірності для кожного сценарію як форму аналізування чутливості під час аналізування ризику.

Ефективність аналізування сценарію ілюстративно підтверджують, розглядаючи найзначніші зміни за останні 50 років у технології, перевагах споживачів, соціальних орієнтирах тощо. Аналізування сценарію не дає змоги прогнозувати ймовірності цих змін, але уможливорює розглядання їхніх наслідків, допомагаючи організаціям розвивати свої сильні сторони та спроможність поновлювати нормальне функціонування, необхідні для адаптування до передбачуваних змін.

### **В.10.2 Застосування**

Аналізування сценарію можна застосовувати, щоб сприяти прийняттю концептуальних рішень і плануванню майбутніх стратегій, а також щоб розглянути наявні види діяльності. Воно може бути частиною всіх трьох складників загального оцінювання ризику. У разі ідентифікування й аналізування набори сценаріїв, що відображають, наприклад, найкращий випадок, найгірший випадок та очікуваний випадок, можна застосовувати для визначення того, що може виникнути за конкретних обставин, і для аналізування потенційних наслідків та їхніх ймовірностей для кожного сценарію.

Аналізування сценарію можна застосовувати, щоб упередити появу як загроз, так і слушних можливостей, а також до всіх типів ризиків — як короткотривалих, так і довготривалих. У разі короткотривалих ризиків і надійних даних вірогідні сценарії можна екстраполювати з поточного моменту. У разі довготриваліших ризиків або менш надійних даних аналізування сценарію стає більш образним, і це можна розглядати як аналізування майбутнього.

Аналізування сценарію може бути корисним за наявності значних розбіжностей у розподіленні позитивних і негативних результатів у просторі, часі та групах суспільства чи організації.

### **В.10.3 Вхідні дані**

Передумова аналізування сценарію — формування групи осіб, які добре розуміються на характері відповідних змін (наприклад, можливих досягненнях у технології) і здатні прогнозувати події в майбутньому без потреби їх екстраполювання з минулого. Корисно також використовувати літературні джерела й дані щодо змін, які вже відбуваються.

### **В.10.4 Процес**

Структура аналізування сценарію може бути неформалізованою чи формалізованою.

Після того як сформовано групу, установлено доречні канали обмінювання інформацією та визначено контекст проблеми й питань, що їх розглядатимуть, наступний етап — ідентифікування характеру змін, які можуть виникнути. Це передбачає досліджування основних тенденцій, визначення ймовірного часу настання змін у тенденціях, а також прогнозування майбутнього.

Зміни, які треба розглядати, можуть охоплювати:

- зовнішні зміни (наприклад, технологічні зміни);
- рішення, які треба прийняти у найближчому майбутньому та які можуть спричинити різні результати;
- потреби зацікавлених сторін і те, як вони можуть змінюватися;
- зміни у макросередовищі (регуляторні, демографічні тощо). Деяких з них не можна буде уникнути, а деякі будуть невизначеними.

Іноді зміну може бути зумовлено наслідками іншого ризику. Наприклад, ризик змінення клімату позначається на змінненні спожиткового попиту, пов'язаного з відстанями доставляння харчових продуктів. Це впливатиме на те, які харчові продукти вигідно буде експортувати, а які можна буде виробляти всередині країни.

Тепер можна скласти перелік локальних чинників або локальних тенденцій, макрочинників чи макротенденцій і ранжувати їх за їхньою (1) важливістю та (2) невизначеністю. Особливу увагу приділяють найважливішим і найневизначенішим чинникам. Ключові чинники чи тенденції зіставляють відповідно одне з одним, щоб показати сфери, у яких можна розробляти сценарії.

Пропонують низку сценаріїв, кожний з яких зосереджено на правдоподібній зміні у параметрах.

Потім для кожного сценарію пишуть «історію», розповідаючи, як безпосередньо перейти до предметного сценарію. У цих «історіях» може бути подано правдоподібні докладні відомості, що додає цінності сценаріям.

Після цього сценарії можна використати для перевіряння чи оцінювання початкового питання. Перевіряння передбачає врахування будь-яких значних, але передбачуваних чинників (наприклад, шаблонів використання), визначення того, наскільки «успішною» може бути політика (діяльність) у межах цього нового сценарію, а потім — «попереднє випробування» результатів за допомогою запитань типу «що трапиться, якщо...?», базованих на модельних припущеннях.

Коли питання чи пропозицію оцінено стосовно кожного сценарію, може виявитися, що до нього треба внести зміни, щоб зробити його надійнішим або менш ризикованим. Треба також уможливити визначення деяких випереджальних індикаторів, які показують, коли відбувається зміна. Забезпечити слушну можливість внесення змін до планованих стратегій можна за допомогою моніторингу та реагування на випереджальні індикатори.

Оскільки сценарії — це лише визначені «зрізи» можливих майбутніх ситуацій, важливо забезпечити, щоб було враховано ймовірність виникнення конкретного результату (сценарію), тобто прийняти структуру ризику. Наприклад, якщо використовують сценарії найкращого випадку, найгіршого випадку та очікуваного випадку, треба спробувати покваліфікувати чи виразити ймовірність виникнення кожного сценарію.

#### **В.10.5 Вихідні дані**

Найбільш відповідного сценарію може не бути, але треба, щоб було чітко розуміння низки можливих варіантів і того, як змінювати вибраний хід дій відповідно до зміщення індикаторів.

#### **В.10.6 Переваги та обмеженості**

Аналізування сценаріїв передбачає врахування низки можливих подій у майбутньому. Воно може виявлятися кращим за традиційний підхід, згідно з яким спираються на довго-, середньо- та короткотривалі прогнози, у яких припускають, використовуючи хронологічні дані, що майбутні події, ймовірно, і далі відповідатимуть минулим тенденціями. Це важливо для ситуацій, коли поточні знання, на яких базують прогнози, обмежені чи коли ризики розглядають у віддаленішому майбутньому.

Однак ця перевага має певну переконливість, яка полягає в тому, що за високої невизначеності деякі сценарії можуть бути нереалістичними.

Основні труднощі в аналізуванні сценарію пов'язані з наявністю даних і здатністю аналітиків і тих, хто приймає рішення, розробляти реалістичні сценарії, які придатні для дослідження можливих рішень.

Небезпеки аналізування сценарію як засобу прийняття рішень полягають у тому, що такі сценарії можуть не мати адекватного підґрунтя, що дані можуть бути гіпотетичними і що нереалістичні результати не можна інтерпретувати як нереалістичні.

### **В.11 Аналізування впливу на діяльність (ВІА)**

#### **В.11.1 Загальний огляд**

Аналізування впливу на діяльність, яке також називають оцінюванням впливу на діяльність, дає змогу аналізувати те, як основні ризики дестабілізування могли б позначатися на роботах організації, а також ідентифікувати та кількісно подавати можливості, необхідні для керування цими ризиками. Зокрема, ВІА уможливлює узгоджене розуміння

— ідентифікації та критичності ключових бізнес-процесів, функцій і пов'язаних з ними ресурсів, а також основних взаємозалежностей, які є в організації;

— того, як дестабілювальні події позначатимуться на здатності та можливості досягати критично важливих бізнесових цілей;

— здатностей і можливостей, необхідних, щоб керувати впливом дестабілювальної події й допомагати організації відновлювати прийнятні рівні функціонування.

#### **В.11.2 Застосування**

Аналізування впливу на діяльність дає змогу визначити критичність і строки відновлення процесів і пов'язаних з ними ресурсів (персоналу, устаткування, інформаційних технологій), щоб забезпечити

постійне досягнення цілей. Крім того, аналізування впливу на діяльність сприяє визначенню взаємозалежностей і взаємозв'язків між процесами, внутрішніми та зовнішніми сторонами, а також будь-яких зв'язків у ланцюгу постачання.

#### **В.11.3 Вхідні дані**

Вхідні дані:

- група, яка має аналізувати та розробляти план;
- інформація стосовно цілей, середовища, робіт і взаємозалежностей організації;
- докладні відомості щодо видів діяльності та робіт організації, зокрема щодо процесів, допоміжних ресурсів, взаємозв'язків з іншими організаціями, угод зі сторонніми виконавцями, зацікавлених сторін;
- фінансові наслідки та наслідки для робіт через втрату спроможності функціонування критично важливих процесів;
- складена анкета;
- перелік опитуваних осіб з доречних підрозділів організації та/чи зацікавлених сторін, з якими взаємодіятимуть.

#### **В.11.4 Процес**

Аналізування впливу на діяльність можна провадити за допомогою анкет, опитувань, структурованих робочих засідань або їх поєднання, щоб чітко розумітися на критично важливих процесах, на наслідках, пов'язаних з утратою спроможності функціонування цих процесів, і на необхідних строках відновлення та допоміжних ресурсах.

Основні етапи такі:

- підтвердження ключових процесів і результатів дій організації для визначення критичності процесів, зважаючи на загальне оцінювання ризику та вразливості;
- визначення наслідків дестабілізування для ідентифікованих критичних процесів з фінансового погляду та/або з погляду функціонування за встановлені проміжки часу;
- ідентифікування взаємозалежностей з ключовими внутрішніми та зовнішніми зацікавленими сторонами. Це може охоплювати відображення характеру взаємозалежностей по всьому ланцюгу постачання;
- визначення поточних придатних ресурсів і ресурсів необхідного рівня, потрібних для продовження діяльності на мінімально прийнятному рівні після настання дестабілізації;
- вибирання альтернативних тимчасових рішень і процесів, що їх уже використовують або заплановано розробляти. Потреба в розроблянні альтернативних тимчасових рішень і процесів може виникати в разі, якщо під час дестабілізування ресурси чи можливості недоступні чи недостатні;
- визначення максимально допустимого часу простоювання (MAO) для кожного процесу залежно від ідентифікованих наслідків та критичних чинників успішного функціонування. MAO — це максимальний проміжок часу, протягом якого організація може витримувати втрату спроможності функціонування;
- визначення цільового часу відновлення (RTO) для будь-якого спеціалізованого устаткування чи інформаційних технологій. RTO — це час, протягом якого організація має на меті відновити спроможність спеціалізованого устаткування або інформаційних технологій;
- підтвердження поточного рівня готовності критичних процесів для керування відмовою. Це може охоплювати оцінювання рівня резервування в межах процесу (наприклад, запасного устаткування) або наявності альтернативних постачальників.

#### **В.11.5 Вихідні дані**

Вихідні дані:

- перелік пріоритетності критичних процесів і відповідних взаємозалежностей;
- задокументовані фінансові впливи та впливи на функціонування внаслідок втрати спроможності функціонування критично важливих процесів;
- допоміжні ресурси, необхідні для визначених критично важливих процесів;
- тривалість простоювання критично важливих процесів і відповідна тривалість відновлювання інформаційних технологій.

#### **В.11.6 Переваги та обмеженості**

Переваги ВІА:

- належне розуміння критичних процесів, що дає змогу організації й надалі досягати своїх установлених цілей;
- належне розуміння необхідних ресурсів;
- можливість по-новому визначати операційні процеси організації, щоб сприяти спроможності поновлювати нормальне функціонування організації.

Обмеженості:

- брак знань у осіб, які беруть участь у заповнюванні анкет, проведенні опитувань або робочих засіданнях;
- групова динаміка може впливати на повноту аналізування критичного процесу;
- спрощене чи надмірно оптимістичне очікування вимог до відновлення;
- утрудненість досягання адекватного рівня розуміння робіт і діяльності організації.

## **В.12 Аналізування першопричин (RCA)**

### **В.12.1 Загальний огляд**

Аналізування найбільшої втрати задля запобігання її повторному виникненню зазвичай називають аналізуванням першопричин (RCA), аналізуванням першопричин відмов (RCFA) або аналізуванням утрат. RCA зосереджено на матеріальних утратах унаслідок різних типів відмов, тоді як аналізування утрат стосується переважно фінансових або економічних утрат через зовнішні чинники чи катастрофи. За цього аналізування намагаються ідентифікувати докорінні чи первісні причини, а не досліджувати лише явні симптоми. Визнано, що коригувальна дія не завжди може бути цілком результативною і що може бути потрібним постійне поліпшування. RCA найчастіше застосовують до оцінювання найбільшої втрати, але його можна також більш глобально використовувати для аналізування утрат, щоб визначити, де можна зробити поліпшення.

### **В.12.2 Застосування**

RCA застосовують щодо різноманітного оточення у широких сферах використання:

- RCA, зорієнтоване на безпеку, використовують для розслідування нещасних випадків, а також у сфері гігієни та охорони праці;
- аналізування відмов використовують стосовно технологічних систем, пов'язаних із забезпеченням надійності та технічним обслуговуванням;
- RCA, зорієнтоване на виробництво, застосовують у сфері контролю якості промислового виробництва;
- RCA, зорієнтоване на процеси, застосовують до бізнес-процесів;
- RCA, зорієнтоване на системи, розроблено як поєднання згадуваних вище сфер для досліджування складних систем, застосовуваних у керуванні змінами, керуванні ризиком і аналізуванні систем.

### **В.12.3 Вхідні дані**

Основні вхідні дані RCA — це добірка всіх доказів щодо відмови чи втрати. За цього аналізування можна також враховувати дані, одержані за інших подібних відмов. Вхідними даними можуть бути також результати, які дають змогу перевіряти конкретні гіпотези.

### **В.12.4 Процес**

Коли потребу в RCA визначено, призначають групу експертів для аналізування та вироблення рекомендацій. Яким має бути експерт, залежить переважно від спеціальних знань, необхідних для аналізування відмови.

Для проведення аналізування можна використовувати різні методи, але основні етапи проведення RCA подібні й охоплюють таке:

- формування групи;
- визначення сфери застосування та цілей RCA;
- збирання даних і доказів щодо відмови чи втрати;
- проведення структурованого аналізування для визначення першопричини;
- розроблення рішень і надання рекомендацій;
- виконання рекомендацій;
- підтвердження успішного виконання рекомендацій.

Структуроване аналізування можна провадити за одним з таких методів:

- метод «5 чому», тобто повторювання запитання «чому?», щоб відокремити причину та підпричини;
- аналізування характеру та наслідків відмов;
- аналізування дерева відмов;
- діаграми Ісікави;
- аналізування Парето;
- побудова карти першопричини.

Часто оцінювання причин починають з початково очевидних фізичних причин, потім охоплюють причини, пов'язані з людиною, і закінчують прихованими причинами, пов'язаними з керуванням, або основоположними причинами. Треба, щоб причинні чинники, були такими, щоб залучені сторони могли їх контролювати чи усувати для того, щоб коригувальна дія була результативною та доцільною.

#### **В.12.5 Вихідні дані**

Вихідні дані RCA такі:

- задокументовані зібрані дані та докази;
- розглянуті гіпотези;
- висновок стосовно найвірогідніших першопричин відмови чи втрати;
- рекомендації щодо коригувальної дії.

#### **В.12.6 Переваги та обмеженості**

Переваги RCA:

- залучення належних експертів до роботи в групі;
- структуроване аналізування;
- розгляд усіх імовірних гіпотез;
- документування результатів;
- потреба виробляти остаточні рекомендації.

Обмеженості:

- необхідних експертів може не бути;
- істотні докази може бути знищено під час відмови чи видалено під час прибирання;
- групі може бракувати часу чи ресурсів, щоб оцінити ситуацію в повному обсязі;
- може не бути можливості належно виконати рекомендації.

### **В.13 Аналізування видів і наслідків відмов (FMEA) і аналізування видів, наслідків і критичності відмов (FMESA)**

#### **В.13.1 Загальний огляд**

Аналізування видів і наслідків відмов (FMEA) — метод, використовуваний для визначення того, як складники, системи чи процеси можуть ставати непридатними до функціонування за проектною призначеністю.

FMEA дає змогу ідентифікувати:

- усі потенційні види відмов різних частин системи (вид відмови визначають, беручи до уваги спостережувані збої чи неналежне функціонування);
- впливи, що їх ці відмови можуть чинити на систему;
- чинники виникнення відмов;
- способи уникнення відмов і/або зменшення їхніх впливів на систему.

FMESA розширює FMEA, охоплюючи ранжування кожного ідентифікованого виду відмови відповідно до його важливості чи критичності.

Це аналізування критичності зазвичай якісне чи напівкількісне, але уможлиблює також кількісне подання за використання даних щодо фактичної інтенсивності відмови.

#### **В.13.2 Застосування**

Є кілька сфер застосування FMEA: FMEA проекту (чи продукції), яке застосовують стосовно складників і продукції; FMEA системи, яке застосовують стосовно систем; FMEA процесу, яке застосовують стосовно виробничих і складальних процесів; FMEA послуги і FMEA програмного забезпечення.

FMEA і FMESA можна застосовувати під час проектування, вироблення чи функціонування технічної системи.



Для підвищення надійності, однак, зміни легше вносити на стадії проектування. FMEA і FMECA можна також застосовувати до процесів і процедур. Наприклад, їх використовують, щоб ідентифікувати потенційну можливість медичної помилки в системах охорони здоров'я та відмов у процедурах технічного обслуговування.

FMEA і FMECA можна використовувати для

- сприяння вибиранню альтернативних проектних рішень з високою надійністю;
- забезпечення розглядання всіх видів відмови систем і процесів, а також їхніх впливів на успішне функціонування;
- ідентифікування видів і наслідків помилок людини;
- забезпечення основи для планування випробування й технічного обслуговування технічних систем;
- поліпшення проектування процедур і процесів;
- отримання якісної та кількісної інформації для методів аналізування, наприклад, аналізування дерева відмов.

За допомогою FMEA і FMECA можна отримати вхідні дані для інших методів аналізування, наприклад, аналізування дерева відмов як на якісному, так і на кількісному рівні.

### **В.13.3 Вхідні дані**

Для FMEA і FMECA потрібна досить докладна інформація про елементи системи, щоб уможливити змістовне аналізування способів, у які кожний елемент може виходити з ладу. У разі докладного FMEA проекту елемент може перебувати на рівні докладності, що відповідає окремому складові, тоді як у разі FMEA системи вищого рівня елементи може бути визначено на більш високому рівні узагальнення.

Інформація може охоплювати:

- кресленики чи блок-схему аналізованої системи та її складників, або етапи функціонування процесу;
- основні відомості про функціонування кожного етапу процесу чи складника системи;
- докладні відомості про параметри середовища та інші параметри, які можуть позначатися на функціонуванні;
- основні відомості про результати конкретних відмов;
- хронологічні дані про відмови, зокрема дані щодо інтенсивності відмов, якщо вони наявні.

### **В.13.4 Процес**

Процес FMEA:

- a) визначити сферу застосування та цілі дослідження;
- b) сформулювати групу;
- c) з'ясувати основні відомості про систему чи процес, що їх піддаватимуть FMECA;
- d) розкласти систему на складники чи етапи функціонування;
- e) визначити функції на кожному етапі чи кожний складник;
- f) визначити для кожного визначеного складника чи етапу:
  - як кожна частина може ймовірно вийти з ладу?
  - які чинники можуть зумовити ці види відмови?
  - якими можуть бути наслідки в разі виникнення відмови?
  - чи є відмова нешкідливою чи руйнівною?
  - як виявляють відмову?
- g) ідентифікувати властиві для проекту заходи, щоб скомпенсувати відмову.

У разі FMECA дослідницька група має покласифікувати кожний з ідентифікованих видів відмови відповідно до його критичності.

Це може бути здійснено кількома способами. Загальноприйняті методи враховують таке:

- показник критичності виду;
- рівень ризику;
- число пріоритетності ризику.

Критичність виду відмови — міра ймовірності того, що розглядаєний вид зумовить відмову системи загалом; визначають як:

(Ймовірність наслідку відмови) \* (Інтенсивність виду відмови) \*(Тривалість функціонування системи).

Цю модель найчастіше застосовують до відмов устаткування, щодо яких кожний з цих членів може бути визначено кількісно, і для всіх видів відмови буде такий самий наслідок.

Рівень ризику одержують, поєднуючи наслідки виду відмови та ймовірність відмови. Його використовують, коли наслідки різних видів відмови різняться один від одного та його може бути застосовано до пов'язаних з устаткуванням систем або процесів. Рівень ризику може бути подано якісно, напівкількісно чи кількісно.

Число пріоритетності ризику (RPN) — напівкількісна міра критичності, яку одержують множенням чисел ранжувальних шкал (зазвичай між 1 та 10), що відповідають наслідку відмови, на правдоподібність відмови і спроможність виявити проблему. (Якщо відмову важко виявити, то їй надають найвищий пріоритет). Цей метод використовують найчастіше в діяльності щодо забезпечення якості.

Після того як ідентифіковано види відмов і чинники їх виникнення, може бути визначено та виконано коригувальні дії щодо значніших видів відмови.

FMEA задокументовують у звіті, у якому наводять

- докладні відомості про систему, яку аналізували;
- спосіб, у який проведено аналізування системи;
- припущення, зроблені під час аналізування;
- джерела даних;
- результати, зокрема заповнені робочі аркуші;
- критичність (якщо розглядали) і методологію, використану для її визначення;
- будь-які рекомендації щодо подальших поглиблених аналізувань, змін у проекті чи функцій, які треба долучити до планів випробування тощо.

Після виконання передбачених дій можна провести повторне загальне оцінювання системи, здійснивши ще один цикл FMEA.

### **В.13.5 Вихідні дані**

Основні вихідні дані FMEA — перелік видів відмов, чинників виникнення відмов і наслідків для кожного складника чи етапу функціонування системи або процесу (до якого може бути внесено інформацію про правдоподібність відмови). Також подають інформацію про причини відмови та про її наслідки для системи загалом. Вихідні дані FMECA охоплюють оцінку важливості, базовану на правдоподібності відмови системи, рівень ризику, зумовлений видом відмови, або комбінацію рівня ризику та «можливості виявлення» виду відмови.

Якщо використано придатні дані щодо інтенсивності відмови та кількісно поданих наслідків, FMECA дає змогу одержати кількісні вихідні дані.

### **В.13.6 Переваги та обмеженості**

Переваги FMEA/FMECA:

- широка придатність до видів відмов, пов'язаних з людиною, устаткуванням та системами, а також до технічних засобів, програмних засобів і процедур;
- змога ідентифікувати види відмов складників, їхні причини та їхні наслідки для системи, а також подавати їх у зручному для сприйняття форматі;
- змога уникати затратних змін експлуатованого устаткування завдяки ідентифікуванню проблем на ранній стадії у процесі проектування;
- змога ідентифікувати види локалізованої відмови та вимоги щодо систем з резервуванням або систем забезпечення;
- подання вхідних даних для розроблення програм моніторингу зазначанням ключових функцій, що підлягають моніторингу.

Обмеженості:

- можливість використання лише для ідентифікування окремих видів відмов, а не комбінацій видів відмов;
- для досліджень може бути потрібно багато часу та витрат, якщо їх належно не контролювати та не спрямовувати;
- дослідження можуть бути важкими та утомними в разі складних багат шарових систем.

### **В.13.7 Рекомендований документ**

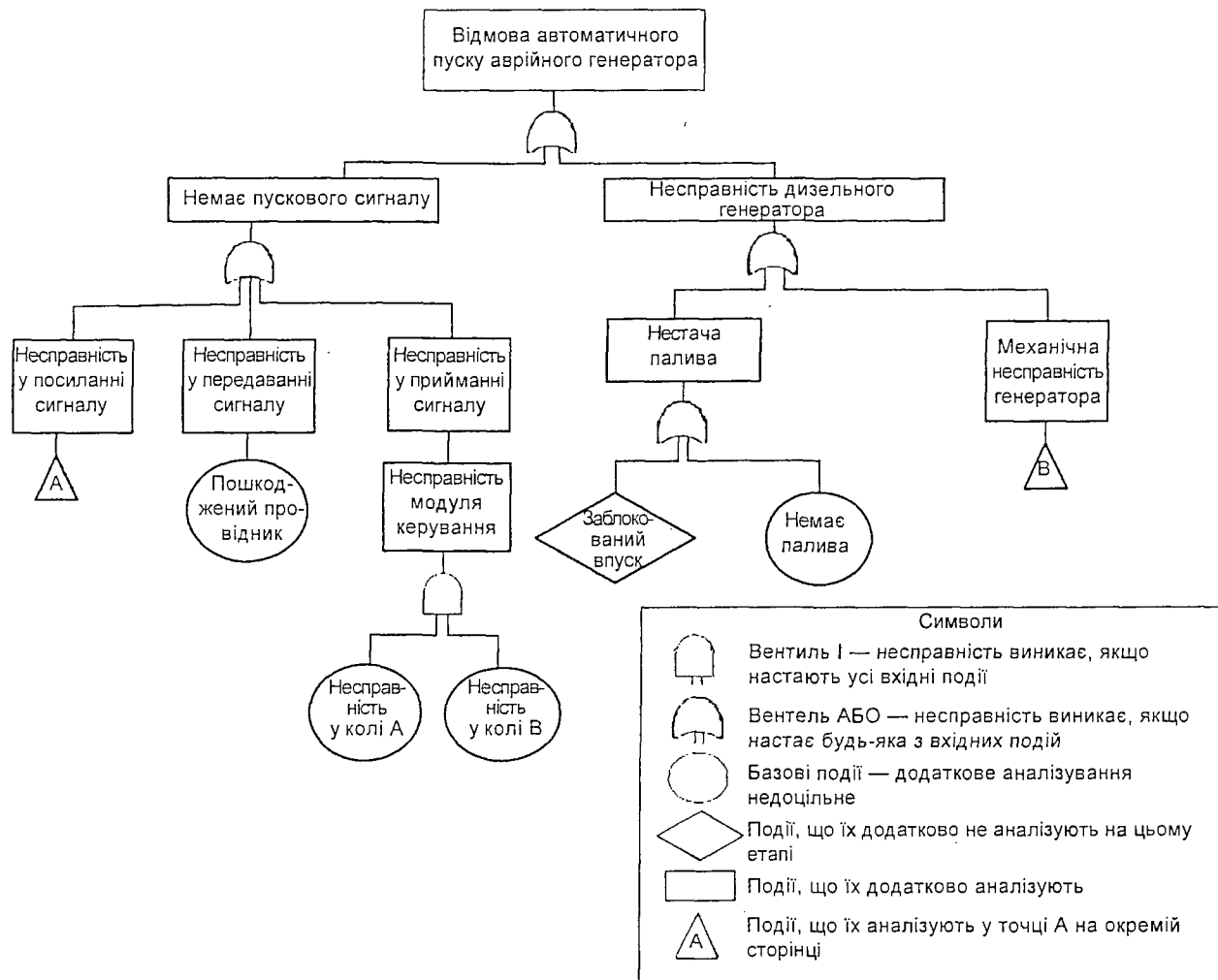
ІЕС 60812 Analysis techniques for system reliability — Procedures for failure mode and effect analysis (FMEA) (Методики аналізування надійності системи. Процедури аналізування виду та наслідків відмов (FMEA)).

**В.14 Аналізування дерева відмов (FTA)**

**В.14.1 Загальний огляд**

FTA — метод ідентифікування та аналізування чинників, які можуть сприяти виникненню визначеної небажаної події (яку називають «завершальна подія»). Причинні чинники ідентифікують дедуктивним способом, зорганізують логічно та подають графічно за допомогою деревоподібної діаграми (див. рисунок В.2), зображаючи причинні чинники та їхні логічні зв'язки з завершальною подією.

Чинниками, що їх ідентифікують у дереві, можуть бути події, пов'язані з відмовою складників технічного засобу, помилками людини чи будь-якими іншими доречними подіями, які призводять до небажаної події.



ІЕС 2063/09

Рисунок В.2 — Приклад FTA, долучений з ІЕС 60300-3-9

**В.14.2 Застосування**

Дерево відмов можна використовувати для якісного аналізування, щоб визначити потенційні причини та шляхи виникнення відмови (завершальна подія) або для кількісного аналізування, щоб обчислити ймовірності завершальної події, зважаючи на знання ймовірностей причинних подій.

Цей метод можна використовувати на стадії проектування системи, щоб визначити потенційні причини відмови і, на підставі цього, зробити вибір між варіантами проектування. Його можна використо-

увати на етапі функціонування, щоб визначити, як можуть виникати найсуттєвіші відмови, і відносну важливість настання різних завершальних подій. Дерево відмов можна також використовувати для аналізування відмови, яка виникла, щоб схематично відобразити, як різні події разом спричинили відмову.

#### **В.14.3 Вхідні дані**

Для якісного аналізування потрібні основні відомості про систему та причини відмови, а також основні технічні відомості про те, як система може вийти з ладу. Щоб сприяти аналізуванню доцільно використовувати докладні діаграми.

Для кількісного аналізування потрібні дані щодо інтенсивності відмов або ймовірності перебування у стані відмови для всіх базових подій дерева відмов.

#### **В.14.4 Процес**

Етапи розроблення дерев відмов:

— визначають завершальну подію, яку аналізуватимуть. Це може бути відмова чи більш загальний результат цієї відмови. Якщо аналізують результат, дерево може мати ділянку стосовно пом'якшення наслідків фактичної відмови;

— починаючи з завершальної події, визначають можливі безпосередні причини чи види відмови, що зумовлюють завершальну подію;

— аналізують кожну з цих причин (кожний з цих видів відмови), щоб зрозуміти, як може виникати відмова;

— провадять поетапне визначення небажаного функціонування системи, послідовно сходячи до нижчих рівнів системи доти, доки подальше аналізування не стане недоцільним. У технічних системах це може бути рівень відмови складника. Події та причинні чинники на найнижчому рівні аналізованої системи називають базовими подіями;

— за можливості надання ймовірностей базовим подіям можна обчислити ймовірність завершальної події. Щоб кількісне аналізування було обґрунтоване, треба, щоб була можливість показати, що для кожного логічного елемента всі вхідні дані необхідні й достатні, щоб спричинити результативну подію. Інакше дерево відмов не придатне для аналізування ймовірності, але воно може бути корисним інструментом для відображення причинних зв'язків.

У межах кількісного аналізування може бути потрібним спростити дерево відмов за допомогою булевої алгебри, щоб урахувати дублювальні види відмови.

Поряд з отриманням наближеної кількісної оцінки ймовірності головної події можна ідентифікувати мінімальні перерізи, які утворюють індивідуальні відокремлені шляхи до головної події, і обчислити їхній вплив на завершальну подію.

Крім випадків простих дерев відмов, для належного опрацювання обчислень за наявності повторних подій у кількох частинах дерева відмов і для обчислення мінімальних перерізів потрібен пакет програмного забезпечення. Програмні засоби сприяють забезпеченню узгодженості, правильності та можливості для перевіряння.

#### **В.14.5 Вихідні дані**

Вихідні дані аналізування дерев відмов такі:

— графічне подання того, як може наставати завершальна подія, з показом взаємодійних шляхів, якими можуть виникати дві чи більше одночасних подій;

— перелік мінімальних перерізів (окремих шляхів до відмови) з імовірністю (за наявності даних) настання кожної з них;

— імовірність завершальної події.

#### **В.14.6 Переваги та обмеженості**

Переваги FTA:

— це впорядкований, високою мірою систематичний та одночасно достатньо гнучкий підхід, який дає змогу аналізувати різноманітні чинники, зокрема взаємодії між людьми та фізичні явища;

— застосування підходу «зверху вниз», неявного у методі, дає змогу зосередити увагу на тих наслідках відмови, які безпосередньо пов'язано з завершальною подією;

— FTA є особливо корисним для аналізування систем з багатьма сполученнями та взаємодіями;

— графічне зображення дає змогу легше зрозуміти поведінку системи та її внутрішні чинники, але, оскільки деревоподібні схеми часто набувають великих розмірів, оброблення таких схем може по-

требувати застосування комп'ютерних систем. Ця функція уможливіє використання складніших логічних зв'язків (наприклад, логічних операцій «І-НІ» та «АБО-НІ»), але також утруднює перевіряння дерева відмов;

- логічне аналізування дерев відмов та ідентифікування перерізів корисне для визначення простих шляхів виникнення відмов у дуже складній системі, у якій можна не помітити конкретних комбінацій подій, що зумовлюють завершальну подію.

Обмеженості:

- до обчислень імовірності завершальної події долучають невизначеності, пов'язані з імовірностями базових подій. Це може спричинювати високі рівні невизначеності, якщо ймовірності відмови за базових подій точно не відомі; однак, у добре зрозумілій системі можна досягати високого рівня довіри;

- у деяких випадках причинні події не пов'язані між собою і може бути важко встановити, чи було долучено всі значимі шляхи до завершальної події. Наприклад, долучення всіх джерел займання до аналізування пожежі як завершальної події. У цьому разі аналізування ймовірностей неможливе;

- дерево відмов — статична модель; часові взаємозалежності не розглядають;

- дерева відмов можна застосовувати тільки стосовно двійкових станів (несправність/справність);

- хоча види помилок людини можна охопити деревом відмов з якісними характеристиками, але зазвичай долучання відмов, ступінь або якість яких часто характеризують помилку людини, становить певні труднощі;

- дерево відмов не дає змоги охопити «ефекти доміно» чи умовні відмови.

#### **В.14.7 Рекомендовані документи**

ІЕС 61025 Fault tree analysis (FTA) (Аналізування дерева відмов (FTA)).

ІЕС 60300-3-9 Dependability management — Part 3: Application guide — Section 9: Risk analysis of technological systems (Керування надійністю. Частина 3. Настанова щодо застосування. Розділ 9. Аналізування ризику технологічних систем).

### **В.15 Аналізування дерева подій (ЕТА)**

#### **В.15.1 Загальний огляд**

ЕТА — метод графічного подання взаємовилучальних послідовностей подій, що настають за першопочатковою подією, залежно від функціонування чи нефункціонування різноманітних систем, спроектованих для пом'якшення її наслідків (див. рисунок В.3). Він може бути якісним або кількісним.

На рисунку В.3 показано прості обчислення для прикладу дерева подій, коли відгалуження цілком незалежні.

Розгортаючи події віялом як дерево, ЕТА дає можливість відображати погіршувальні чи пом'якшувальні події у відповідь на першопочаткову подію, ураховуючи додаткові системи, функції чи бар'єри.

#### **В.15.2 Застосування**

ЕТА можна застосовувати для моделювання, обчислювання та ранжування (з погляду на ризик) різних сценаріїв аварій, що настають за першопочатковою подією.

ЕТА може бути використано на будь-якій стадії життєвого циклу продукції чи процесу. Його можна провадити якісно, щоб сприяти розроблянню методом «мозкової атаки» потенційних сценаріїв і послідовностей подій, що настають за першопочатковою подією, і визначати те, як на результатах позначаються різноманітні способи оброблення, бар'єри чи засоби контролювання, призначені для пом'якшування небажаних результатів.

Кількісне аналізування придатне для розглядання прийнятності засобів контролювання. Найчастіше його використовують для моделювання відмов, коли запроваджено чисельні засоби захищення.

ЕТА може бути застосовано для моделювання першопочаткових подій, які можуть бути причиною шкоди чи вигоди. Однак обставини, за яких провадять пошук шляхів, оптимальних, зважаючи на вигоди, частіше моделюють за допомогою дерева рішень.

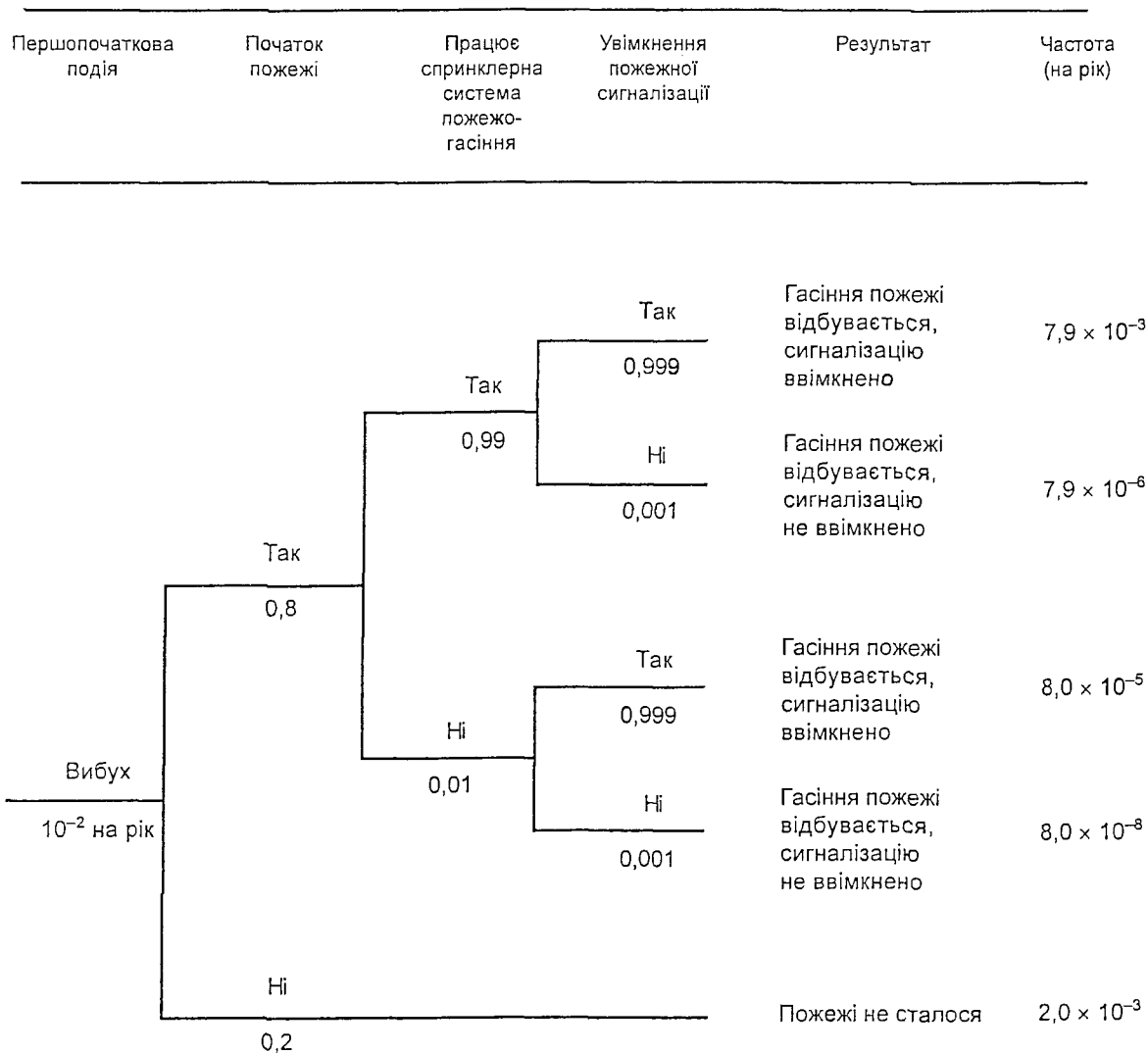
#### **В.15.3 Вхідні дані**

Вхідні дані такі:

- перелік властивих першопочаткових подій;

- інформація про оброблення, бар'єри та засоби контролювання, а також їхні ймовірності відмови (у разі кількісного аналізування);

- основні відомості про процеси, за яких погіршується ситуація у зв'язку з початковою відмовою.



ІЕС 2064/09

Рисунок В.3 — Приклад дерева подій

### В.15.4 Процес

Побудову дерева подій починають з вибирання першопочаткової події. Нею може бути випадок, наприклад, вибух пилу або причинна подія, наприклад, відмова джерела живлення. Потім послідовно перелічують уже запроваджені функції чи системи, призначені пом'якшувати результати. Для кожної функції чи системи креслять лінію, щоб відобразити їхній справний стан або відмову. До кожної лінії може бути віднесено конкретну ймовірність відмови і цю умовну ймовірність кількісно оцінюють, наприклад, на підставі експертного судження чи аналізування дерева відмов. Таким чином моделюють різні способи, починаючи з першопочаткової події.

Треба враховувати те, що ймовірності на дереві подій умовні, наприклад, ймовірність функціонування спринклера — це не ймовірність, одержана з випробувань за нормальних умов, а ймовірність функціонування за умов пожежі, спричиненої вибухом.

Кожний шлях, що проходить крізь дерево, відображає ймовірність настання всіх подій на цьому шляху. Тому частоту результату подають добутком окремих умовних ймовірностей і частоти першопочаткової події за умови незалежності різноманітних подій.

**В.15.5 Вихідні дані**

Вихідні дані ЕТА такі:

- якісні описи потенційних проблем як комбінацій подій, що спричинюють різні типи проблем (діапазон результатів), зумовлених першопочатковими подіями;
- кількісні оцінки частот або ймовірностей подій і відносна вагомість різноманітних послідовностей відмов і подій, які цьому сприяють;
- переліки рекомендацій щодо зменшування ризиків;
- кількісні оцінки результативності рекомендацій.

**В.15.6 Переваги та обмеженості**

Переваги ЕТА:

- ЕТА уможлиблює чітке схематичне відображення аналізованих потенційних сценаріїв, які впливають з першопочаткової події, а також впливу безвідмовності чи відмови систем або функцій, призначених для пом'якшування наслідків;
- дає змогу враховувати тривалості, залежності та «ефекти доміно», обтяжливі для моделювання в деревах відмов;
- дає змогу відображати у графічному вигляді послідовності подій, які неможливо відобразити за використання дерев відмов.

Обмеженості:

- для застосування ЕТА як частини всебічного загального оцінювання потрібно ідентифікувати всі потенційні першопочаткові події. Це можна виконати, застосувавши інший метод аналізування (наприклад: HAZOP, PNA), однак за цієї методології завжди є ризик того, що деякі важливі першопочаткові події не буде помічено;
- дерева подій застосовні тільки до розглядання безвідмовних і відмовних станів системи, отже, важко охопити справні стани із запізнюванням або відновні події;
- будь-який шлях зумовлюється подіями, що «відбулися» в попередніх точках розгалужень уздовж цього шляху. Тому розглядають усі залежності вздовж можливих шляхів. Однак деякі залежності, наприклад, спільні складники, системи інженерного забезпечення та виконавчий персонал може бути не помічено через неухважність, що може спричинити оптимістичні оцінки ризику.

**В.16 Аналізування причин і наслідків****В.16.1 Загальний огляд**

Аналізування причин і наслідків — поєднання аналізування дерева відмов і аналізування дерева подій. Спочатку визначають критичну подію, а потім аналізують наслідки, комбінуючи логічні елементи ТАК/НІ, що відповідають станам, які можуть виникнути, чи відмовам систем, спроектованих для пом'якшення наслідків першопочаткової події. Причини станів або відмов аналізують з використанням дерев відмов (див. розділ В.15).

**В.16.2 Застосування**

Аналізування причин і наслідків було спочатку розроблено як надійний засіб убезпечення критичних систем, щоб уможливити краще розуміння відмов системи. Так само як аналізування дерев відмов його застосовують для відображення логіки відмов, що призводять до критичної події, але, порівняно з деревом відмов, воно є більш функційним, оскільки дає змогу аналізувати події у хронологічній послідовності. Цей метод також дає змогу охоплювати аналізуванням наслідків часові затримки, що є неможливим у деревах подій.

Цей метод застосовують для аналізування різноманітних способів, якими може реагувати система після настання критичної події, залежно від поведінки конкретних підсистем (наприклад, систем аварійного реагування). Подані кількісно, вони будуть оцінкою ймовірності різних можливих наслідків критичної події.

Оскільки кожна послідовність у діаграмі причин-наслідків є комбінацією дерев відмов нижчого рівня, аналізування причин і наслідків можна використовувати як засіб будівництва багаторозмірних дерев відмов.

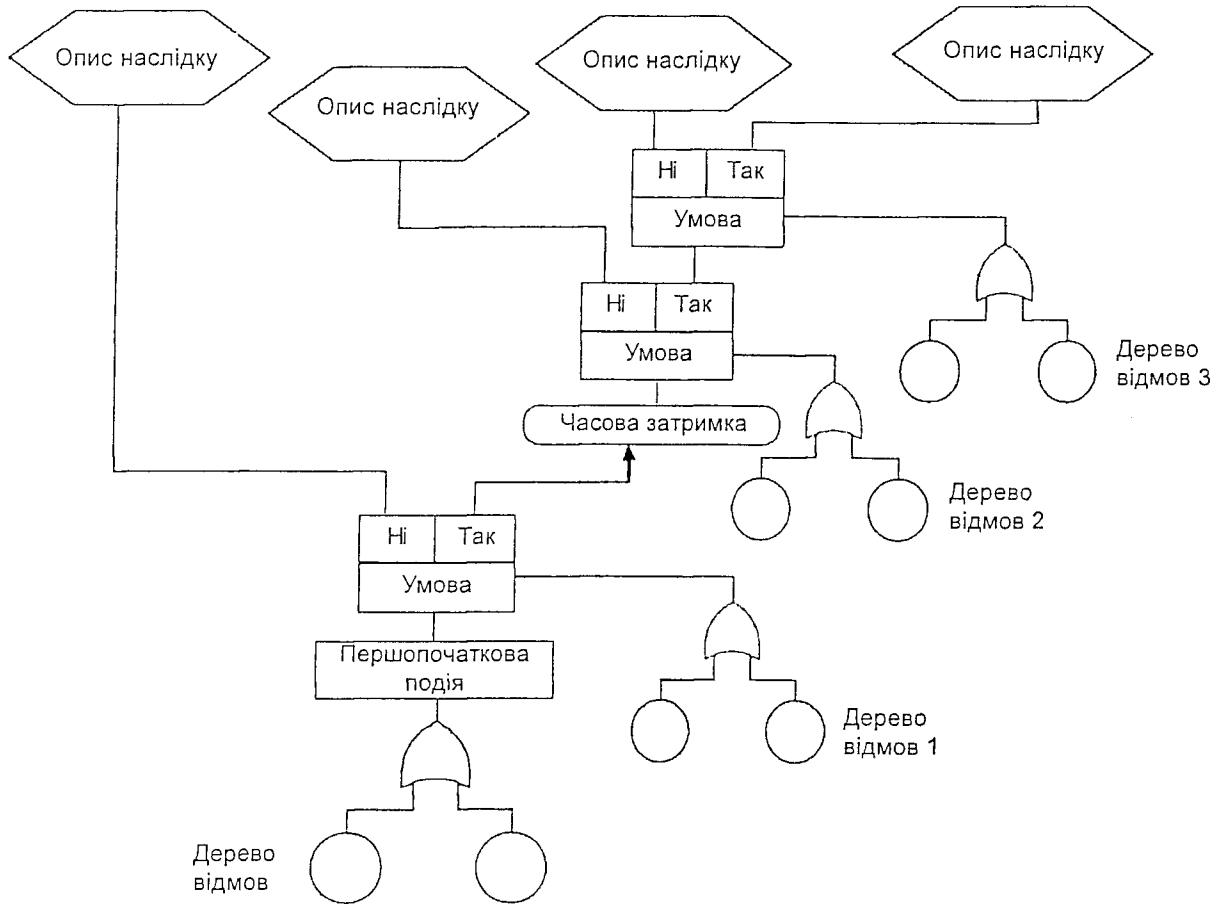
Діаграми складні щодо розроблення та застосування, тому зазвичай їх застосовують тоді, коли величина потенційних наслідків відмови виправдовує значні зусилля.

**В.16.3 Вхідні дані**

Необхідними є основні відомості про систему, а також про види та сценарії її відмов.

**В.16.4 Процес**

На рисунку В.4 показано концептуальну діаграму типового аналізування причин і наслідків.



ІЕС 2065/09

Рисунок В.4 — Приклад аналізування причин і наслідків

Методика така:

- а) ідентифікують критичну (або першопочаткову) подію (еквівалентну завершальній події дерева відмов і першопочатковій події дерева подій);
- б) розробляють і перевіряють дерево відмов щодо причин першопочаткової події, як описано в розділі В.14. Використовують такі самі символи, що й у стандартному аналізуванні дерев відмов;
- с) приймають рішення щодо порядку розглядання станів. Це має бути логічна послідовність (наприклад, хронологічна послідовність, у якій вони виникають);
- д) будують шляхи виникнення наслідків залежно від різних станів. Це схоже на побудову дерева подій, але розгалуження шляхів показують у формі блоку, у якому зазначають конкретний застосований стан;
- е) за умови, що для кожного блоку стану відмови незалежні, може бути обчислено ймовірність кожного наслідку. Для цього треба спочатку приписати ймовірності кожному виходу блоку стану (використовуючи, за доцільності, відповідні дерева відмов). Ймовірність того, що будь-яка з послідовностей зумовить конкретний наслідок, визначають перемноженням ймовірностей кожної послідовності станів,



яка закінчується цим конкретним наслідком. Якщо кілька послідовностей закінчуються таким самим наслідком, то ймовірності кожної послідовності додають. Якщо між відмовами станів певної послідовності є залежності (наприклад, відмова джерела живлення може спричинити відмову кількох станів), то їх треба розглянути перед обчисленням.

#### **В.16.5 Вихідні дані**

Вихідні дані аналізування причин і наслідків — графічне зображення того, як система може вийти з ладу, з показом причин і наслідків, а також кількісна оцінка ймовірності виникнення кожного потенційного наслідку, базована на аналізуванні ймовірностей виникнення конкретних станів унаслідок критичної події.

#### **В.16.6 Переваги та обмеженості**

Аналізування причин та наслідків має такі самі переваги, що й дерево подій та дерево відмов разом. Крім того, воно позбавлене деяких обмеженостей цих методів, надаючи змогу аналізувати події, які розвиваються з плином часу. Аналізування причин і наслідків уможливорює всебічне уявлення про систему.

Обмеженістю є те, що цей метод складніший за аналізування дерева відмов і дерева подій, як з погляду побудови, так і з погляду способу опрацювання залежностей під час кількісного аналізування.

### **В.17 Аналізування причинно-наслідкових зв'язків**

#### **В.17.1 Загальний огляд**

Аналізування причинно-наслідкових зв'язків — структурований метод, який дає змогу ідентифікувати можливі причини небажаної події чи проблеми. Він систематизує можливі зумовлювальні чинники у загальні категорії так, що можна розглядати всі можливі гіпотези. Однак сам по собі він не вказує на фактичні причини, оскільки їх може бути визначено тільки за допомогою дійсних доказів і емпіричного тестування гіпотез. Інформацію подають у формі діаграми Ісікави («риб'ячого кістяка»), іноді — у формі деревоподібної діаграми (див. В.17.4).

#### **В.17.2 Застосування**

Аналізування причинно-наслідкових зв'язків забезпечує структуроване графічне відображення переліку причин конкретного впливу. Вплив може бути позитивним (ціль) чи негативним (проблема) залежно від оточення.

Воно дає змогу розглядати всі можливі сценарії та причини, зазначені групою експертів, а також виробити спільне рішення стосовно найправдоподібніших причин, яке потім може бути перевірено емпіричним тестуванням або оцінюванням наявних даних. На початку аналізування доцільніше розширено обміркувати можливі причини і потім виробити потенційні гіпотези, які може бути розглянуто більш формалізованим способом.

Побудову діаграми причинно-наслідкових зв'язків можна провадити за потреби

— визначити можливі першопричини, основні підстави конкретного впливу, проблеми чи стану;

— відсортувати та пов'язати деякі з взаємодій між чинниками, що позначаються на конкретному процесі;

— проаналізувати наявні проблеми з тим, щоб можна було виконати коригувальну дію.

Метод побудови діаграми причинно-наслідкових зв'язків має такі переваги:

— увагу експертів зосереджено на конкретній проблемі;

— дає змогу полегшити визначання першопричин проблеми застосуванням структурованого підходу;

— сприяє співпраці у групі та використанню знань групи щодо продукції чи процесу;

— дає змогу використати впорядкований і зручний для сприйняття формат відображення залежностей у діаграмі причинно-наслідкових зв'язків;

— вказує на можливі причини змінюваності процесу;

— дає змогу визначити сфери, у яких треба збирати дані для подальшого вивчення.

Аналізування причинно-наслідкових зв'язків можна застосовувати як один з методів аналізування першопричин (див. розділ В.12).

#### **В.17.3 Вхідні дані**

Вхідними даними аналізування причинно-наслідкових зв'язків можуть бути рівень фахової компетентності та досвід учасників, або попередньо розроблена модель, яку використовували в минулому.

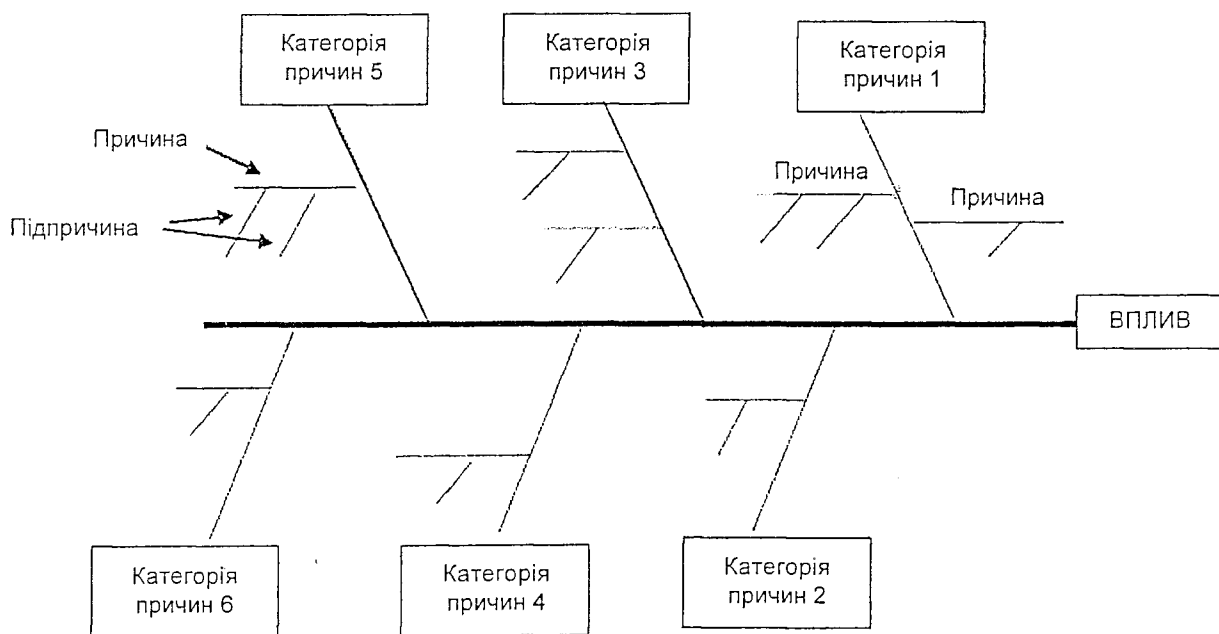
**В.17.4 Процес**

Аналізування причинно-наслідкових зв'язків має проводити група експертів, добре обізнаних з проблемою, яку потрібно розв'язати.

Основні етапи аналізування причинно-наслідкових зв'язків такі:

- установлюють вплив, який аналізуватимуть, і зазначають його в блоці. Вплив може бути позитивним (ціль) чи негативним (проблема) залежно від обставин;
- визначають основні категорії причин, відображених блоками на діаграмі Ісікави. Якщо проблема пов'язана з системою, категорії можуть бути такі: персонал, устаткування, середовище, процеси тощо. Однак їх вибирають залежно від конкретного оточення;
- вписують можливі причини для кожної основної категорії, використовуючи гілки та підгілки для описання взаємозв'язку між ними;
- відповідають на запитання «чому?» або «чим це спричинене?», щоб установити зв'язки між причинами;
- критично аналізують усі гілки, щоб перевірити узгодженість і повноту та впевнитись у тому, що причини застосовні до основного впливу;
- визначають найправдоподібніші причини, спираючись на думку групи та наявні докази.

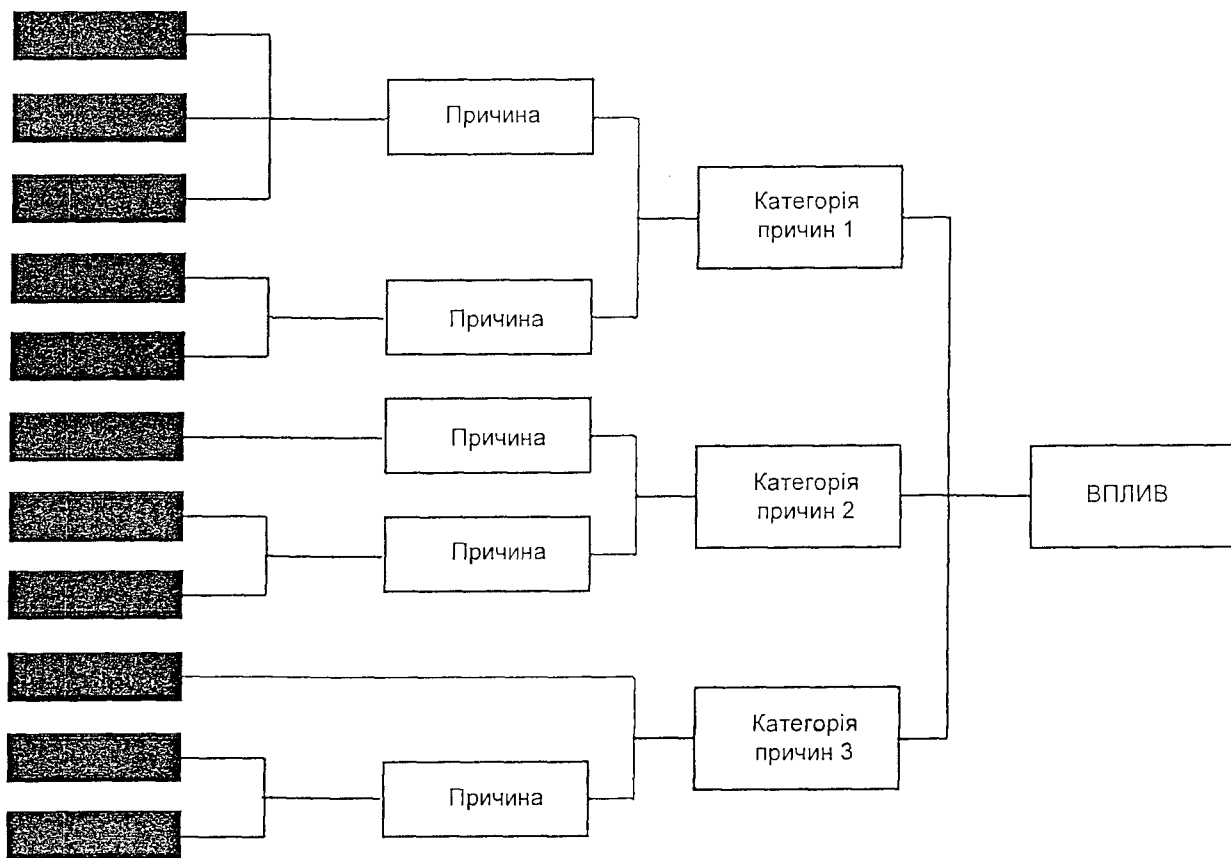
Результати зазвичай відображають як діаграму Ісікави («риб'ячого кістяка») (див. рисунок В.5) або деревоподібну діаграму (див. рисунок В.6). Діаграму Ісікави структурують поділом причин на основні категорії (подані лініями, що відходять від реб'ячого хребта), використовуючи гілки та підгілки, які описують конкретніші причини в цих категоріях.



ІЕС 2966/09

Рисунок В.5 — Приклад діаграми Ісікави («риб'ячого кістяка»)

Деревоподібне відображення зовнішньо нагадує дерево відмов, але його зазвичай розгортають зліва направо, а не зверху вниз. Однак цей метод не дає змоги точно кількісно оцінити ймовірність головної події, оскільки причинами є можливі зумовлювальні чинники, а не відмови, ймовірність виникнення яких відома.



ІЕС 2067/09

Рисунок В.6 — Приклад деревоподібного зображення аналізування причинно-наслідкових зв'язків

Аналізування за допомогою діаграм причинно-наслідкових зв'язків зазвичай є якісним методом. Можна припустити, що ймовірність виникнення проблеми дорівнює 1, і надати ймовірності узагальненим причинам, потім підпричинам залежно від ступеня впевненості в їхній доречності. Однак зумовлювальні чинники часто взаємодіють між собою і зумовлюють виникнення впливів складним чином, через що кількісне аналізування неефективне.

#### **В.17.5 Вихідні дані**

Вихідні дані аналізування причинно-наслідкових зв'язків — діаграма ісікави або деревоподібна діаграма, яка показує можливі та правдоподібні причини. Їх треба перевіряти та емпірично тестувати, перш ніж розробляти рекомендації.

#### **В.17.6 Переваги та обмеженості**

Переваги:

- залучення потрібних експертів, які працюють у групі;
- структуроване аналізування;
- розглядання всіх правдоподібних гіпотез;
- графічне ілюстрування результатів у зручній для сприйняття формі;
- визначення сфер, які потребують допоміжних даних;
- змога ідентифікувати зумовлювальні чинники як бажаних, так і небажаних впливів. Позитивне акцентування на питанні може підтримати більшу зацікавленість і залученість.

Обмеженості:

- група експертів може не мати необхідної професійної компетентності;
- не є самодостатнім процесом, для вироблення рекомендацій потрібно використовувати його як частину аналізування першопричин;
- є методом відображення причин за мозковою атакою, а не окремим методом аналізування;
- підрозділяння причинних чинників на основні категорії на початку аналізування може не давати змоги адекватно враховувати взаємодії між категоріями (наприклад, коли відмову устаткування спричинено помилкою людини або проблеми людського чинника зумовлені недосконалістю проекту).

## **В.18 Аналізування рівнів захисту (LOPA)**

### **В.18.1 Загальний огляд**

LOPA — напівкількісний метод оцінювання ризиків, пов'язаних з небажаними подією чи сценарієм. Він дає змогу проаналізувати, чи є достатніми заходи контролювання чи пом'якшування ризику.

Вибирають пару причина-наслідок та ідентифікують рівні захисту, які запобігають впливу, що призводить до небажаного наслідку. Обчислюють порядок величини, щоб визначити адекватність захисту для зменшення ризику до прийняттого рівня.

### **В.18.2 Застосування**

LOPA можна застосовувати як якісний метод, тільки щоб критично проаналізувати рівні захисту між небезпечним чинником або причинною подією та результатом. Зазвичай напівкількісний підхід застосовують для додання більшої строгості процесів відсортювання (наприклад, після HAZOP або PNA).

LOPA — це основа для специфікування незалежних рівнів захисту (IPL) і рівнів цілісності безпеки (SIL) для контрольованих систем, описаних у стандартах серії ІЕС 61508 та ІЕС 61511, визначання вимог до рівнів цілісності безпеки (SIL) для контрольованих систем безпеки. LOPA можна застосовувати, щоб сприяти результативному розподіленню ресурсів зменшення ризику, аналізуючи зменшення ризику, забезпечуване кожним рівнем захисту.

### **В.18.3 Вхідні дані**

Вхідні дані LOPA:

- основоположна інформація стосовно ризиків, зокрема небезпечних чинників, причин і наслідків (наприклад, одержувана за PNA);
- інформація стосовно засобів контролювання, запроваджених чи пропонуєваних;
- частота причинних подій, імовірності відмови рівнів захисту, величина наслідків і визначений допустимий ризик;
- частота першопочаткових причин, імовірності відмови рівнів захисту, величина наслідків і визначення допустимого ризику.

### **В.18.4 Процес**

LOPA провадить група експертів, застосовуючи таку процедуру:

- визначає першопочаткові причини небажаного результату і пошук даних за частотою та наслідками впливів;
- вибирає окрему пару причина-наслідок;
- ідентифікує рівні захисту, які запобігають тому, щоб причина призводила до небажаного наслідку, і аналізує їхню результативність;
- ідентифікує незалежні рівні захисту (IPL) (не всі рівні захисту незалежні);
- кількісно оцінює ймовірність відмови кожного IPL;
- поєднує частоту першопочаткової причини з імовірностями відмови кожного IPL та ймовірностями будь-яких умовних модифікаторів (наприклад, чи буде присутня людина, на яку чинитиметься вплив), щоб визначити частоту виникнення небажаного наслідку. Частоту та ймовірності визначають з використанням порядків величини;
- порівнює обчислений рівень ризику з рівнями толерантності до ризику, щоб визначити потребу додаткового захисту.

IPL — система пристроїв або дія, які спроможні запобігати тому, щоб сценарій призводив до свого небажаного наслідку, незалежно від причинної події чи будь-якого іншого рівня захисту, пов'язаних з цим сценарієм.

IPL охоплюють:

- конструктивні особливості;
- пристрої фізичного захисту;
- системи блокування та вимикання;
- засоби сигналізування у критичних ситуаціях і ручне втручання;
- фізичний захист після настання події;
- системи аварійного реагування (процедури та інспекційні перевірки не є незалежними рівнями захисту).

#### **V.18.5 Вихідні дані**

Має бути вироблено рекомендації щодо будь-яких допоміжних засобів контролювання та щодо результативності цих засобів контролювання стосовно зменшення ризику.

LOPA — одна з методик, використовуваних для загального оцінювання SIL у разі розглядання систем, пов'язаних з безпекою, та контрольовано-вимірювальних систем.

#### **V.18.6 Переваги та обмеженості**

Переваги:

- потребує менше часу та ресурсів, ніж аналізування дерева відмов або цілком кількісне загальне оцінювання ризику, але більш строгий за якісні суб'єктивні судження;
- сприяє ідентифікуванню найкритичніших рівнів захисту та зосередженню ресурсів на них;
- дає змогу ідентифікувати операції, системи та процеси, засоби захищення яких є недостатніми;
- засереджує увагу на найважчих наслідках.

Обмеженості:

- LOPA зосереджує увагу одночасно на одній парі причина-наслідок і одному сценарію. Складні взаємодії між ризиками або між засобами контролювання не розглядають;
- кількісні ризики можуть не враховувати відмови загального характеру;
- LOPA не застосовний до дуже складних сценаріїв з багатьма парами причина-наслідок або з різноманітними наслідками, що впливають на різні зацікавлені сторони.

#### **V.18.7 Рекомендовані документи**

IEC 61508 (усі частини) Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems (Функційна безпечність електричних, електронних, програмованих електронних систем, пов'язаних з безпекою).

IEC 61511 Functional safety — Safety instrumented systems for the process industry sector (Функційна безпека. Контрольно-вимірювальні системи безпеки для обробної промисловості).

### **V.19 Аналізування дерева рішень**

#### **V.19.1 Загальний огляд**

Дерево рішень зображує альтернативні варіанти та результати рішень послідовно, даючи змогу враховувати невизначені результати. Воно подібне до дерева подій у тому, що воно починається з першопочаткової події чи початкового рішення і моделює різні шляхи та наслідки як результат подій, які можуть відбуватися, та різних рішень, що їх може бути прийнято.

#### **V.19.2 Застосування**

Дерево рішень застосовують у керуванні проектними ризиками та за інших обставин, щоб допомогти вибрати найкращий спосіб дій за наявності невизначеності. Графічне відображення може також сприяти обмінюванню інформацією щодо підстав прийняття рішень.

#### **V.19.3 Вхідні дані**

План проекту з точками прийняття рішень. Інформація про можливі результати рішень і про випадкові події, які можуть позначатися на рішеннях.

#### **V.19.4 Процес**

Дерево рішень починається з початкового рішення (наприклад, приступити до проекту А, а не до проекту В). Якщо розглядати два гіпотетичних проекти, то й події відбуватимуться різні і, відповідно, необхідно буде приймати різні прогнозовані рішення. Цей процес зображують у вигляді дерева, подібного до дерева подій. Може бути кількісно оцінено ймовірність подій, а також витрати щодо кінцевого результату чи корисність кінцевого результату, до якого веде цей шлях.

Логічно, що інформація стосовно найкращого шляху прийняття рішень має бути такою, яка дає змогу одержувати найочікуваніше значення як добуток усіх умовних імовірностей на цьому шляху та значення результату.

#### **В.19.5 Вихідні дані**

Вихідні дані такі:

- логічне аналізування ризику з відображенням різних варіантів, які може бути прийнято;
- обчислення очікуваного значення для кожного можливого шляху.

#### **В.19.6 Переваги та обмеженості**

Переваги:

- чітке графічне зображення подробиць проблеми, пов'язаної з прийняттям рішення;
- змога обчислювати найкращий варіант у певній ситуації.

Обмеженості:

- великорозмірні дерева рішень можуть бути надто складними, утруднюючи обмінювання інформацією;
- можлива тенденція надмірно спрощувати ситуацію з тим, щоб мати змогу зображати її у формі деревоподібної діаграми.

### **В.20 Загальне оцінювання надійності людини (HRA)**

#### **В.20.1 Загальний огляд**

Загальне оцінювання надійності людини (HRA) стосується розглядання впливу людей на дієвість системи і може бути використано для оцінювання впливу помилок людини на систему.

Для більшості процесів притаманна потенційна можливість помилки людини, особливо в разі, коли в оператора недостатньо часу для прийняття рішення. Імовірність того, що проблеми наростатимуть і ставатимуть значними, може бути мала. Однак іноді дія людини стає єдиною перепорою, що запобігає розвиненню початкової відмови до аварії.

Важливість HRA підтверджено різноманітними аваріями, за яких критичні помилки людини сприяли катастрофічній послідовності подій. Ці аварії є засторогами проти загальних оцінювань ризику, зосереджуваних винятково на технічних і програмних засобах системи. Вони показують небезпеки ігнорування можливості впливу помилки людини. Крім того, HRA є корисними для виявлення помилок, які можуть негативно позначатися на продуктивності, і винаходження способів, якими оператори та персонал з технічного обслуговування можуть усувати ці помилки та інші відмови (технічні та програмні).

#### **В.20.2 Застосування**

HRA може бути якісним або кількісним. Якісне HRA застосовують для ідентифікування потенційної можливості помилки людини та її причин з тим, щоб можна було зменшити ймовірність помилки. Кількісне HRA застосовують для надання даних про відмови з вини людини для FTA чи інших методів.

#### **В.20.3 Вхідні дані**

Вхідні дані HRA такі:

- інформація, за якою можна визначити завдання, що його має виконати персонал;
- накопичені дані щодо типів помилок, що трапляються на практиці, і щодо потенційної можливості помилок;
- фахова компетентність щодо помилок людини та їх кількісного подання.

#### **В.20.4 Процес**

Процес HRA (див. рисунок В.7) такий:

- **Визначення проблеми** — які типи залучення людини потрібно дослідити/загально оцінити?
- **Аналізування робочих завдань** — як робочі завдання виконуватимуть і які допоміжні засоби буде потрібно, щоб підтримати ефективне виконання?
- **Аналізування помилок людини** — через що робоче завдання може бути не виконано: які помилки можуть бути та як їх може бути виправлено?
- **Зображення** — як ці помилки чи невдача у виконанні робочого завдання може бути поєднано з іншими подіями, пов'язаними з технічними та програмними засобами і середовищем, щоб уможливити обчислення ймовірностей відмови системи загалом?
- **Відсортування** — чи є помилки або робочі завдання, які не потрібно докладно кількісно подавати?

— **Кількісне подання** — якою є правдоподібність окремих помилок і невдач у виконанні робочих завдань?

— **Загальне оцінювання впливу** — які помилки та робочі завдання найважливіші, тобто які з них найбільше позначаються на надійності чи ризику?

— **Зменшування помилок** — як можна досягти більшої надійності людини?

— **Документування** — яку інформацію стосовно HRA потрібно документувати?

На практиці процес HRA здійснюють поетапно, хоча іноді деякі його етапи (наприклад, аналізування робочих завдань та ідентифікування помилок) виконують паралельно.

#### **В.20.5 Вихідні дані**

Вихідні дані такі:

— перелік помилок, які можуть виникати, і методи, якими їх може бути зменшено, — переважно перепроєктуванням системи;

— види помилок, причини та наслідки різних типів помилок;

— якісна чи кількісна загальна оцінка ризику, пов'язаного з помилками.

#### **В.20.6 Переваги та обмеженості**

Переваги:

— це формалізований спосіб урахування помилок людини під час розглядання ризиків, пов'язаних із системами, у яких люди часто відіграють важливу роль;

— формалізоване розглядання видів помилок людини та їхніх закономірностей уможливить зменшення ймовірності відмови внаслідок помилки.

Обмеженості:

— складність особистості та різноманітність людей, що утруднює визначання простих видів відмов і їхніх ймовірностей;

— багатьом видам людської діяльності не притаманний такий однозначний поділ як успіх/невдача. За HRA важко опрацьовувати часткові відмови або відмови, пов'язані з якістю чи неналежним прийняттям рішень.

### **В.21 Аналізування діаграми «краватка-метелик»**

#### **В.21.1 Загальний огляд**

Аналізування діаграми «краватка-метелик» — простий спосіб схематичного описування й аналізування шляхів ризику від причин до наслідків. Його можна розглядати як поєднання дерева відмов, що уможливлює аналізування причини події (зображеної вузлом «краватка-метелик»), і дерева подій, що уможливлює аналізування наслідків. Однак це аналізування зосереджене на бар'єрах між причинами та ризиком, а також між ризиком і наслідками. Діаграми «краватка-метелик» можна будувати, починаючи з дерева відмов і дерева подій, але частіше їх креслять безпосередньо після проведення мозкової атаки.

#### **В.21.2 Застосування**

Аналізування діаграми «краватка-метелик» застосовують, щоб відобразити ризик із зазначенням низки можливих причин і наслідків. Його застосовують тоді, коли ситуація не настільки складна, щоб вимагати повного аналізування дерева відмов, або коли акцент роблять головним чином на забезпеченні впевненості у наявності бар'єру чи засобу контролювання для кожного шляху відмови. Це аналізування корисне, коли є чіткі та незалежні шляхи, що ведуть до відмови.

Діаграма «краватка-метелик» часто легша для розуміння, ніж дерево відмов або дерево подій, і, тому, може бути корисним засобом обмінювання інформацією, коли аналізування провадять із застосуванням складніших методів.

#### **В.21.3 Вхідні дані**

Добре розуміння причин і наслідків ризику, а також бар'єрів і засобів контролювання, які можуть запобігати ризику, зменшувати чи посилювати його.

#### **В.21.4 Процес**

Процедура аналізування діаграми «краватка-метелик» (див. рисунок В.8) така:

а) ідентифікують конкретний ризик для аналізування і зображають його як центральний вузол «краватки-метелика»;

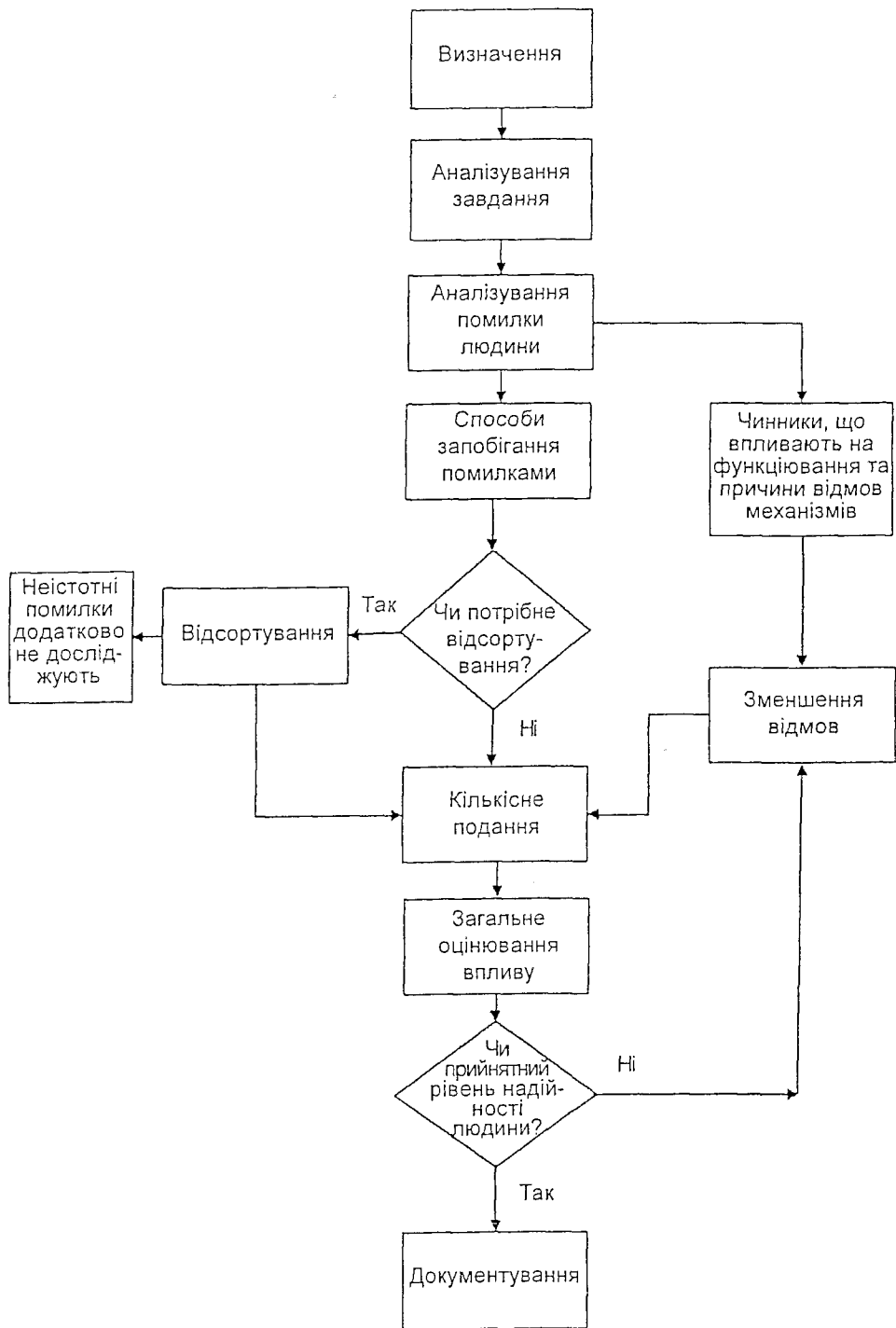


Рисунок В.7 — Приклад загального оцінювання надійності людини



b) перелічують причини події залежно від джерел ризику (або небезпечних чинників у контексті безпеки);

c) ідентифікують спосіб, у який джерело ризику призводить до критичної події;

d) між кожною причиною та подією проводять лінії, утворюючи лівобічну частину «краватки-метелика». Можна ідентифікувати та додати до діаграми чинники, які можуть призводити до погіршення ситуації;

e) бар'єри, які треба розглянути на перешкоді кожній причині, що призводить до небажаних наслідків, може бути показано як вертикальні смуги, що перетинають лінію. Якщо є чинники, які можуть спричинити погіршення ситуації, можна також зобразити бар'єри погіршенню. Цей підхід можна застосовувати у разі позитивних наслідків, щодо яких вертикальні смуги відбивають «засоби контролювання», які стимулюють настання події;

f) у правобічній частині «краватки-метелика» ідентифікують різні потенційно можливі наслідки ризику і проводять лінії, що радіально розходяться від події ризику до кожного потенційно можливого наслідку;

g) бар'єри наслідку зображають як смуги, що перетинають радіальні лінії. Цей підхід можна застосовувати в разі позитивних наслідків, щодо яких вертикальні смуги відбивають «засоби контролювання», які стимулюють утворення наслідків;

h) функції керування, щоб підтримати результативність засобів контролювання (наприклад, навчання та інспекційний контроль), показують під «краваткою-метеликом», пов'язуючи їх з відповідним засобом контролювання.

Можливими є певні рівні кількісного подання для діаграми «краватка-метелик» у разі, коли шляхи є незалежними, імовірність конкретного наслідку чи результату є відомою, а результативність засобу контролювання може бути кількісно оцінено. Однак у багатьох ситуаціях шляхи та бар'єри не є незалежними, і засоби контролювання можуть бути процедурними, а їхня результативність, унаслідок цього, нечітко вираженою. Часто кількісне подання доцільніше здійснювати з використанням FTA і ETA.

#### В.21.5 Вихідні дані

Вихідні дані — проста діаграма, що показує основні шляхи ризику та запроваджені бар'єри для запобігання небажаним наслідкам або їх пом'якшення чи стимулювання бажаних наслідків або сприяння їм.

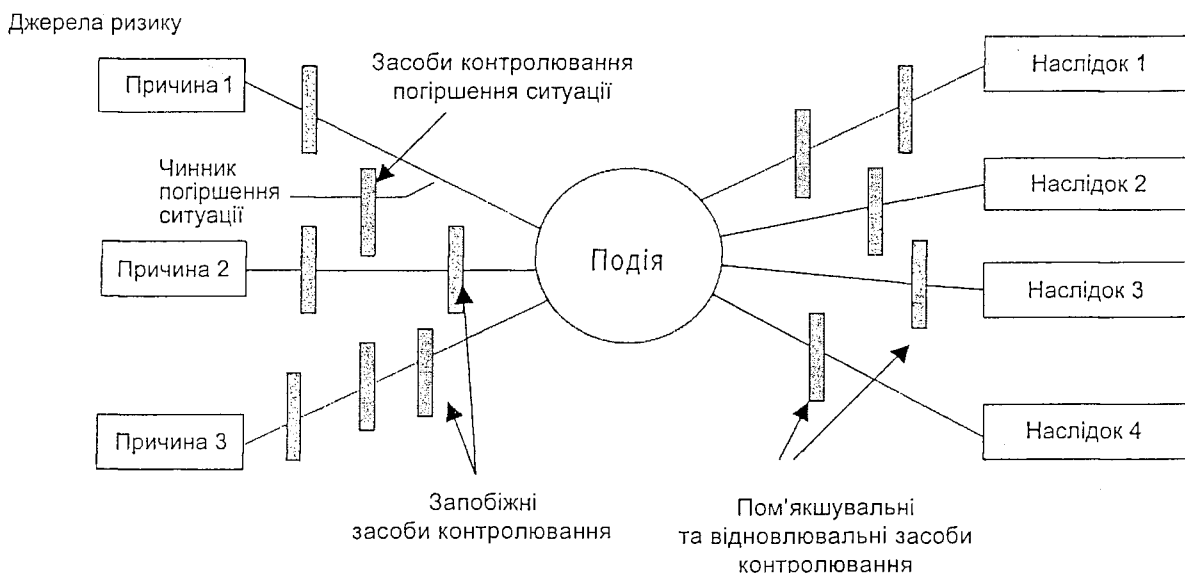


Рисунок В.8 — Приклад діаграми «краватка-метелик» щодо небажаних наслідків

### **В.21.6 Переваги та обмеженості**

Переваги аналізування діаграми «краватка-метелик»:

- є простим для розуміння, уможливорює чітке графічне зображення проблеми;
- зосереджує увагу на засобах контролювання, що їх, як уважають, запроваджено для запобігання та пом'якшування, а також на їхній результативності;
- можливість застосування стосовно бажаних наслідків;
- для застосування не потрібен високий рівень фахової компетентності.

Обмеженості:

- не дає змоги зобразити випадки одночасного впливу кількох причин на виникнення наслідків (тобто, коли в дереві відмов, що зображує лівобічну частину «краватки-метелика», застосовано логічні елементи «і»);
- може надмірно спрощувати складні ситуації, особливо в разі кількісного подання.

## **В.22 Технічне обслуговування, зорієнтоване на забезпечення безвідмовності**

### **В.22.1 Загальний огляд**

Технічне обслуговування, зорієнтоване на забезпечення безвідмовності (RCM) — метод визначення політики щодо керування відмовами, яку має бути запроваджено так, щоб ефективно та результативно досягати необхідного рівня безпеки, готовності та економічності функціонування всіх типів устаткування.

RCM — опробована на практиці, загальноновизнана методологія, застосовувана в широкому спектрі галузей промисловості.

RCM є процесом прийняття рішень, що дає змогу ідентифікувати придатні та результативні вимоги щодо профілактичного технічного обслуговування устаткування залежно від наслідків щодо безпеки, функційних та економічних наслідків ідентифікованих відмов і від способу погіршування, через який ці відмови виникають. Кінцевим результатом цього процесу є рішення стосовно необхідності виконання певного завдання на технічне обслуговування чи іншої дії, наприклад, внесення функційних змін. Докладну інформацію щодо застосування та використання RCM наведено в ІЕС 60300-3-11.

### **В.22.2 Застосування**

Основою всіх завдань є безпека персоналу та середовища, а також функційні чи економічні проблеми. Однак, розглядані критерії залежатимуть від виду продукції та її застосування. Наприклад, процес виробництва має бути економічно життєздатним і на нього можуть поширюватися жорсткі екологічні норми, тоді як одиниця захисного устаткування має успішно функціонувати, але до неї можуть застосовуватися менш жорсткі критерії стосовно безпеки, економічності та екологічності. Найбільшої користі можна досягати, спрямовуючи аналізування на ту сферу, у якій відмови могли б суттєво позначитися на безпеці, довкіллі, економічності чи функціонуванні.

RCM використовують, щоб забезпечити впевненість у виконанні належного результативного технічного обслуговування, його зазвичай застосовують на стадії проектування та розроблення і потім запроваджують на стадії функціонування та технічного обслуговування.

### **В.22.3 Вхідні дані**

Успішне застосування RCM потребує належної обізнаності з устаткуванням і структурою, умовами експлуатування та відповідними системами, підсистемами й одиницями устаткування, а також з можливими відмовами та наслідками цих відмов.

### **В.22.4 Процес**

Основні етапи програми RCM такі:

- ініціювання та планування;
- функційне аналізування відмов;
- вибирання завдань;
- запровадження;
- постійне поліпшування.

RCM базовано на ризиках, оскільки цей метод передбачає дотримання основних етапів, характерних для загального оцінювання ризику. Тип загального оцінювання ризику нагадує аналізування виду, наслідків і критичності відмов (FMCA), але, якщо його використовують у цьому контексті, він вимагає спеціального підходу до аналізування.

Ідентифікування ризику зосереджено на ситуаціях, у яких може бути усунено потенційно можливі відмови чи зменшено їхню частоту та/чи наслідки внаслідок виконання завдань технічного обслуговування. Ідентифікування провадять стосовно необхідних функцій і стандартизованих експлуатаційних характеристик, а також відмов устаткування та складників, що можуть порушувати ці функції.

Аналізування ризику полягає у кількісному оцінюванні частоти кожної відмови без проведення технічного обслуговування. Наслідки встановлюють визначенням впливів відмови. Матриця ризику, яка поєднує частоту відмови та наслідки, дає змогу встановлювати категорії рівнів ризику.

Після цього оцінюють ризик, вибираючи відповідну політику керування відмовами щодо кожного виду відмови.

Увесь процес RCM докладно задокументовують для подальшого користування та критичного аналізування. Добірка даних, пов'язаних з відмовою та технічним обслуговуванням, дає змогу здійснювати моніторинг результатів і запроваджувати поліпшення.

#### **В.22.5 Вихідні дані**

RCM забезпечує визначання завдань технічного обслуговування (наприклад, моніторинг стану устаткування, планове відновлення, планове замінення, виявлення відмов або непрофілактичне технічне обслуговування). Іншими можливими діями, що впливають з аналізування, можуть бути перепроектування, внесення змін до методик експлуатування чи технічного обслуговування або додаткове навчання. Потім визначають періодичність виконання завдань, а також необхідні ресурси.

#### **В.22.6 Рекомендовані документи**

ІЕС 60300-3-11 Dependability management — Part 3-11: Application guide — Reliability centred maintenance (Керування надійністю. Частина 3-11. Настанова щодо застосування. Технічне обслуговування, зорієнтоване на забезпечення безвідмовності).

### **В.23 Аналізування паразитних впливів (SA) і аналізування паразитних схем (SCA)**

#### **В.23.1 Загальний огляд**

Аналізування паразитних впливів (SA) — метод ідентифікування помилок проектування. Паразитний стан — прихований стан технічного, програмного засобу чи їх поєднання, який може спричинити небажану подію або стримувати виникнення бажаної події і який не зумовлено відмовою складника. Ці стани характеризуються своїм випадковим характером і їх можна не виявити навіть за проведення найсуворіших стандартизованих випробувань системи. Паразитні стани можуть спричинювати неправильне функціонування, утрату готовності системи, програмне затримання чи навіть смерть або травмування персоналу.

#### **В.23.2 Застосування**

Аналізування паразитних схем (SCA) було розроблено наприкінці 1960-х років для NASA, щоб можна було забезпечити перевіряння цілісності та функційності проектів NASA. Воно було корисним інструментом для виявлення ненавмисних контурів електричних кіл, а також сприяло виробленню рішень щодо відокремлення кожної функції. Однак, з розвитком технології розвивалися також інструменти аналізування паразитних схем. Аналізування паразитних впливів охоплює та значно перевищує сферу аналізування паразитних схем. Воно дає змогу виявляти проблеми як у технічних, так і в програмних засобах, використовуючи будь-яку технологію. Інструменти аналізування паразитних ефектів уможливають об'єднання кількох типів аналізування (наприклад, аналізування дерева відмов, аналізування виду та наслідків відмов (FMEA), оцінення надійності тощо) в одне аналізування, даючи змогу зберегти час і витрати, пов'язані з проектом.

#### **В.23.3 Вхідні дані**

Аналізування паразитних впливів відрізняється від процесу проектування тим, що у ньому застосовують різні інструменти (деревоподібні схеми, схеми типу «ліс», навідну інформацію чи запитання, щоб допомогти аналітику ідентифікувати паразитні стани) для виявлення конкретного типу проблеми. Деревоподібні схеми та схеми типу «ліс» є топологічними угрупованнями фактичної системи. Кожна деревоподібна схема є підфункцією й показує всі вхідні дані, які можуть позначатися на вихідних даних підфункції. Схеми типу «ліс» будують, об'єднуючи деревоподібні схеми, що беруть участь у формуванні вихідних даних конкретної системи. Належно побудована схема типу «ліс» показує вхідні дані системи з урахуванням усіх пов'язаних з нею вхідних даних. Разом з іншими вхідними даними вони стають вхідними даними аналізування.

#### **В.23.4 Процес**

Основні етапи аналізування паразитних впливів такі:

- підготування даних;
- побудова деревоподібної схеми;
- оцінювання контурів схеми;
- вироблення остаточних рекомендацій і складання звіту.

#### **В.23.5 Вихідні дані**

Паразитна схема — неочікуваний контур або логічний потік у системі, які за певних умов можуть ініціювати небажану функцію чи подавляти бажану функцію. Контур може охоплювати технічні засоби, програмні засоби, дії оператора чи комбінації цих елементів. Паразитні схеми не є результатом відмови технічних засобів. Йдеться про приховані стани, ненавмисно запроєктовані в системі, закодовані в комп'ютерній програмі чи зумовлені помилкою людини. Є чотири категорії паразитних схем:

- a) паразитні канали: неочікувані канали, якими струм, енергія чи логічна послідовність проходять у непередбаченому напрямку;
- b) паразитна синхронізація: події, що відбуваються в неочікуваній або несумісній послідовності;
- c) паразитні індикації: двозначні чи хибні відображення режиму функціонування системи, які можуть спричинити небажану дію системи чи оператора;
- d) паразитні мітки: неправильне чи неточне позначення функцій системи (наприклад, виводів, органів керування, шин дисплея), які можуть бути причиною введення оператором неправильних настановчих команд до системи.

#### **В.23.6 Переваги та обмеження**

Переваги:

- хороший засіб ідентифікування помилок проектування;
- найкращі результати забезпечує його застосування спільно з методом HAZOP;
- чудовий засіб розглядання систем, які мають кілька станів, наприклад, об'єкти з безперервним або напівбезперервним характером виробництва.

Обмеження можуть бути такі:

- процес дещо різниться залежно від того, чи застосовують його до електричних кіл, технологічного устаткування, механічного устаткування або програмних засобів;
- метод залежить від правильності побудови деревоподібних мереж.

### **В.24 Марковське аналізування**

#### **В.24.1 Загальний огляд**

Марковське аналізування застосовують у разі, коли майбутній стан системи залежить тільки від її поточного стану. Його зазвичай застосовують до ремонтпридатних систем, які можуть перебувати в кількох станах, тобто коли аналізування надійності за блок-схемою непридатне для адекватного аналізування системи. Цей метод можна поширювати на складніші системи, застосовуючи ланцюги Маркова вищих порядків, а обмежують його лише моделі, математичне обчислення та припущення.

Марковське аналізування — кількісний метод, який може бути дискретним (з використанням імовірностей переходу з одного стану до іншого) або безперервним (з використанням швидкості переходу з одного стану до іншого).

Хоча марковське аналізування можна виконувати вручну, характер методів уможливорює використання комп'ютерних програм, більшість з яких наявні на ринку.

#### **В.24.2 Застосування**

Метод марковського аналізування можна застосовувати до систем з різноманітними структурами, що передбачають або не передбачають ремонтування, зокрема:

- незалежних складників, сполучених паралельно;
- незалежних складників, сполучених послідовно;
- систем з розподіленням навантаги;
- резервних систем, охоплюючи випадки, коли може виникати відмова функції перемикавання;
- систем, що зазнали погіршення.

Метод марковського аналізування можна також застосовувати для обчислювання готовності, зокрема з урахуванням наявності запасних частин для ремонтування.

**В.24.3 Вхідні дані**

Основні вхідні дані марковського аналізування такі:

— перелік різноманітних станів, у яких може перебувати система, підсистема чи складник (наприклад, стан повної працездатності, стан часткової працездатності (тобто погіршений стан), стан відмови тощо);

— чітке розуміння можливих переходів, які необхідно змоделювати. Наприклад, погіршення стану автомобільної шини потребує врахування стану запасного колеса і, відповідно, періодичності перевіряння;

— швидкість переходу з одного стану до іншого, зазвичай подано або ймовірністю зміни станів для дискретних подій, або інтенсивністю відмов ( $\lambda$ ) і/або частотою ремонтування ( $\mu$ ) для безперервних подій.

**В.24.4 Процес**

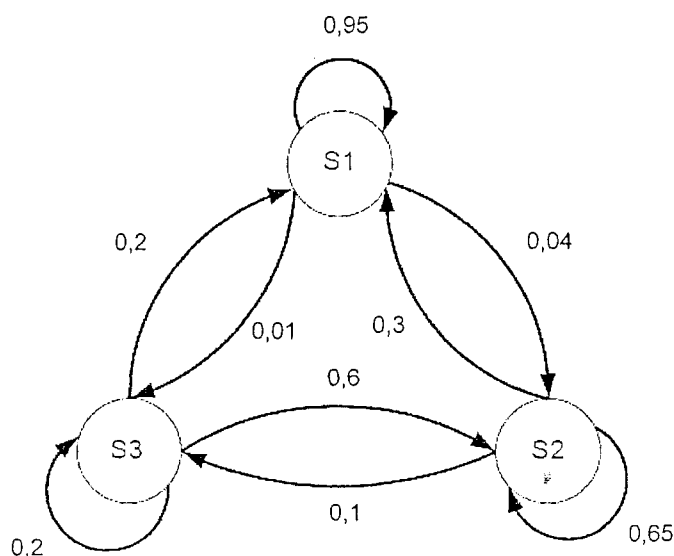
Основа методу марковського аналізування — концепція «станів» (наприклад, «готовність» і «відмова») і/та переходу між цими двома станами у часі за припущення постійної ймовірності змінювання стану. Використання стохастичної матриці ймовірності переходу дає змогу описувати перехід між всіма станами, уможливаючи обчислювання різних результатів.

Щоб показати застосування методу марковського аналізування, можна розглянути складну систему, яка може перебувати тільки у трьох станах: працездатному, погіршеному та в стані відмови, означених як стани S1, S2, S3 відповідно. Кожного дня система перебуває в одному з цих трьох станів. У таблиці В.2 наведено ймовірність того, що наступного дня система перебуватиме в стані Si, де i може бути 1, 2 чи 3.

Таблиця В.2 — Матриця Маркова

		Сьогоднішній стан		
		S1	S2	S3
Завтрашній стан	S1	0,95	0,3	0,2
	S2	0,04	0,65	0,6
	S3	0,01	0,05	0,2

Цей масив ймовірностей називають матрицею Маркова чи матрицею переходу. Сума в кожному стовпці дорівнює 1, оскільки йдеться про суму всіх можливих результатів у кожному випадку. Систему можна також зобразити діаграмою Маркова, у якій кружечками є стани, а стрілками — переходи з відповідною ймовірністю (див. рисунок В.9).



ІЕС 2070/09

Рисунок В.9 — Приклад діаграми Маркова для стану системи

Стрілки, замкнені на одному стані, зазвичай не показують, але у цих прикладах їх наведено для повноти зображення.

Нехай  $P_i$  — імовірність перебування системи в стані  $i$  для  $i = 1, 2, 3$ , тоді система лінійних рівнянь, яку треба розв'язати, має такий вигляд:

$$P_1 = 0,95P_1 + 0,30P_2 + 0,20P_3, \tag{B.1}$$

$$P_2 = 0,04P_1 + 0,65P_2 + 0,60P_3, \tag{B.2}$$

$$P_3 = 0,01P_1 + 0,05P_2 + 0,20P_3. \tag{B.3}$$

Ці три рівняння не є незалежними і не уможливллюватимуть обчислення трьох невідомих. Треба використати наведене нижче рівняння, а одне з наведених вище — вилучити.

$$1 = P_1 + P_2 + P_3. \tag{B.4}$$

Одержані значення становлять 0,85, 0,13 і 0,02 для станів 1, 2, 3 відповідно. Система повністю функціює 85 % часу, перебуває в погіршеному стані протягом 13 % часу і у стані відмови — протягом 2 % часу.

Розглянемо два елементи, які функціують паралельно, за умови, що будь-який з них має бути працездатним, щоб функціувала система. Елементи можуть перебувати або в стані працездатності, або в стані відмови, а готовність системи залежить від стану елементів.

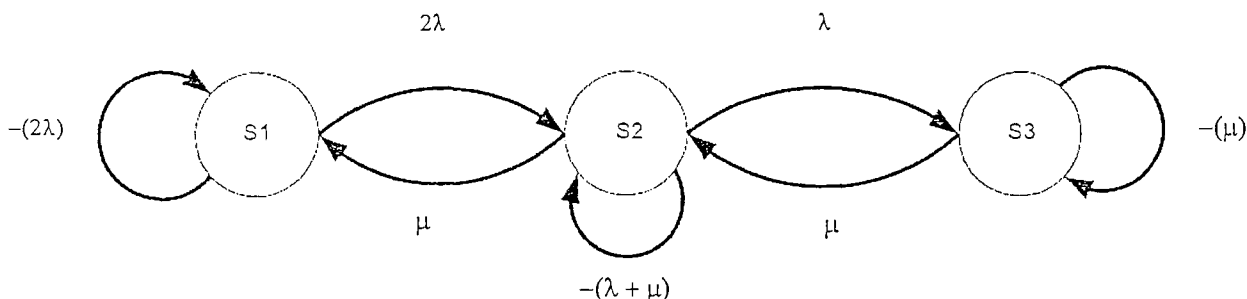
Стани можуть бути такі:

Стан 1 — обидва елементи функціують правильно;

Стан 2 — один елемент вийшов з ладу та його ремонтують, другий елемент функціює;

Стан 3 — обидва елементи вийшли з ладу, один з них ремонтують.

Якщо припустити, що неперервна інтенсивність відмов кожного елемента дорівнює  $\lambda$ , а частота ремонтування дорівнює  $\mu$ , то діаграма переходу між станами така:



ІЕС 2071/09

Рисунок В.10 — Приклад діаграми переходу між станами

Неперервна інтенсивність відмов за умови переходу зі стану 1 до стану 2 становить  $2\lambda$ , оскільки відмова будь-якого з двох елементів змусить систему перейти до стану 2.

Нехай  $P_i(t)$  — імовірність перебування у початковому стані та в момент часу  $t$  і  $P_i(t + \delta t)$  — імовірність перебування в кінцевому стані у момент часу  $t + \delta t$ .

Тоді матриця ймовірностей переходу така:

Таблиця В.3 — Кінцева матриця Маркова

		Початковий стан		
		$P_1(t)$	$P_2(t)$	$P_3(t)$
Кінцевий стан	$P_1(t + \delta t)$	$-2\lambda$	$\mu$	$0$
	$P_2(t + \delta t)$	$2\lambda$	$-(\lambda + \mu)$	$\mu$
	$P_3(t + \delta t)$	$0$	$\lambda$	$-\mu$

Нульові значення виникають через неможливість переходу зі стану 1 до стану 3 або зі стану 3 до стану 1. Крім того, якщо визначають інтенсивність, то сума у стовпцях дорівнює нулю.

Система рівнянь набуває такого вигляду:

$$dP_1/dt = -2\lambda P_1(t) + \mu P_2(t), \quad (B.5)$$

$$dP_2/dt = 2\lambda P_1(t) + (-(\lambda + \mu)) P_2(t) + P_3(t), \quad (B.6)$$

$$dP_3/dt = \lambda P_1(t) + (-\mu) P_2(t). \quad (B.7)$$

Щоб спростити обчислення, припускають, що необхідна готовність — це готовність у стабільному стані.

Якщо  $\delta t$  прямує до нескінченності, тоді  $dP/dt$  прямує до нуля і рівняння стають легшими для розв'язання. Також треба використовувати додаткове рівняння (В.4).

Тепер рівняння  $A(t) = P_1(t) + P_2(t)$  можна записати так:

$$A = P_1 + P_2.$$

Відповідно  $A = (\mu^2 + 2\lambda\mu)/(\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2)$ .

#### **В.24.5 Вихідні дані**

Вихідні дані марковського аналізування — різні ймовірності перебування в різних станах, і, таким чином, кількісна оцінка ймовірностей відмови та/чи готовності одного з основних складників системи.

#### **В.24.6 Переваги та обмеження**

Переваги марковського аналізування:

— можливість обчислювати ймовірності стосовно ремонтпридатних систем з кількома погіршеними станами.

Обмеження марковського аналізування:

— припущення щодо постійних імовірностей змінення стану, а також припущення щодо відмови чи ремонтування;

— усі події статистично незалежні, оскільки майбутні стани незалежні від усіх минулих станів, за винятком стану, який передус безпосередньо;

— потребує знання всіх імовірностей змінення стану;

— потребує знання операцій над матрицями;

— утруднене обмінювання інформацією про результати з нетехнічним персоналом.

#### **В.24.7 Порівняння**

Марковське аналізування нагадує аналізування мереж Петрі, оскільки уможливорює моніторинг і спостереження за станами системи, за тієї відмінності, що мережі Петрі можуть водночас перебувати в кількох станах.

#### **В.24.8 Рекомендовані документи**

IEC 61078 Analysis techniques for dependability — Reliability block diagram and boolean methods (Методи аналізування надійності. Блок-схема надійності та булеві методи).

IEC 61165 Application of Markov techniques (Застосування методів Маркова).

ISO/IEC 15909 (усі частини) Software and systems engineering — High-level Petri nets (Програмотехніка та системотехніка. Мережі Петрі високого рівня).

## В.25 Імітаційне моделювання методом Монте-Карло

### В.25.1 Загальний огляд

Багато систем є надто складними, щоб можна було аналітичними методами змодельювати впливи невизначеності на них. Однак їх можна оцінювати, розглядаючи вхідні дані як випадкові змінні та виконуючи певну кількість  $N$  обчислень (так званих імітаційних моделювань) формуванням вибірок вхідних даних для одержання  $N$  можливих наслідків бажаного результату.

Цей метод можна застосовувати до складних ситуацій, які може бути важко зрозуміти, застосовуючи аналітичні методи, та щодо яких важко застосовувати аналітичні методи. Системи можна розробляти, використовуючи електронні таблиці та інші традиційні засоби, але вже є новітніші засоби, які задовольняють більш складні вимоги і багато з яких сьогодні відносно недорогі. Коли метод було вперше розроблено, кількість ітерацій, необхідних для імітаційних моделювань методом Монте-Карло, робило процес уповільненим та клопітким, але досягнення у сфері обчислювальної техніки і теоретичні розробки (наприклад, формування вибірок методом «латинського гіперкуба») значно скоротили тривалість опрацювання в багатьох застосуваннях.

### В.25.2 Застосування

Імітаційне моделювання методом Монте-Карло — засіб оцінювання впливу невизначеності на системи в широкому спектрі ситуацій. Зазвичай його застосовують, щоб оцінити діапазон можливих результатів і відносну частоту значень у цьому діапазоні для кількісних показників системи (наприклад, вартості, тривалості, продуктивності, попиту та інших подібних показників). Імітаційне моделювання методом Монте-Карло можна застосовувати з двома різними цілями:

- поширення невизначеності на звичні аналітичні моделі;
- проведення ймовірнісних обчислень у разі незастосовності аналітичних методів.

### В.25.3 Вхідні дані

Вхідні дані імітаційного моделювання методом Монте-Карло — детально пророблена модель системи та інформація про типи вхідних даних, джерела невизначеності, які має бути відображено, та про необхідні вихідні дані. Вхідні дані, пов'язані з невизначеністю, зображають як випадкові змінні з більшим або меншим розкидом їхніх розподілів відповідно до рівня невизначеностей. Задля цього часто використовують рівномірний, трикутний, нормальний і логарифмічно нормальний розподіли.

### В.25.4 Процес

Процес такий:

- a) визначають модель або алгоритм, які якомога точніше відображають поведінку досліджуваної системи;
- b) модель тестують кілька разів, використовуючи випадкові числа, щоб отримати вихідні дані моделі (імітування системи). Коли застосування полягає в моделюванні впливів невизначеності, то модель подають у формі рівняння, яке відображає взаємозв'язок між вхідними параметрами та вихідними даними. Значення, які вибирають для вхідних даних, базуються на відповідних розподілах імовірності, які відображають характер невизначеності для цих параметрів;
- c) в усіх випадках за допомогою комп'ютера модель застосовують багато разів (найчастіше до 10 000 разів) з різними вхідними даними та одержують численні вихідні дані. Використовуючи звичайні статистичні методи, ці результати може бути опрацьовано, щоб одержати таку інформацію, як, наприклад, середні значення, стандартний відхил, довірчі інтервали.

Нижче наведено приклад імітаційного моделювання.

Розглянемо випадок двох елементів, призначених функціонувати паралельно, але для функціонування системи обов'язковим є функціонування хоча б одного з них. Перший елемент має надійність 0,9, а другий — 0,8.

Можна побудувати таблицю для обчислень з показаними нижче стовпцями.

Таблиця В.4 — Приклад імітаційного моделювання методом Монте-Карло

Номер імітації	Елемент 1		Елемент 2		Система
	Випадкове число	Функціює?	Випадкове число	Функціює?	
1	0,577 243	ТАК	0,059 355	ТАК	1
2	0,746 909	ТАК	0,311 324	ТАК	1



Кінець таблиці В.4

Номер імітації	Елемент 1		Елемент 2		Система
	Випадкове число	Функціє?	Випадкове число	Функціє?	
3	0,541 728	ТАК	0,919 765	НІ	1
4	0,423 274	ТАК	0,643 514	ТАК	1
5	0,917 776	НІ	0,539 349	ТАК	1
6	0,994 043	НІ	0,972 506	НІ	0
7	0,082 574	ТАК	0,950 241	НІ	1
8	0,661 418	ТАК	0,919 868	НІ	1
9	0,213 376	ТАК	0,367 555	ТАК	1
10	0,565 657	ТАК	0,119 215	ТАК	1

За допомогою генератора випадкових чисел можна отримати число від 0 до 1, використовуване для порівнювання з ймовірністю кожного елемента, щоб визначити, чи функціє система. Маючи лише 10 обчислень, не треба очікувати, що результат 0,9 буде точним. Звичайний підхід передбачає долучення обчислювального пристрою, щоб відстежити, як загальний результат імітаційного моделювання досягає потрібного рівня точності. У цьому прикладі результат 0,979 9 було досягнуто після 20 000 ітерацій.

Наведено вище модель може бути розширено багатьма способами. Наприклад:

- розширенням самої моделі (наприклад, уважаючи, що другий елемент починає функціювати відразу після відмови першого елемента);
- перетворенням постійної ймовірності на змінну ймовірність (показовим прикладом є трикутний розподіл), коли ймовірність неможливо точно визначити;
- використанням інтенсивності відмов у поєднанні з генератором випадкових подій для одержання часу відмови (експоненційний розподіл, розподіл Вейбулла чи інший відповідний розподіл) і передбаченням часу відновлювання.

Цей метод застосовують також для загального оцінювання невизначеності фінансових прогнозів, ефективності інвестування, прогнозів щодо вартості та етапності виконання проекту, порушень у бізнес-процесі та потреб у найманні персоналу.

Аналітичні методи не дають змоги одержувати слушні результати, коли є невизначеність у вхідних даних і, через це, у вихідних даних.

#### **В.25.5 Вихідні дані**

Вихідними даними можуть бути окремі значення, як визначено в прикладі вище, результат зазначено як ймовірність чи розподіл частот, або визначення основних функцій моделі, що найбільше впливає на вихідні дані.

Імітаційне моделювання методом Монте-Карло застосовують для загального оцінювання сукупного розподілу результатів, що можуть виникати, або ключових показників, зумовлених розподілом, таких як:

- ймовірність виникнення визначеного результату;
- значення результату, щодо якого особи, яких стосується проблема, мають певний рівень упевненості в тому, що його не буде перевищено, витрати, можливість перевищення яких становить менше ніж 10 %, або тривалість, упевненість у перевищенні якої становить 80 %.

Аналізування зв'язків між вхідними та вихідними даними може сприяти виявленню відносно важливості задіяних чинників та ідентифікуванню цілей, на які корисно спрямовувати зусилля, щоб впливати на невизначеність результату.

#### **В.25.6 Переваги та обмеженості**

Переваги імітаційного моделювання методом Монте-Карло:

- метод можна застосовувати за будь-якого розподілу вхідної змінної, охоплюючи емпіричні розподіли, виведені зі спостережень за суміжними системами;

- моделі відносно прості для розроблення, їх можна розширювати за потреби;
- дає змогу зображати всі впливи чи зв'язки, що виникають у реальності, зокрема ефекти, які важко виявити, наприклад, умовні залежності;
- для ідентифікування сильних і слабких впливів можна застосовувати аналізування чутливості;
- моделі легкі для розуміння, оскільки зв'язок між вхідними та вихідними даними є прозорим;
- є ефективні поведінкові моделі, наприклад, мережі Петрі (майбутній ІЕС 62551), які виявляються дуже ефективними для цілей імітаційного моделювання методом Монте-Карло;
- забезпечує міру точності результату;
- програмне забезпечення доступне і відносно недороге.

Обмеженості:

- точність рішень залежить від кількості імітаційних моделювань, які може бути виконано (ця обмеженість стає менш ваговою в разі збільшення швидкодії комп'ютера);
- спирається на спроможність зображати невизначеності параметрів переконливим розподілом;
- великорозмірні та складні моделі можуть завдавати труднощів спеціалісту з моделювання та утруднювати участь у процесі зацікавлених сторін;
- метод може неадекватно розрізнити важливі наслідки та малоімовірні події і, тому, не давати змоги відобразити в аналізі готовність організації до ризику.

#### **В.25.7 Рекомендовані документи**

ІЕС 61649 Weibull analysis (Аналіз Вейбулла).

ІЕС 62551 Analysis techniques for dependability — Petri net techniques (Методи аналізування надійності. Методи моделювання мережами Петрі)<sup>1)</sup>.

ІСО/ІЕС Guide 98-3:2008 Uncertainty measurement — Part 3: Guide to the of uncertainty in measurement (GUM: 1995) (Невизначеність вимірювання. Частина 3. Настанова щодо подання невизначеності вимірювання).

### **В.26 Байєсівська статистика та мережі Байєса**

#### **В.26.1 Загальний огляд**

Статистику названо байєсівською на честь преподобного Томаса Байєса. Його припущення полягає в тому, що будь-яку вже відому інформацію (апостеріорну інформацію) може бути скомбіновано з наступним результатом вимірювання (апостеріорною інформацією), щоб установити цілковиту ймовірність. Загальний вираз теореми Байєса може бути такий:

$$P(A|B) = \{P(A)P(B|A)\} / \sum_i P(B|E_i)P(E_i),$$

де  $P(X)$  — імовірність події  $X$ ;

$P(X|Y)$  — імовірність події  $X$  за умови, що виникла подія  $Y$ ;

$E_i$  —  $i$ -а подія.

У своїй найпростішій формі зводиться до  $P(A|B) = \{P(A)P(B|A)\} / P(B)$ .

Байєсівська статистика відрізняється від класичної статистики тим, що вона припускає не те, що всі параметри розподілу постійні, а те, що параметри є випадковими змінними. Байєсівську ймовірність можна легше зрозуміти, якщо її розглядати як ступінь довіри особи до виникнення певної події — на відміну від класичного підходу, який базується на матеріальному свідченні подій. Оскільки підхід Байєса базується на суб'єктивному тлумаченні ймовірності, він забезпечує безпосередню основу для розглядання варіантів прийняття рішень і розроблення мереж Байєса (мереж довіри).

Метод мереж Байєса передбачає використання графічної моделі для зображення низки змінних і їхніх імовірнісних зв'язків. Мережа складається з вузлів, які представляють випадкову змінну, і стрілок, які зв'язують родинний вузол з дочірнім вузлом (родинний вузол є змінною, яка безпосередньо впливає на іншу (дочірню) змінну).

<sup>1)</sup> На розгляді.

### В.26.2 Застосування

Протягом останніх років теорія та мережі Байєса знайшли широке застосування частково завдяки їхній інтуїтивній привабливості, а також завдяки наявності відповідного обчислювального програмного забезпечення. Мережі Байєса застосовують у різноманітних сферах: медичній діагностиці, моделюванні зображень, генетиці, розпізнаванні мови, економіці, досліджуванні космосу та в сучасних потужних пошукових веб-системах. Вони можуть бути корисними в будь-якій сфері, у якій необхідно віднаходити невідомі змінні, використовуючи структурні зв'язки та дані. Мережі Байєса можна застосовувати для вивчення причинних зв'язків, щоб краще зрозуміти проблемну область і спрогнозувати наслідки втручання.

### В.26.3 Вхідні дані

Вхідні дані подібні вхідним даним для моделювання методом Монте-Карло. Приклади етапів, які необхідно виконати для побудови мережі Байєса, такі:

- визначити змінні системи;
- визначити причинні зв'язки між змінними;
- установити умовні та апіорні ймовірності;
- додати доказове свідчення до мережі;
- актуалізувати довірчі рівні;
- виділити апостеріорні довірчі рівні.

### В.26.4 Процес

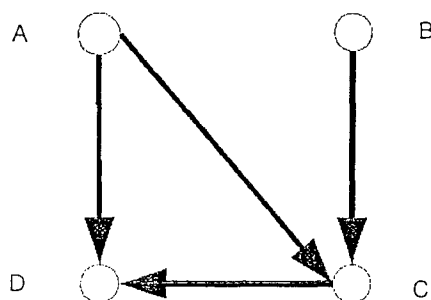
Теорію Байєса можна застосовувати різноманітними способами. У наведеному нижче прикладі розглянуто побудову таблиці Байєса з використанням медичного тесту для визначення наявності захворювання у пацієнта. Ймовірна довіра перед проведенням тесту полягає у тому, що 99 % популяції не мають цього захворювання, а 1 % — має (тобто це апіорна інформація). Точність тесту показала, що якщо пацієнт має захворювання, то результати тесту є позитивними у 98 % випадків. Є також ймовірність того, що якщо в пацієнта немає цього захворювання, результат тесту є позитивним у 10 % випадків. У таблиці Байєса подано таку інформацію:

Таблиця В.5 — Дані таблиці Байєса

	Апіорні дані	Ймовірність	Добуток	Апостеріорні дані
Має захворювання	0,01	0,98	0,009 8	0,090 1
Не має захворювання	0,99	0,10	0,099 0	0,909 9
Підсумок	1		0,108 8	1

Застосовуючи правило Байєса, добуток визначають множенням апіорних даних і ймовірності. Апостеріорні дані визначають діленням значення окремого добутку на суму добутків. Аналіз показує, що позитивний результат тесту вказує на те, що апіорне значення зросло з 1 % до 9 %. Ще важливіше те, що є велика можливість того, що навіть за позитивного результату тесту наявність захворювання малоімовірна. Аналізування виразу  $(0,01 \times 0,98) / ((0,01 \times 0,98) + (0,99 \times 0,1))$  показує, що твердження «немає позитивного результату щодо захворювання» має вагомим апостеріорним значенням.

Розглянемо мережу Байєса, зображену на рис. В.11.



ІЕС 2072/09

Рисунок В.11 — Приклад мережі Байєса

Для умовних апіорних імовірностей, визначених у наведених нижче таблицях В.6—В.10, використано позначення *Y* (позитивний) і *N* (негативний). Позитивний елемент може бути визначено як «має захворювання», що показано вище, або як Високий, а негативний (*N*) — як Низький.

Таблиця В.6 — Апіорні ймовірності для вузлів А та В

$P(A = Y)$	$P(A = N)$	$P(B = Y)$	$P(B = N)$
0,9	0,1	0,6	0,4

Таблиця В.7 — Умовні ймовірності для вузла С з визначеними вузлами А та В

A	B	$P(C = Y)$	$P(C = N)$
Y	Y	0,5	0,5
Y	N	0,9	0,1
N	Y	0,2	0,8
N	N	0,7	0,3

Таблиця В.8 — Умовні ймовірності для вузла D з визначеними вузлами А та С

A	C	$P(D = Y)$	$P(D = N)$
Y	Y	0,6	0,4
Y	N	1,0	0,0
N	Y	0,2	0,8
N	N	0,6	0,4

Щоб визначити апостеріорну ймовірність  $P(A|D = N, C = Y)$ , необхідно спочатку обчислити  $P(A, B|D = N, C = Y)$ .

Застосовуючи правило Байєса, визначають значення  $P(D|A, C)P(C|A, B)P(A)P(B)$ , як показано нижче; в останньому стовпці показано унормовані ймовірності, сума яких дорівнює 1, як отримано у попередньому прикладі (округлений результат).

Таблиця В.9 — Апостеріорна ймовірність для вузлів А та В з визначеними вузлами D та С

A	B	$P(D A, C)P(C A, B)P(A)P(B)$	$P(A, B D = N, C = Y)$
Y	Y	$0,4 \times 0,5 \times 0,9 \times 0,6 = 0,110$	0,4
Y	N	$0,4 \times 0,9 \times 0,9 \times 0,4 = 0,130$	0,48
N	Y	$0,8 \times 0,2 \times 0,1 \times 0,6 = 0,010$	0,04
N	N	$0,8 \times 0,7 \times 0,1 \times 0,4 = 0,022$	0,08

Щоб отримати  $P(A|D = N, C = Y)$ , потрібно підсумувати всі значення стовпця В:

Таблиця В.10 — Апостеріорна ймовірність для вузла А з визначеними вузлами D та С

$P(A = Y D = N, C = Y)$	$P(A = N D = N, C = Y)$
0,88	0,12

Результати показують, що апіорна ймовірність  $P(A = N)$  збільшилась з 0,1 до апостеріорної 0,12, тобто зміна є несуттєвою. З іншого боку, ймовірність  $P(B = N|D = N, C = Y)$  зросла з 0,4 до 0,56, що є суттєвішою зміною.

**В.26.5 Вихідні дані**

Підхід Байєса можна застосовувати так само, як і класичну статистику з отриманням широкого діапазону вихідних даних, наприклад, для аналізування даних з отриманням точкових оцінок і довірчих інтервалів. Широку популярність цього підходу пов'язано з застосуванням мереж Байєса для визначення апостеріорних розподілів. Графічні вихідні дані забезпечують просту для розуміння модель, а дані може бути легко змодифіковано, щоб розглядати кореляції та чутливості параметрів.

**В.26.6 Переваги та обмеженості**

Переваги:

- потрібно знати тільки апіорні дані;
- логічні виведення легкі для розуміння;
- необхідно застосовувати лише правило Байєса;
- цей метод є способом застосування суб'єктивних уявлень щодо розгляданої проблеми.

Обмеженості:

- утруднене визначення всіх взаємодій у мережах Байєса для складних систем;
- підхід Байєса потребує знання множини умовних імовірностей, що їх зазвичай визначають на підставі експертних висновків. За допомогою програмних засобів можна отримати тільки відповіді, базовані на цих припущеннях.

**В.27 Криві FN**

**В.27.1 Загальний огляд**

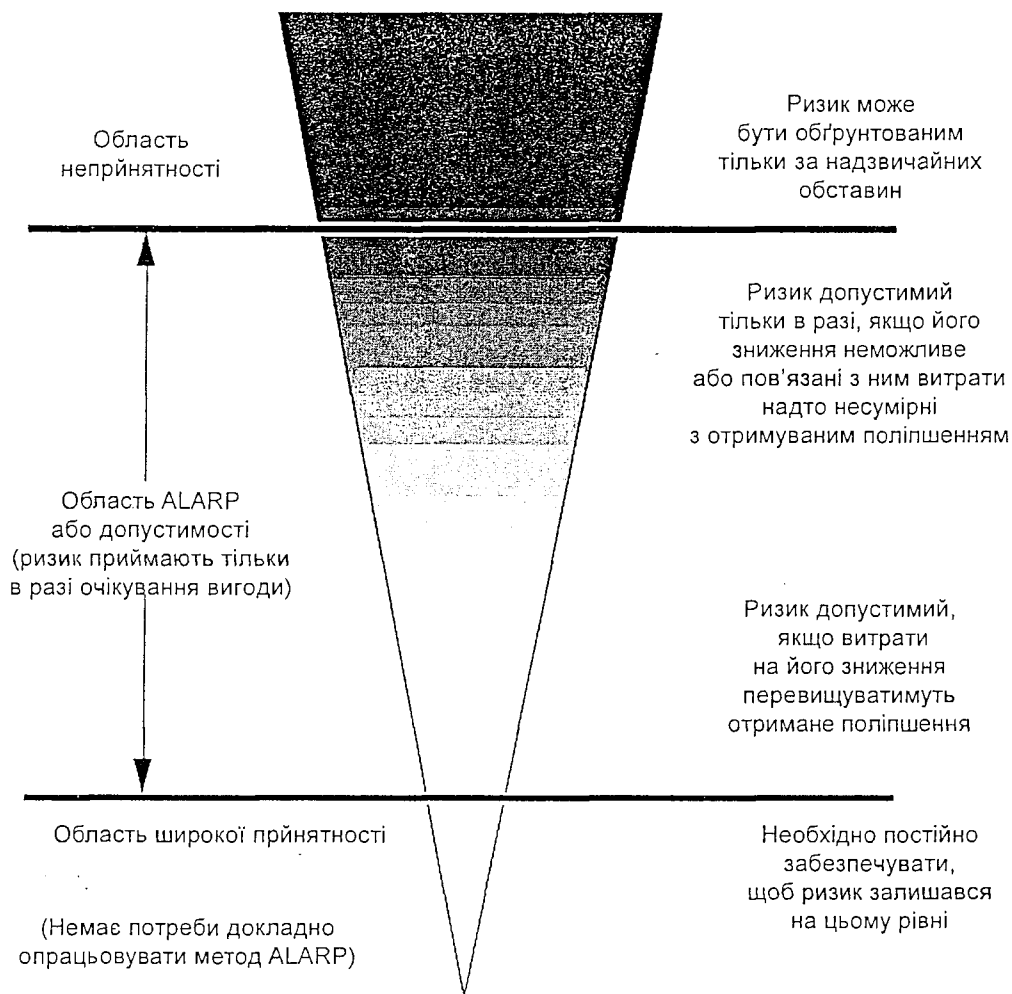


Рисунок В.12 — Поняття ALARP

Криві FN — графічне зображення ймовірності подій, що спричиняють конкретний рівень шкоди для конкретної популяції. Найчастіше вони стосуються частоти заданої кількості нещасних випадків, що виникають.

Криві FN показують накопичену частоту ( $F$ ), з якою  $N$  чи більше представників популяції зазнаватимуть впливу. Значний інтерес зумовлюють великі значення  $N$ , які можуть виникати з високою частотою  $F$ , оскільки вони можуть бути неприйнятними в суспільному та політичному відношенні.

#### **В.27.2 Застосування**

Криві FN — спосіб зображення результатів аналізування ризику. Багато подій мають високу ймовірність результатів з низькими наслідками й низьку ймовірність результатів з високими наслідками. Криві FN уможливають зображення рівня ризику у формі лінії, яка описує скоріше цей діапазон, ніж окрему точку, що зображує одну пару — ймовірність-наслідок.

Криві FN можна застосовувати для порівнювання ризиків, наприклад, для порівнювання прогнозованих ризиків з критеріями, поданими у формі кривої FN, або для порівнювання прогнозованих ризиків з даними, зумовленими минулими випадками, або з критеріями прийняття рішень (що їх також подають у формі кривої  $F/N$ ).

Криві FN можна застосовувати в проектуванні системи чи процесу, або в керуванні наявними системами.

#### **В.27.3 Вхідні дані**

Вхідними даними є будь-що з такого:

- сукупності пар ймовірність-наслідок за встановлений період часу;
- вихідні дані, отримані з кількісного аналізування ризику, що надає кількісно оцінені ймовірності для конкретних кількостей нещасних випадків;
- дані з уже наявних протоколів і кількісного аналізування ризику.

#### **В.27.4 Процес**

За наявними даними будують графік, абсцисами точок якого є кількість нещасних випадків (до конкретного рівня шкоди, наприклад смерті), а ординатами — ймовірності  $N$  нещасних випадків або більшої їх кількості. Через великий діапазон значень обидві осі, зазвичай, зображають у логарифмічному масштабі.

Криві FN можна будувати статистично, використовуючи «реальні» числові дані з минулих утрат, або їх можна обчислювати на основі оцінок імітаційної моделі. Використовувані дані та зроблені припущення можуть означати, що ці два типи кривої FN подають різну інформацію, отже, їх треба використовувати окремо та для різних цілей. Узагалі, теоретичні криві FN є найкориснішими для проектування системи, а статистичні криві FN — для керування конкретною наявною системою.

За обох підходів для побудови кривої може бути потрібним витратити багато часу, тому їх, зазвичай, не застосовують разом. Емпіричні дані, таким чином, утворюють фіксовані точки, що зображають точно відомі нещасні випадки внаслідок відомих аварій/випадків за конкретний період часу, а кількісне аналізування ризику дає змогу отримати інші точки за допомогою екстраполяції чи інтерполяції.

Якщо необхідно враховувати аварії з низькою частотою та високими наслідками, то може бути потрібним розглядати тривалі періоди часу з тим, щоб зібрати достатню кількість даних для належного аналізування. Це, своєю чергою, може ставити під сумнів наявні дані, якщо першопочаткові події змінювалися з плином часу.

#### **В.27.5 Вихідні дані**

Лінія, що зображує ризику в діапазоні значень наслідків, які можна порівнювати з критеріями, що відповідають досліджуваній популяції та конкретному рівню шкоди.

#### **В.27.6 Переваги та обмеженості**

Криві FN — це корисний спосіб подання інформації про ризик, яку можуть використовувати керівний персонал і розробники системи, щоб сприяти прийняттю рішень стосовно ризиків і рівнів безпеки. Вони дають змогу подавати інформацію як про частоту, так і про наслідки у зручному для сприйняття форматі.

Криві FN уможливають порівнювання ризиків, зумовлених подібними ситуаціями, за наявності достатніх даних. Їх не треба використовувати для порівнювання ризиків різних типів з різноманітними характеристиками у випадках, коли кількість і якість даних змінюються.

Обмеженість кривих FN полягає у тому, що вони не надають жодної інформації про діапазон ефектів або результатів випадків, крім відомостей про кількість осіб, підданих впливу; також неможливо ідентифікувати різні способи, у які може статися конкретний рівень шкоди. Вони відображають конкретний тип наслідку, зазвичай — шкоду людині. Криві FN — це не метод загального оцінювання ризику, а один із способів подання результатів загального оцінювання ризику.

Криві FN — визнаний метод подання результатів загального оцінювання ризику, але для його застосування необхідна відповідна підготовленість досвідчених аналітиків, і для неспеціалістів він часто буває важким щодо тлумачення та оцінювання.

## **В.28 Індeksi ризику**

### **В.28.1 Загальний огляд**

Індекс ризику — це напівкількісна міра ризику, яка є кількісною оцінкою, отриманою з використанням підходу бальних оцінок на основі порядкових шкал. Індeksi ризику можна застосовувати для впорядкування серії ризиків, використовуючи подібні критерії з тим, щоб ризики можна було порівнювати. Бальні оцінки застосовують до кожного складника ризику, наприклад, до характеристик (джерел) забруднювача, діапазону можливих способів ураження та впливу на реципієнтів.

Індeksi ризику — це якісний підхід до ранжування та порівнювання ризиків. Числові значення використовують просто для уможливлення оброблення. У багатьох випадках, коли застосовувана модель чи система недостатньо добре вивчена чи її неможливо зобразити, краще використовувати очевидніший якісний підхід.

### **В.28.2 Застосування**

Індeksi можна застосовувати для класифікування різних ризиків, пов'язаних з певною діяльністю, якщо систему добре вивчено. Вони дають змогу привести низку чинників, які впливають на рівень ризику, до єдиної числової бальної оцінки рівня ризику.

Індeksi застосовують до багатьох різних типів ризику, зазвичай як засіб розмежування для класифікування ризику відповідно до рівня ризику. Цю процедуру можна застосовувати для визначення того, для яких ризиків потрібно подальше докладне і, можливо, кількісне загальне оцінювання.

### **В.28.3 Вхідні дані**

Вхідні дані отримують з аналізування системи чи докладного описування оточення. Для цього потрібно належне розуміння всіх джерел ризику, його можливих напрямів дії й того, на що він може впливати. Такі методи, як аналізування дерева відмов, аналізування дерева подій і загальне аналізування рішень, можна застосовувати, щоб підтримати розроблення індексів ризику.

Оскільки вибір порядкових шкал є певною мірою довільним, то для підтвердження переконливості індексу потрібно мати достатньо даних.

### **В.28.4 Процес**

Перший етап — зрозуміти та описати систему. Після того, як систему визначено, розробляють бальні оцінки для кожного складника таким способом, щоб їх можна було комбінувати для отримання комплексного індексу. Наприклад, у контексті довкілля надають бальні оцінки джерелам, напрямам дії і реципієнтам, зазначаючи, що в деяких випадках може бути кілька напрямів дії та реципієнтів щодо кожного джерела. Окремі бальні оцінки комбінують відповідно до схеми, яка враховує фізичну сутність системи. Важливо, щоб бальні оцінки для кожної частини системи (джерел, напрямів дії та реципієнтів) було внутрішньо узгоджено та впорядковано їхні правильні взаємозв'язки. Бальні оцінки можна надати складникам ризику (наприклад, імовірності, піддаванню ризику, наслідку) або чинникам, що збільшують ризик.

Згідно з цією багаторівневою моделлю бальні оцінки можна додавати, віднімати, множити та/чи ділити. Можна враховувати сукупні дії додавання бальних оцінок (наприклад, додавання бальних оцінок для різних напрямів дії). До порядкових шкал абсолютно незастосовні математичні формули. Тому після того, як буде розроблено систему бальних оцінок, модель необхідно підтвердити застосуванням її до відомої системи. Розроблення індексу базується на ітеративному підході, отже, може бути потрібним випробування кількох різних систем, щоб скомбінувати бальні оцінки, перш ніж аналітик уважатиме модель за переконливою.

Невизначеність може бути враховано аналізуванням чутливості та змінюванням бальних оцінок для того, щоб виявити, які параметри найчутливіші.

### **В.28.5 Вихідні дані**

Вихідні дані — низка чисел (комплексних індексів), які стосуються конкретного джерела та які можна порівняти з індексами, розробленими для інших джерел у межах тієї самої системи, або які можна змодельовувати таким самим способом.

### **В.28.6 Переваги та обмеженості**

Переваги:

- індекси можуть бути придатним засобом ранжування різних ризиків;
- вони дають змогу об'єднувати кілька чинників, що впливають на рівень ризику, в єдину бальну оцінку рівня ризику.

Обмеженості:

- якщо процес (модель) та їхні вихідні дані належно не підтверджено, результати можуть не мати сенсу. Той факт, що вихідні дані є числовим значенням ризику, може бути неправильно витлумачено та використано, наприклад, під час подальшого аналізування витрат і вигод;

- у багатьох ситуаціях, коли застосовують індекси, немає базової моделі, яка дає змогу визначити, чи є окремі шкали чинників ризику лінійними, логарифмічними чи іншими, а також моделі для визначення того, як чинники треба поєднувати. У цих випадках упорядкування у своїй суті ненадійне і підтвердження його фактичних даних набуває особливої важливості.

## **В.29 Матриця наслідків/ймовірностей**

### **В.29.1 Загальний огляд**

Матриця наслідків/ймовірностей — це засіб поєднання якісних або напівкількісних оцінок наслідків і ймовірностей для отримання рівня ризику чи ранжування ризику.

Формат матриці та застосовувані відповідні визначення залежать від оточення, у якому її використовують, отже, важливо використовувати таку структуру, яка відповідає обставинам.

### **В.29.2 Застосування**

Матрицю наслідків/ймовірностей застосовують для ранжування ризиків, джерел ризику та заходів з оброблення ризиків залежно від рівня ризику. Її зазвичай використовують як засіб вибирання, коли ідентифіковано багато ризиків, наприклад, для визначення того, які ризики потребують подальшого чи докладнішого аналізування, які ризики необхідно обробляти насамперед або які з них треба розглядати на вищому рівні керування. Її можна також застосовувати для вибирання тих ризиків, які на даний час не потребують подальшого розглядання. Цей вид матриці ризику також широко застосовують для визначення прийнятності чи неприйнятності ризику (див. 5.4) відповідно до його позиції у матриці.

Матрицю наслідків/ймовірностей можна також використовувати, щоб сприяти обмінюванню інформацією про загальне сприйняття якісних рівнів ризику в усій організації. Спосіб, у який устанавлюють рівні ризику, і призначені для цього правила прийняття рішень, потрібно узгоджувати стосовно готовності організації до ризику.

Форму матриці наслідків/ймовірностей використовують для аналізування критичності у межах FMECA чи для встановлення пріоритетів після застосування HAZOP. Її також можна використовувати в ситуаціях, коли наявних даних недостатньо для докладного аналізування чи коли ситуація не виправдовує витрат часу та зусиль на проведення більш кількісного аналізування.

### **В.29.3 Вхідні дані**

Вхідні дані процесу — спеціалізовані шкали для наслідку та ймовірності і матриця, яка їх об'єднує.

Потрібно, щоб шкала (чи шкали) наслідків охоплювала(-и) весь діапазон різних типів розглядаєних наслідків (наприклад: фінансові збитки, безпека, довкілля чи інші параметри, залежно від оточення) — від максимально правдоподібного наслідку до найнижчого розгляданого наслідку. Частковий приклад показано на рисунку В.13.

Шкала може мати будь-яку кількість рівнів. Найпоширеніші — шкали з 3, 4 чи 5 рівнями.

Шкала ймовірності також може мати будь-яку кількість рівнів. Визначення щодо ймовірності потрібно вибирати такі, щоб вони були якомога однозначнішими. Якщо для визначення різних ймовірностей використовують числові значення, то треба навести одиниці вимірювання. Потрібно, щоб шкала ймовірності охоплювала діапазон, що відповідає виконуваному дослідженню, а також щоб найнижча ймовірність була прийнятною для найвищого визначеного наслідку, в іншому випадку всю діяльність, пов'язану з найвищим наслідком, визначають як неприпустиму. Частковий приклад показано на рисунку В.14.

Матрицю будують, наводячи наслідок на одній осі, а ймовірність — на іншій. На рисунку В.15 показано частковий приклад матриці з 6-тирівневою шкалою наслідку і 5-тирівневою шкалою ймовірності.



Рівні ризику, наведені в клітинках, залежатимуть від визначень щодо шкал імовірностей/наслідків. Матрицю може бути побудовано з наданням переважної вагомості наслідкам (як показано) або ймовірності, або вона може бути симетричною залежно від випадку застосування. Рівні ризику може бути пов'язано з правилами прийняття рішень, наприклад, рівнем уваги з боку керівництва чи шкалою часу, за якою потрібно реагувати.

Ранг	Фінансовий вплив	Повернення інвестицій	Охорона праці та техніка безпеки	Навколишнє середовище та громадянські	Репутація	Законодавство та його дотримання
6	\$100 млн втрат чи прибутку	\$300 млн втрат чи прибутку	- Численні смертельні наслідки чи - Значні незворотні впливи на десятки людей	- Незворотна довготривала екологічна шкода - Обурення громадськості - можливість широкомасштабних колективних позовів	- Висвітлення у міжнародній пресі протягом декількох днів - Повна втрата підтримки акціонерів, відтік інвестицій	- Масштабний судовий процес чи судове переслідування зі стягненням \$50 млн + суттєві витрати - Позбавлення волі для генерального директора - Тривала заборона органів влади на провадження діяльності
5	\$10 млн - \$99 млн втрат чи прибутку	\$30 млн - \$299 млн втрат чи прибутку	- Поодинокі смертельні наслідки та/або - Важка неоправдана інвалідність однієї чи декількох осіб	- Тривалий вплив на навколишнє середовище - Стурбованість громадськості, що отримала широкий резонанс - необхідність вжиття суттєвих відновних заходів	- Висвітлення у національній пресі протягом декількох днів - Сталий вплив на репутацію акціонерів - Втрата підтримки акціонерів	- Масштабний судовий процес з \$10 млн витратами - Розслідування
4	\$1 млн - \$9 млн втрат чи прибутку	\$3 млн - \$29 млн втрат чи прибутку	- Численні травми чи непоправні			
3	\$100 тис. - \$900 тис. втрат чи прибутку					
2	\$10 тис. - \$90 тис. втрат чи прибутку					
1	\$1 тис.					

ІЕС 2074/09

Рисунок В.13 — Частковий приклад таблиці критеріїв наслідку

Ранг	Критерії
Пrawdоподібно	— виникне баланс імовірностей або — виникне впродовж тижнів чи місяців
Можливо	— може виникнути незабаром, але — виникне впродовж місяців
Малоймовірно	— може виникнути, але — виникне впродовж років
Рідко	— виникнення — винятково — тільки
Віддалено	— теоретично —

ІЕС 2075/09

Рисунок В.14 — Частковий приклад матриці ранжування ризиків

	E	IV	III	II	I	I	I
	D	IV	III	III	II	I	I
	C	V	IV	III	II	II	I
	B	V	IV	III	III	II	I
	A	V	V	IV	III	II	II
		1	2	3	4	5	6

ІЕС 2076/09

Рисунок В.15 — Частковий приклад матриці критеріїв імовірності

Шкали ранжування й матрицю можна формувати на основі кількісних шкал. Наприклад, у контексті надійності шкала ймовірностей може зображати індикативні інтенсивності відмов, а шкала наслідків — грошові витрати, зумовлені відмовою.

Застосування цього методу передбачає наявність осіб (переважно — команди) з відповідною компетентністю, а також усіх доречних даних, що будуть у пригоді для експертних суджень щодо наслідків і ймовірностей.

**В.29.4 Процес**

Для ранжування ризиків користувач спочатку знаходить ознаку наслідку, яка найбільше притаманна ситуації, потім визначає ймовірність, з якою ці наслідки виникатимуть. Після цього, залежно від матриці, фіксує рівень ризику.

Багато ризикових подій можуть мати певну низку наслідків з різними відповідними ймовірностями. Незначні проблеми зазвичай виникають частіше за катастрофи. Тому треба вибирати між ранжуванням найпоширенішого наслідку, найважливішого наслідку чи інших поєднань наслідків. У багатьох випадках доцільно зосереджувати увагу на найважливіших можливих наслідках, оскільки вони є найбільшою загрозою та завдають чимало проблем. У деяких випадках може бути доцільним ранжувати звичайні проблеми та малоімовірні катастрофи як окремі ризики. У цьому випадку важливо використовувати ймовірність, яка відповідає саме вибраному наслідку, а не ймовірність події в цілому.

Рівень ризику, визначений за матрицею, може бути пов'язано з правилом прийняття рішень, наприклад, стосовно потреби обробляти ризик.

**В.29.5 Вихідні дані**

Вихідні дані — ранг кожного ризику чи ранжований перелік ризиків з визначеними рівнями важливості.

**В.29.6 Переваги та обмеженості**

Переваги:

- відносно простий у застосуванні;
- дає змогу швидко ранжувати ризики за різними рівнями важливості.

Обмеженості:

- матрицю треба проектувати відповідно до обставин, отже, це може утруднювати застосування загальної системи в усьому діапазоні обставин, пов'язаних з організацією;

- важко однозначно визначити шкали;
- застосування дуже суб'єктивне, є тенденція значних розбіжностей суджень осіб, які провадять упорядковування;

- ризики неможливо агрегувати (тобто неможливо встановити, що конкретна кількість низьких ризиків або низький ризик, ідентифіковані конкретну кількість разів, є еквівалентними середньому ризику);

- завдає труднощів поєднання чи порівнювання рівнів ризику для різних категорій наслідків.

Результати залежатимуть від рівня докладності аналізування, тобто, чим докладніше аналізування, тим більша кількість сценаріїв, кожний з яких має нижчу ймовірність. Це зумовлює недооцінювання фактичного рівня ризику. Спосіб групування сценаріїв під час описування ризику має бути однаковим і визначеним на початку дослідження.

### **В.30 Аналізування витрат і вигод (СВА)**

#### **В.30.1 Загальний огляд**

Аналізування витрат і вигод можна застосовувати для оцінювання ризику, за якого загальні очікувані витрати порівнюють із загальними очікуваними вигодами для того, щоб вибрати найкращий або найрентабельніший варіант. Воно є невід'ємною частиною багатьох систем оцінювання ризику. Воно може бути якісним чи кількісним або передбачати поєднання якісних і кількісних елементів. Кількісне СВА об'єднує грошовий вираз усіх витрат і всіх вигод для всіх зацікавлених сторін, унесених до сфери застосування, з урахуванням різних періодів часу, протягом яких виникають витрати та вигоди. Створювана чиста приведена вартість (NPV) стає вхідними даними для прийняття рішень щодо ризику. Позитивна NPV, пов'язана з якою-небудь дією, зазвичай вказує на те, що цю дію треба виконати. Однак, щодо деяких негативних ризиків, зокрема ризиків для життя людини чи завдання шкоди довкіллю, можна застосовувати принцип ALARP. Він ділить ризики на три області: рівень, вище якого негативні ризики неприпустимі та їх не можна приймати, за винятком надзвичайних обставин; рівень, нижче якого ризики мізерні та їх потрібно лише відстежувати для забезпечення того, щоб вони залишалися низькими; і центральна область, у якій ризики треба підтримувати на мінімальному практично прийнятному рівні (ALARP). На межі нижчого ризику цієї області можна застосовувати жорстке аналізування витрат і вигод, але там, де ризики наближені до неприпустимих, принцип ALARP передбачає оброблення, якщо тільки витрати на оброблення не ставатимуть явно несумірними з отримуваною вигодою.

#### **В.30.2 Застосування**

Аналізування витрат і вигод можна застосовувати для прийняття рішення щодо вибору серед варіантів, у яких є ризик.

Наприклад:

- як вхідні дані для прийняття рішення про те, чи треба обробляти ризик;
- для розмежування способів оброблення ризику та вибирання найкращого серед них;
- для вибирання серед різних способів дій.

#### **В.30.3 Вхідні дані**

Вхідні дані — інформація про витрати та вигоди для відповідних зацікавлених сторін і про невизначеності цих витрат і вигод. Треба розглядати як матеріальні, так і нематеріальні витрати та вигоди. Витрати охоплюють витрачені ресурси та негативні наслідки, вигоди охоплюють позитивні наслідки, негативні наслідки, що їх було уникнено, і заощаджені ресурси.

#### **В.30.4 Процес**

Визначають зацікавлені сторони, які можуть зазнавати витрат або одержувати вигоди. До повного аналізування витрат і вигод залучають усіх зацікавлених сторін.

Для всіх відповідних зацікавлених сторін ідентифікують прямі та непрямі вигоди та витрати, пов'язані з варіантами, що їх розглядають. Прямі вигоди — це вигоди, безпосередньо пов'язані з виконаною дією, тоді як непрямі чи додаткові вигоди — це неплановані вигоди, але вони також можуть значною мірою сприяти прийняттю рішень. Непрямими вигодами є, наприклад, підвищення репутації, задоволеність персоналу та «душевний спокій». (Часто вони є дуже вагомими чинниками прийняття рішень).

Прямі витрати — це витрати, які безпосередньо пов'язані з дією. Непрямі витрати — це додаткові, супутні та невідновні витрати, як, наприклад, втрата корисності, марно витрачений час на керу-

вання чи відвід капіталу від інших потенційних інвестицій. Застосовуючи аналізування витрат і вигод до прийняття рішення щодо доцільності оброблення ризику, треба також розглядати витрати та вигоди, пов'язані з обробленням ризику та з прийняттям ризику.

За кількісного аналізування витрат і вигод після того, як ідентифіковано всі матеріальні та нематеріальні витрати та вигоди, усі витрати та вигоди (зокрема нематеріальні витрати та вигоди) подають у грошовому еквіваленті. Для цього є низка типових способів, зокрема підхід «готовність платити» і використання замінників. Якщо, як це часто відбувається, витрати настають протягом короткого періоду часу (наприклад, протягом року), а вигоди надходять за ними протягом тривалого періоду, то, як правило, вигоди необхідно дисконтувати, приводячи їх до сьогоденного грошового еквівалента так, щоб можна було отримати переконливе порівняння. Усі витрати та вигоди подають як приведену вартість. Приведену вартість усіх витрат і всіх вигод для всіх зацікавлених сторін може бути поєднано, щоб отримати чисту приведену вартість (NPV). Позитивна NPV вказує на те, що дія є вигідною. Застосовують також співвідношення вигод і витрат (див. В.30.5).

Якщо стосовно до рівня витрат і вигод є невизначеність, то будь-який чи обидва ці показники може бути оцінено відповідно до їхніх імовірностей.

За якісного аналізування витрат і вигод не намагаються знайти грошову вартість нематеріальних витрат і вигод, а, замість того, щоб вивести єдиний числовий показник, що підсумовує витрати та вигоди, розглядають на якісному рівні взаємозв'язки та компроміси між витратами та вигодами.

Споріднений метод — аналізування співвідношення між витратами та ефективністю (ефективності витрат), за якого припускають бажаність отримання певної вигоди чи наслідку і те, що є кілька альтернативних способів їх отримання. Це аналізування передбачає лише розглядання витрат і вибрання найдешевшого способу досягнення вигоди.

#### **В.30.5 Вихідні дані**

Вихідні дані аналізування витрат і вигод — інформація про відносні витрати та вигоди залежно від різних варіантів або дій. Це може бути подано кількісно як чиста приведена вартість (NPV), внутрішня норма рентабельності (IRR) або як відношення приведеної вартості вигод до приведеної вартості витрат. У якісному поданні вихідні дані зазвичай є порівняльною таблицею витрат і вигод різних типів за особливого враховування компромісів.

#### **В.30.6 Переваги та обмеженості**

Переваги аналізування витрат і вигод такі:

— дає змогу порівнювати витрати та вигоди з використанням єдиної системи вимірювання (грошової);

— забезпечує прозорість прийняття рішень;

— вимагає збирання докладної інформації про всі можливі аспекти рішення. Це може бути корисним для виявлення повної необізнаності, а також для обмінювання знаннями.

Обмеженості:

— кількісне СВА може давати істотно різні результати, залежно від методів, застосовуваних для надання економічних значень неекономічним вигодам;

— у деяких випадках застосування важко визначити переконливу ставку дисконтування для майбутніх витрат і вигод;

— вигоди, які поширюються на велику популяцію, важко кількісно оцінювати, особливо якщо вигоди стосуються суспільних благ, які не є об'єктом ринку;

— практика дисконтування показує, що вигоди, які можна здобути у віддаленому майбутньому, досить незначно впливають на прийняття рішення відповідно до вибраної ставки дисконтування. Метод стає непридатним для розглядання ризиків, які позначатимуться на майбутніх поколіннях, якщо тільки не буде встановлено дуже низькі чи нульові ставки дисконтування.

### **В.31 Багатокритерійне аналізування рішень (MCDA)**

#### **В.31.1 Загальний огляд**

Йдеться про використання низки критеріїв для об'єктивного та прозорого оцінювання загальної цінності сукупності варіантів. Загальна призначеність полягає в ранжуванні за перевагою наявних варіантів. Аналізування передбачає розроблення матриці варіантів і критеріїв, ранжованих і агрегованих для отримання загальної бальної оцінки кожного варіанта.

**В.31.2 Застосування**

MCDA можна застосовувати для:

- порівнювання кількох варіантів у межах першого аналізування, щоб визначити переважні й потенційно можливі варіанти та неприйнятні варіанти;
- порівнювання варіантів, що мають численні та іноді суперечливі критерії;
- досягнення узгодженості щодо прийняття рішення, коли різні зацікавлені сторони мають суперечливі цілі чи цінності.

**В.31.3 Вхідні дані**

Сукупність варіантів для аналізування. Базовані на цілях критерії, що їх можна одноманітно застосовувати до всіх варіантів, щоб установлювати різницю між ними.

**В.31.4. Процес**

Зазвичай, група добре обізнаних представників зацікавлених сторін виконує такий процес:

- a) установлює ціль(-і);
- b) визначає ознаки (критерії чи показники результативності) щодо кожної цілі;
- c) формує ознаки ієрархічним порядком;
- d) розробляє варіанти, що підлягають оцінюванню за критеріями;
- e) визначає важливість критеріїв і встановлює для них відповідні вагові коефіцієнти;
- f) оцінює альтернативи щодо критеріїв. Це може бути зображено матрицею бальних оцінок;
- g) сполучає кілька бальних оцінок, що мають одну ознаку, в єдину комплексну бальну оцінку, що враховує множину ознак;
- h) оцінює результати.

Є різні методи, якими можна визначити ваговий коефіцієнт для кожного критерію, а також різні способи об'єднання бальних оцінок, пов'язаних з критеріями, для кожного варіанта в єдину бальну оцінку, що враховує множину ознак. Наприклад, бальні оцінки можна агрегувати як зважену суму або зважений добуток, або, використовуючи спосіб аналізування ієрархій, — методику виявлення вагових коефіцієнтів і бальних оцінок, базовану на парних порівняннях. В усіх цих методах передбачено, що перевага, надавана будь-якому з критеріїв, не залежить від значень інших критеріїв. Там, де це припущення не відповідає дійсності, використовують інші моделі.

Оскільки бальні оцінки мають суб'єктивний характер, доцільно провадити аналізування чутливості, яке дає змогу перевірити ступінь, у який вагові коефіцієнти та бальні оцінки впливають на загальні переваги, надавані різним варіантам.

**В.31.5 Вихідні дані**

Ранжоване впорядкування варіантів провадять за зменшенням наданої їм переваги. Якщо результат процесу є матриця, осями якої є зважені критерії та бальні оцінки критеріїв для кожного варіанта, тоді варіанти, які не відповідають критеріям з високим ваговим коефіцієнтом, також може бути вилучено.

**В.31.6 Переваги та обмеженості**

Переваги:

- забезпечує просту структуру для ефективного прийняття рішень і подання припущень і висновків;
- може підвищувати розв'язуваність складних з погляду прийняття рішень проблем, до яких неможливо застосувати аналізування витрат і вигод;
- дає змогу раціонально розглядати проблеми, щодо яких потрібно приймати компромісні рішення;
- дає змогу досягати згоди, коли зацікавлені сторони мають різні цілі і, через це, різні критерії.

Обмеженості:

- не вилучає впливу помилок і поганого вибору критеріїв прийняття рішень;
- розв'язання більшості проблем за допомогою MCDA не дає переконливого чи однозначного результату;
- алгоритми агрегування, за якими обчислюють вагові коефіцієнти критеріїв на підставі встановлених переваг або об'єднують різні думки, можуть приховувати істинну основу прийняття рішень.

## БІБЛІОГРАФІЯ

- 1 IEC 61511 Functional safety — Safety instrumented systems for the process industry sector (Функційна безпека. Контрольно-вимірвальні системи безпеки для обробної промисловості)
- 2 IEC 61508 (усі частини) Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems (Функційна безпека електричних, електронних, програмовних електронних систем, пов'язаних з безпекою)
- 3 IEC 61882 Hazard and operability studies (HAZOP studies) — Application guide (Дослідження небезпечних чинників і працездатності (дослідження HAZOP). Настанови щодо застосування)
- 4 ISO 22000 Food safety management systems — Requirements for any organization in the food chain (Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга)
- 5 ISO/IEC Guide 51 Safety aspects — Guidelines for their inclusion in standards (Аспекти безпеки. Настанови щодо їх включення до стандартів)
- 6 IEC 60300-3-11 Dependability management — Part 3-11: Application guide — Reliability centred maintenance (Керування надійністю. Частина 3-11. Настанова щодо застосування. Технічне обслуговування, зорієнтоване на забезпечування безвідмовності)
- 7 IEC 61649 Weibull analysis (Аналіз Вейбулла)
- 8 IEC 61078 Analysis techniques for dependability — Reliability block diagram and boolean methods (Методи аналізування надійності. Блок-схема надійності та булеві методи)
- 9 IEC 61165 Application of Markov techniques (Застосування методів Маркова)
- 10 ISO/IEC 15909 (усі частини) Software and systems engineering — High-level Petri nets (Програмотехніка та системотехніка. Мережі Петрі високого рівня)
- 11 IEC 62551 Analysis techniques for dependability — Petri net techniques<sup>1)</sup> (Методи аналізування надійності. Методи моделювання мережами Петрі).

ДОДАТОК НА  
(довідковий)ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ, ЯКІ ВИКОРИСТАНО  
В ЦЬОМУ СТАНДАРТІ

- ALARP — «настільки низький, наскільки це практично доцільно» («*as low as reasonably practicable*»);
- BIA — Аналізування впливу на діяльність (*Business impact analysis*);
- CBA — Аналізування витрат і вигод (*Cost/benefit analysis*);
- ETA — Аналізування дерева подій (*Event tree analysis*);
- FMEA — Аналізування виду та наслідків відмов (*Failure Modes and Effects Analysis*);
- FMECA — Аналізування виду, наслідків і критичності відмов (*Failure Modes, Effects and Criticality Analysis*);
- FTA — Аналізування дерева відмов (*Fault tree analysis*);
- НАССР — Аналізування небезпечних чинників і критичні точки контролю (*Hazard Analysis and Critical Control Points*);
- HAZOP — Дослідження небезпечних чинників і працездатності (*Hazard and operability studies*);
- HRA — Загальне оцінювання надійності людини (*Human reliability assessment*);
- IPL — Незалежний рівень захисту (*Independent protection layer*);
- IRR — Внутрішня норма рентабельності (*Internal rate of return*);
- КТК — Критична точка контролю;
- LOPA — Аналізування рівнів захисту (*Layer of protection analysis*);
- MAO — Максимально допустимий час простоювання (*Maximum acceptable outage time*);
- MCDA — Багатокритерійне аналізування рішень (*Multi-criteria decision analysis*);

<sup>1)</sup> На розгляді.

- NASA — Національне управління з авіації і дослідження космічного простору (*National Aeronautics and Space Administration*);
- NOAEL — Рівень відсутності виявного несприятливого впливу (*No Observable Adverse Effect Level*);
- NOEL — Рівень відсутності виявного впливу (*No Observable Effect Level*);
- NPV — Чиста приведена вартість (*Net present value*);
- PHA — Попереднє аналізування небезпечних чинників (*Primary hazard analysis*);
- RCA — Аналізування першопричин (*Root cause analysis*);
- RCFA — Аналізування першопричин відмов (*Root cause failure analysis*);
- RCM — Технічне обслуговування, зорієнтоване на забезпечування безвідмовності (*Reliability centred maintenance*);
- RPN — Число пріоритетності ризику (*Risk priority number*);
- RTO — Цільова тривалість відновлення (*Recovery time objective*);
- SA — Аналізування паразитних впливів (*Sneak analysis*);
- SCA — Аналізування паразитних схем (*Sneak circuit analysis*);
- SIL — Рівень цілісності безпеки (*Safety integrity level*);
- SWIFT — Структурований метод «Що — якщо?» (*Structure «What if?»*);

---

Код УКНД 03.100.01

**Ключові слова:** аналізування ризику, ідентифікування ризику, загальне оцінювання ризику, керування ризиком, метод оцінювання ризику, ранжування ризиків.

---