

Розділ 5. **Ризик. Застосування ризик-орієнтованого підходу для побудови імовірнісних структурно-логічних моделей виникнення та розвитку Небезпечних ситуацій**

5.1. Ризик – як характеристика небезпеки. Концепція прийнятного ризику

5.1.1. Ризик

Визнавши глобальний характер небезпечних процесів і явищ, з якими людство зіткнулося у другій половині ХХ ст. і масштаби яких почали загрожувати людській цивілізації, світове співтовариство розробило і прийняло нову стратегію гармонійного розвитку природи і суспільства. Вона враховує дві взаємопов'язані базові концепції, на яких ґрунтується вибір шляхів переходу до коеволюції природи і суспільства, – сталий розвиток і безпека.

Виходячи з цього, в нашій державі, як і в більшості розвинених країн, була відкинута концепція «нульового ризику» і схвалена концепція «прийнятного ризику», яка передбачає широке використання принципу «передбачити і запобігти». Вона стає домінуючою в регулюванні відносин у сфері промислової безпеки. Розроблено дерективні документи, які регламентують проведення аналізу й

оцінювання ризику, декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки з урахуванням рівня небезпеки і ризиків втрат, пов'язаних зі специфікою природних явищ, діяльності людей.

Універсальною кількісною мірою ймовірності виникнення та реалізації виникнення несприятливих подій і процесів в поєднанні з супутніми їм збитками є ризики. Важливість і складність рішення цієї задачі пов'язана з безперервним розширенням спектру небезпек, викликів, загроз, криз, надзвичайних ситуацій і катастроф, збільшенням збитків від них людині, суспільству, державі і середовищу життєдіяльності. Методологія оцінки ризику дії чинників небезпеки на людину є новим, відносно молодим, таким, що інтенсивно розвивається у всьому світі, міждисциплінарним науковим напрямом.

Небезпека лише вказує на наявність можливого негативного впливу, для кількісної оцінки небезпеки використовується термін ризик.

Ризик – це термін, який має універсальне значення, він вказує на дію, яка може або повинна статися з невпевненістю або невідзначеністю. Ризик – це шанс, при якому може статися щось непередбачене і небажане. Ризик – ймовірність реалізації негативної дії в зоні перебування людини. Його специфікація може бути визначена в термінах імовірності: часу, місцезнаходження, збитку (як оцінки наслідків небезпеки).

Відповідно до закону про **об'єкти підвищеної небезпеки**:

Ризик — ступінь ймовірності певної негативної події, яка може відбутися у певний час або за певних обставин на території об'єкта підвищеної небезпеки або за його межами.

Об'єкт підвищеної небезпеки — об'єкт, на якому використовуються, виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються одна або кілька небезпечних речовин чи категорій речовин у кількості, що дорівнює або перевищує нормативно встановлені порогові маси, а також інші об'єкти як такі, що є реальною загрозою виникнення надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру

Загальним у всіх наведених визначеннях є те, що ризик включає невпевненість, чи відбудеться небажана подія, чи виникне несприятливий стан, чи відбудеться шкода (людині, довкіллю, інфраструктурі тощо). Помітимо, що відповідно до сучасних поглядів ризик зазвичай інтерпретується як міра ймовірності (очікувана частота) виникнення техногенних або природних явищ, що су-

проводжуються виникненням, формуванням і дією небезпек, та завданого при цьому соціального, економічного, екологічного та інших видів збитку і шкоди.

Застосування поняття ризик, таким чином, дозволяє переводити небезпеку в розряд категорій, що вимірюються. Ризик, фактично, є міра небезпеки. Часто використовують поняття «ступінь ризику» (*risk level*), яке по суті не відмінне від поняття ризику, але лише підкреслює, що йдеться про величину, яка вимірюється.

Всі названі (або подібні) інтерпретації терміну «ризик» використовуються в даний час при аналізі небезпек і управлінні безпекою (ризиком), зокрема технологічних процесів і виробництв у цілому.

Основна концепція оцінок ризику полягає у тому, щоб ідентифікувати ризики кількісно або щонайменше в порівняльному вигляді (якісно) по відношенню до будь-яких інших ризиків. Вони можуть бути комплексними і можуть включати різні ризики, щоб визначити їх сумарне значення.

Ймовірність виникнення надзвичайних ситуацій стосовно природних явищ, соціальних подій, технічних об'єктів і технологій оцінюють на основі статистичних даних або теоретичних досліджень. При користуванні статистичними даними величину ризику визначають за формулою:

$$R=(N_{\text{нп}}/N_0) \times R_{\text{доп}},$$

де R – ризик; $N_{\text{нп}}$ – число надзвичайних подій в рік; N_0 – загальне число подій в рік; $R_{\text{доп}}$ – допустимий ризик.

Жоден вид людської діяльності і жодна, особливо штучна, система не можуть гарантовано вважатися абсолютно безпечними, тобто вільними від ризику. Безпека є відносним поняттям, яка припускає, що в «безпечній системі» наявність чинників ризику вважається прийнятною ситуацією.

Фундаментальна база аналізу ризиків $R(t)$ формується на основі досліджень в галузі соціальних, природних і технічних наук в трьох основних сферах життєдіяльності – соціальній (N), природній (S) і техногенній (T), що складають єдину складну систему «людина-природа-середовище» (СЛПС), яка функціонує у часі t :

$$R(t)=F_R\{R_N(t), R_S(t), R_T(t)\}; \quad (1)$$

Узагальнена модель вказаної складної системи з визначенням ролі її основних компонентів N, S, T будується у величинах базових параметрів ризиків $R(t)$ – ймовірності виникнення $P(t)$ несприятливих процесів і подій (небезпек, викликів, загроз, криз, катастроф) і супутніх їм збитків $U(t)$:

$$R(t) = F_R \{P(t), U(t)\} \quad (2)$$

$$P(t) = F_P \{R_N(t), R_S(t), R_T(t)\} \quad (3)$$

$$U(t) = F_U \{U_N(t), U_S(t), U_T(t)\} \quad (4)$$

Сценарії несприятливих подій в складній системі і кількісна оцінка ризиків $R(t)$ визначаються через параметри головних ініціюючих і вражаючих чинників – потоки небезпечних енергій $E(t)$, речовин $W(t)$ і інформації $I(t)$:

$$R(t) = F_R \{E(t), W(t), I(t)\} \quad (5)$$

На основі співвідношень (1) – (5) по величинах ризиків $R(t)$ фахівцями розробляються основи визначення категорій надзвичайних ситуацій, високоризикових об'єктів і небезпечних процесів.

Ризик є супутником будь-якої активної діяльності людини. Необхідно розрізняти *правомірний, допустимий* ризик, який є *виправданим* при багатьох видах діяльності, і *неправомірний* ризик.

Види ризиків: виправданий, невиправданий, політичний, фізичний, економічний.

Визнання неможливості уникнути ризику небезпек повністю обумовлює необхідність введення контролю ризику всіма досяжними засобами. Запровадження кількісних та якісних методів оцінки техногенних і природних ризиків є одним із стратегічних напрямів досягнення (наприклад, у державі) прийнятного рівня безпеки для населення, навколишнього природного середовища та об'єктів економіки. Концепція ризику, як системний підхід, дозволяє отримати з урахуванням заданого, і в той же час достатньо гнучкого алгоритму, та деталізованості всіх етапів аналізу, хоча не ідеальні, але достатньо ясні і адекватні результати, та, головне, в придатному для швидкого ухвалення управлінських рішень вигляді.

Об'єктами визначення ризиків є складні системи типу «людина-система-середовище», в яких враховуються впливи людського

чинника, надійності системи, зовнішніх факторів небезпек на інтегральний рівень безпеки. В основі управління безпекою лежить системний підхід до виявлення джерел небезпеки і контролю чинників ризику на користь зведення до мінімуму людських жертв, матеріального збитку, а також фінансових, екологічних і соціальних втрат.

Крім вказаних необхідно використовувати для аналізу ризику (рівня безпеки) наступні принципи:

- принцип безумовного пріоритету безпеки і збереження здоров'я над будь-якими іншими елементами умов і якості життя членів суспільства;
- принцип прийняттого ризику (небезпеки), відповідно до якого встановлюються нижній (допустимий) і верхній (бажаний) рівні безпеки і в цьому інтервалі — прийнятний рівень ризику і безпеки з урахуванням соціально-економічних чинників;
- принцип мінімальної небезпеки, відповідно до якого рівень ризику встановлюється настільки низьким, наскільки він є реально досяжним;
- принцип послідовного наближення до абсолютної безпеки.

Застосування показника ризику дозволяє порівнювати дію шкідливих та небезпечних чинників різної природи і різного виду, визначати з урахуванням внеску кожного окремого чинника інтегральний ступінь небезпеки будь-якого об'єкту, системи, технології, проекту, діяльності, процесу тощо. Проводячи порівняння ризиків, наприклад, пов'язаних з промисловою діяльністю, з повсякденними побутовими ризиками, слід брати до уваги, що одні небезпеки приймаються суспільством добровільно (наприклад, проїзд на автомобілі), а інші — ні. Вельми важливо, що питання про сприйняття ризику істотно залежить від тих реальних вигод, які надає та або інша діяльність.

Щодо класифікації ризиків (табл. 5.1) — спочатку її можна провести залежно від основної причини виникнення ризиків: **природні** ризики — ризики, пов'язані з проявом стихійних сил природи: землетрусами, повеннями, підтопленнями, бурями і т.п.; **техногенні ризики** — ризики, пов'язані з небезпеками, що реалізуються від технічних об'єктів; **соціальні ризики** — ризики, пов'язані з небезпеками, що відбуваються в **соціальному** середовищі, найбільш небезпечний сьогодні його вид, що набуває глобального характеру — тероризм; **екологічні ризики** — ризики, пов'язані із забрудненням навколишнього середовища тощо.

З погляду застосування поняття ризику при його аналізі і управлінні безпекою важливими категоріями є: **індивідуальний ризик** — ризик, якому піддається індивідум в результаті дії досліджуваних чинників небезпеки; **потенційний територіальний ризик** — просторовий розподіл частоти реалізації негативної дії певного рівня; **соціальний ризик** — залежність частоти подій, в яких постраждала на тому або іншому рівні певна кількість людей більше визначеного числа людей; **колективний ризик** — очікуване число травмованих в результаті можливих аварій за певний період часу; **прийнятний ризик** — рівень ризику, з яким суспільство в цілому готове миритися заради отримання певних благ або вигод в результаті своєї діяльності.

Таблиця 5.1

Класифікація і характеристика видів ризику

Види ризику	Об'єкт ризику	Джерело ризику	Небажана подія
Індивідуальний	Людина	Умови життєдіяльності людини	Захворювання, травми, інвалідність, смерть
Технічний	Технічні системи та об'єкти	Технічна недосконалість, порушення правил експлуатації технічних систем та об'єктів	Аварія, вибух, пожежа, руйнування, катастрофа
Екологічний	Екологічні системи	Антропогенний вплив на природне середовище, техногенні надзвичайні ситуації	Антропогенні екологічні катастрофи, стихійні лиха
Соціальний	Соціальні групи	Надзвичайна ситуація, зниження якості життя	Групові травми, захворювання, загибель людей, ріст смертності
Економічний	Матеріальні ресурси	Підвищена небезпека у виробництві або в природному середовищі	Збільшення витрат на безпеку, шкода від недостатньої захищеності

Основними кількісними показниками ризику загибелі є:

- **індивідуальний ризик** — імовірність загибелі людини, що знаходиться в даному регіоні, від можливих джерел небезпеки об'єкта підвищеної небезпеки протягом року з урахуванням імовірності її перебування в зоні ураження;
- **територіальний ризик** — імовірність загибелі протягом року людини, яка знаходиться в конкретному місці простору, від можливих джерел небезпеки об'єкта підвищеної небезпеки;
- **соціальний ризик** — імовірність загибелі людей понад певну кількість (або очікувана кількість загиблих) у даному регіоні протягом року від можливих джерел небезпеки (об'єкта підвищеної небезпеки), з урахуванням імовірності їх перебування в зоні ураження.

5.1.2. Індивідуальний ризик

Як зазначалось вище, під поняттям індивідуального ризику (R1) розуміють ймовірність ураження окремої особи протягом певного періоду часу в результаті впливу досліджуваних чинників небезпеки при реалізації несприятливої випадкової події з урахуванням ймовірності її перебування в зоні ураження.

З математичного погляду індивідуальний ризик визначають як добуток ймовірності загибелі людини, що знаходиться в даному регіоні, від можливих джерел небезпеки протягом року та ймовірності її перебування в зоні ураження.

Індивідуальний ризик розглядають як основне поняття, по-перше, у зв'язку з пріоритетністю людського життя як вищої цінності, по-друге, у зв'язку з тим, що саме індивідуальний ризик може бути оцінений за великими вибірками з достатнім рівнем вірогідності, що дає змогу визначити інші важливі категорії ризику під час аналізу небезпек і встановлювати прийнятні і неприйнятні рівні ризику.

У загальному випадку кількісно індивідуальний ризик виражається відношенням числа постраждалих людей із певної причини до загального числа людей, які ризикують за визначений період часу (апостеріорне визначення).

Англійські вчені запропонували при визначенні індивідуального ризику замість критерію «загибель людини» використовувати критерій «отримання людиною того чи іншого ступеня ураження».

Наприклад, можна визначити таке значення інтенсивності того чи іншого чинника ураження, за дії якого значна кількість людей отримає серйозні ушкодження, які потребуватимуть тривалого лікування; можливі смертельні випадки для невеликої кількості людей з підвищеною чутливістю до впливів чинників ураження. Конкретне значення інтенсивності того чи іншого чинника ураження назване «небезпечною дозою», тобто дозою, яка може спричинити смерть людини, проте це відбувається не обов'язково, оскільки люди залежно від віку, статі, стану здоров'я тощо мають різні сприйнятливості і опірність організму. У цьому разі під індивідуальним ризиком розуміють частоту впливу «небезпечної дози» на конкретну людину у певному місці.

Під час розрахунку розподілу ризику по території навколо об'єкта (картування ризику) індивідуальний ризик визначається потенційним територіальним ризиком та ймовірністю перебування людини в районі можливої дії небезпечних чинників.

У загальному випадку індивідуальний ризик від деякої небезпеки, що розраховується для певної території дослідження, характеризуються ймовірністю загибелі окремої особи з населення за період часу 1 рік. Так, якщо є достатньо статистичних даних, то оцінку індивідуального ризику ($R1$) можна отримати за формулою

$$R1 = n / N,$$

де n - кількість смертей за рік з певної причини; N - чисельність населення на досліджуваній території в оцінюваному році.

У практичній діяльності цей вид розрахунку ризику є найбільш поширеним. У загальному випадку залежно від завдань аналізу під n можна розуміти як загальне число потерпілих, так і число смертельно травмованих або інший показник ваги наслідків.

Тракувати поняття індивідуальний ризик треба з урахуванням конкретних видів діяльності та статистичних даних щодо нещасних (смертельних) випадків за певний період часу, що виникли в результаті цієї діяльності. Наприклад, якщо фахівці визначили, що індивідуальний ризик для пасажирів цивільної авіації становить $1 \cdot 10^{-5}$ (1/рік), то в статистичному плані це означає, що слід очікувати один смертельний випадок у результаті нещасного випадку, пов'язаного з відмовою літака, на 100 тисяч пасажирів за рік.

У будь-якому районі, де проживає населення, незалежно від наявності чи відсутності яких-небудь техногенних об'єктів завжди

існує деяка ймовірність того, що людина загине у результаті нещасного випадку в побуті, злочинного нападу або іншої неприродної події. Середньорічне значення ризику для конкретної людини залежить від джерел небезпеки і часу їх впливу.

У більшості країн світу статистичні дані про індивідуальні або колективні ризики від різних нещасних випадків систематично збираються і публікуються.

Значення індивідуального ризику поділено на 3 категорії: 1 – побутові ризики (ризики, яким піддається кожен житель країни незалежно від професії і способу життя); 2 – професійні ризики (ризики, пов'язані з професією людини); 3 – добровільні ризики (ризики, які стосуються особистого життя, зокрема непрофесійні заняття альпінізмом, стрибки з парашутом тощо); добровільні ризики можна розглядати як власні інтереси та плату за задоволення. Зауважимо, що найбільші ризики у категорії 1 пов'язані з хворобами, за ними йдуть нещасні випадки; у категорії 2 – робота на морських платформах при розробці родовищ континентального шельфу; в категорії 3 – заняття альпінізмом.

Професійні ризики реалізуються за умов порушення технологічного режиму на ПНО, на яких устаткування досягло межі зношеності, внаслідок помилок персоналу тощо. Будь — яка технологія несе певний ризик як для людини, так і для навколишнього середовища. Проте людина може вибрати, чи працювати в умовах підвищеного ризику, чи знайти собі іншу роботу.

Аналогічно побутові ризики також є добровільними. Визначені індивідуальні ризики нещасних випадків: убивств, самогубств, отруєнь, захворювань, втрати працездатності в Україні. Так, індивідуальний ризик смертності від нещасних випадків, пов'язаних із транспортними засобами, станом на 2005 р. становив $2,06 \cdot 10^{-4}$, а ризик смертності внаслідок групи різних отруєнь, в тому числі алкоголем, – $2,83 \cdot 10^{-4}$, ризик самогубств – $2,25 \cdot 10^{-4}$, ризик загинути від вогню та полум'я – $5,8 \cdot 10^{-5}$. Як бачимо, ризик смертності населення від нещасних випадків у побуті дуже високий. Особливе занепокоєння викликає ризик смертності внаслідок різних отруєнь і самогубств, оскільки вони мають найбільші значення серед інших причин нещасних випадків.

Індивідуальний ризик багато в чому визначається кваліфікацією і готовністю індивідуума до дій у небезпечній ситуації, його захищеністю. Індивідуальний ризик, як правило, треба визначати не для кожної людини, а для груп людей, які приблизно однако-

вий час перебувають у різних небезпечних зонах і мають однакові засоби захисту. Рекомендується оцінювати індивідуальний ризик окремо для персоналу об'єкта і для населення прилеглої території.

Якщо оцінюється ризик для якої-небудь групи людей певної професії або спеціального роду діяльності, що пов'язана з підвищеною небезпекою, цей ризик доцільно визначити у перерахунку на конкретний робочий час (на одну годину роботи або один технологічний цикл).

Оцінемо зони індивідуального ризику для потенційно небезпечного об'єкта і транспортної магістралі по якій здійснюється перевезення небезпечних вантажів.

Індивідуальний ризик це властивість місцевості, що досліджується, в межах якої існує імовірність несприятливої події (ця ймовірність створюється потенційно небезпечним об'єктом), тому індивідуальний ризик є зручною характеристикою для просторового планування діяльності навколо потенційно небезпечного об'єкта, як правило він показується контурами однакових значень ризику навколо об'єкта (рис. 5.1).

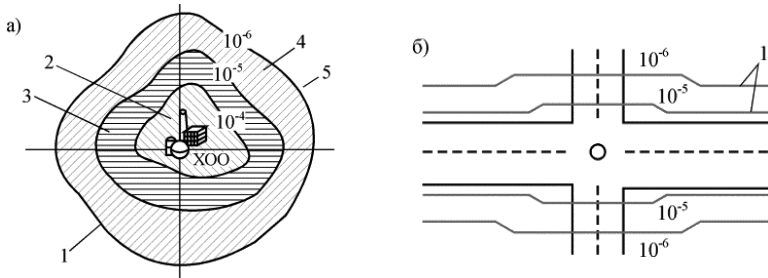


Рис. 5.1. Побудова зон індивідуального ризику для потенційно небезпечного об'єкта (а) і транспортної магістралі (б), по якій здійснюється перевезення небезпечних вантажів: 1 – ізолінії рівного ризику; 2, 3, 4, 5 – зона відповідно надзвичайно високого, високого, прийняттого і низького ризику

Необхідно відзначити, що загальновизначених критичних значень індивідуального ризику для тих або інших виробничих об'єктів немає. Вибір конкретного значення в інтервалі, що рекомендується різними ученими, – від 10^{-8} до 5×10^{-5} залежить від особливостей виробничого об'єкта, рівня аварійності, рівня економіч-

ного розвитку. Як правило, прийнятна величина недобровільного індивідуального ризику дорівнює 10^{-6} (за рік). Неприйнятний ризик має ймовірність реалізації негативної події більше 10^{-3} . При значеннях ризику від 10^{-3} до 10^{-6} прийнято розрізняти перехідну область значень ризику. Характерні значення індивідуального ризику природної і примусової смерті людей від дії умов життя та діяльності наведені нижче у табл. 6.2.

Таблиця 5.2

Характерні значення індивідуального ризику

Величина ризику	Ризик	Зони
10^{-2}	Серцево-судинні захворювання	Зона неприйнятного ризику ($R > 10^{-3}$)
10^{-3}	Злоякісні пухлини	
10^{-4}	Автомобільні аварії. Нещасні випадки на виробництві	Перехідна зона значень ризику ($10^{-6} < R < 10^{-3}$)
10^{-5}	Аварії на залізничному, водному і повітряному транспорті; пожежі і вибухи	
10^{-6}	Мешкання поблизу ТЕС (при нормальному режимі роботи)	
10^{-7}	Всі стихійні лиха	Зона прийнятного ризику ($R < 10^{-6}$)
10^{-8}	Мешкання поблизу АЕС (при нормальному режимі роботи)	

Для видів діяльності, для яких істотною є кількісна оцінка ризику, може бути запропонована структура оцінки **прийнятності ризику**, що показана на рис. 5.2. Встановлюється значення, вище якого ризик вважається абсолютно неприйнятним (верхній рівень), і значення, нижче якого ризик вважається абсолютно прийнятним (нижній рівень).

По суті, «ліміт прийнятності ризику» визначається рівнем, вище за який ризик не може бути виправданий, крім екстраординарних обставин.

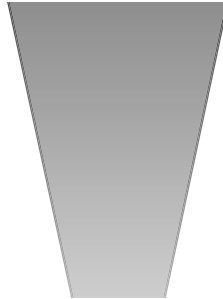
Неприйнятна область



Ризик не може бути виправданий за виключенням надзвичайних обставин

Ліміт ризику

Область ALARA (настільки низький рівень наскільки це практично розумно) або область прийняття (ризик прийнятний)



Допустимо лише, якщо зниження ризику неможливе або його ціна не відповідає кінцевим результатам

Допустимо, якщо ціна зниження перевищить отримане покращення

Мета ризику

Зона широкого застосування



Необхідно підтримувати впевненість в тому, що ризик залишиться на тому ж рівні

Рис. 5.2. Структура оцінки прийнятності ризику

Однак, завжди необхідно намагатися поліпшити цей верхній ліміт і, принаймні, в багатьох обставинах могли його досягнути. Нижче за цей ліміт прийнятності ризик може допускатися тільки у відповідь на переваги, що пов'язуються з діяльністю, яка розглядається, але, тільки якщо виконується *вимога ALARA (as low as risk achievable) – до такого ступеня, наскільки це доцільно практично досягти*. Термін *доцільно практично* передбачає, що необхідно виконати деякі обчислення в площині, що зв'яже ризик з можливими наслідками небезпеки. З вдосконаленням практик управління ризиком і зменшенням ризику може бути досягнута точка, в якій вартість, пов'язана з подальшим зниженням ризику, буде досить високою, щоб виправдати подальші переваги зниження ризику. Відповідно, «мета ризику» визначається рівнем, нижче за який,

ризик вважається широко прийнятним. Як тільки продемонстрована відповідність з цим цільовим рівнем ризику, потрібно очікувати, що законодавчі.

Існує рівень ризику, який можна вважати настільки малим, що ним можна знехтувати. Якщо ризик від якогось об'єкту не перевищує такого рівня, немає сенсу вживати подальших заходів по підвищенню безпеки, оскільки це вимагає значних витрат, а люди і навколишнє середовище через дію інших чинників все одно піддаватимуться майже попередньому ризику. З другого боку, є рівень максимального прийняттого ризику, який не можна перевершувати, які б не були витрати. Між двома цими рівнями лежить область, в якій і потрібно зменшувати ризик, відшукуючи компроміс між соціальною вигодою і фінансовими збитками, пов'язаними з підвищенням безпеки.

Соціальний ризик визначається кількістю втрат (наприклад, загиблих серед населення), що, як правило, обраховується статистично. Він в багатьох випадках є синонімом колективного ризику. Характеристика соціального ризику зазвичай показується як F_N -діаграма (частота — кількість втрат, англійською Frequency versus Number of Fatalities): наслідки надзвичайної ситуації (наприклад, в результаті аварії) для реципієнтів ризику (наприклад, для населення) в межах певної території описуються функціонально залежністю прогнозованої частоти від величини втрат при НС (аварії). F_N -діаграма (ще використовується назва F_N -крива) є дискретним аналогом цієї залежності, вона широко використовується при аналізі ризику і небезпек. F_N -діаграма у випадку, якщо кількість даних і діапазон їх змін дуже великий, звичайно будується в логарифмічному масштабі. На цих діаграмах накопичена (кумулятивна) частота різних наслідків сценарію НС (результатів аварій) відображається як функція наслідків у вигляді числа летальних результатів чи інших видів шкоди від лиха. Вона може бути апроксимована кривою-графіком безперервної функції.

У такий спосіб визначається гранична крива частоти НС (небажаних наслідків), яка може використовуватися, перш за все, для порівняння небезпек і як початкові дані проектувальниками та фахівцями по безпеці. Вважається, що крива відокремлює верхню область неприпустимо великого ризику від області прийняттого ризику, розташованої нижче і вліво від кривої. Криву, таким чином, можна використовувати як критерій безпеки, що визначає верхню межу допустимої ймовірності. Якщо ця умова виконується

ся, основна мета досягнута. Для визначення даних характеристик необхідна реальна статистика НС.

Оскільки межі виправданого ризику, як правило, важко раціонально обґрунтувати, при рішенні розрахункових або експлуатаційних технічних задач слід використовувати порівняння з ризиком в аналогічних ситуаціях. При цьому в аналізі слід брати до уваги найсприятливіший випадок. Встановлений таким чином вкрай несприятливий випадок загрози потрібно порівняти по частоті і величині з аналогічними ризиками, що вже раніше мали місце. При цьому необхідно враховувати, що на частоту впливають як просторова, так і часова протяжність даних явищ. Крім того, потрібно враховувати тривалість кожної події і ступінь стабільності початкових параметрів.

З таблиць 5.3-5.5 видно, що ризик летального результату існує на рівні 10^{-7} і вище на людину в рік. Таким чином, при проектуванні і експлуатації технічних пристроїв ризик на рівні 10^{-7} люд./ рік може бути прийнятий допустимим за наступних умов:

- проблема ризику проаналізована глибоко і всесторонньо;
- аналіз проведено до ухвалення рішень і підтверджено наявними даними в певному часовому інтервалі;
- після настання несприятливої події аналіз і висновок про ризик, отримані на підставі даних, що були, не міняються;
- аналіз показує, і результати контролю весь час підтверджують, що загроза не може бути зменшена ціною виправданих витрат.

Прийняту оцінку допустимого ризику та вказані умови потрібно виконувати суворо і розглядати як перший крок до кількісного порівняння. При необхідності надалі, коли буде накопичено більше досвіду, ця оцінка може бути змінена. Встановлену оцінку допустимого ризику можна сприймати як виправдану межу; вона повинна служити лише основою відносної шкали ризиків, що приймаються.

Таблиця 5.3

**Ймовірність летального результату
з позавиробничих причин**

Умови і вид діяльності	Частота події 10⁻⁷ люд./рік
Аварії автомашин	2700
Падіння	900
Вогонь і вибухи	400
Водоймища	280
Отруєння	200
Поводження з механізмами	100
Вогнепальна зброя	90
Повітряний транспорт	60
Електрика	51
Залізниця	40
Блискавка	5,5
Торнадо	4
Ураган	4
Громадський транспорт	0,45
Радіоактивне випромінювання	0,05
Загальні причини	6000

Таблиця 5.4

Ймовірність летального результату із виробничих причин

Галузь народного господарства	Частота події, 10⁻⁷ люд./рік
Гірські роботи	3
Транспорт	3
Будівництво	2
Видобуток нерудних корисних копалин	1
Експлуатація газопровідного устаткування і гідротехнічних споруд	0,6
Металургійна промисловість	0,6
Деревоотделочніє роботи	0,6
Харчова промисловість	0,6

Продовження табл. 5.4

Целюлозно-паперова промисловість і друк	0,5
Електротехніка, точна механіка і оптика	0,4
Хімія	0,4
Торгівля, фінанси, страхування, комунальні послуги	0,4
Текстильна і шкіряно-взуттєва промисловість	0,3
Охорона здоров'я	0,2
Середня велич. для 20,2 млн. застрахованих осіб	0,7

Таблиця 5.5

**Ймовірність летального результату
у різних сферах життєдіяльності людини**

Вид діяльності	Частота події, 10^{-7} люд./рік
Професійна діяльність	3-0,2
Участь в русі транспорту	10-0,5
Заняття домашнім господарством і вільний час	0,5
Важкі захворювання	3-0,01

Сформульовані положення підтверджують також, що недоцільно задавати детерміновану межу ризику. Навпаки, більш прийнятними параметрами представляються ймовірність p_v , що відокремлює виправданий ризик від умовно виправданого, і ймовірність p_u , що відокремлює умовно виправданий ризик, тобто відповідний певним умовам, від невикорданого. До умов, при яких летальний ризик p_L в діапазоні $p_v < p_L \leq p_u$ може бути допущений, відносяться вказані вище чотири вимоги до аналізу ризику. Ці вимоги повинна дотримувати ухвалююча рішення особа, завжди порівнюючи ризик, що змінюється, наприклад, з підвищенням максимально допустимої ефективності, виключенням несприятливих ситуацій і т.п. Для летального ризику приймають значення виправданого $p_v = 10^{-8}$ і, з великим безпечним проміжком, невикорданого $p_u = 10^{-5}$ на людину в рік.

Якщо йдеться виключно про ризик матеріальних втрат, метод порівняння при оцінці ризику не викликає сумнівів. В цьому ви-

падку можна ухвалювати рішення, оцінюючи лише економічний ефект.

Сутність нормування, регулювання і управління забезпеченням безпеки за її основними компонентами (соціально-економічним, військовим, науково-технічним, промисловим, екологічним, демографічним) з використанням ризиків зводиться до вимоги не перевищення величин ризиків $R(t)$, що формуються і реалізуються, за виразами (1) – (5) величин прийнятних ризиків $[R(t)]$ на заданому часовому інтервалі t :

$$R(t) \leq [R(t)]. \quad (6)$$

Величина $[R(t)]$ встановлюється і призначається органами вищого державного управління з урахуванням можливостей і потенціалу країни, рівня наукових обґрунтувань вітчизняного і світового досвіду.

Реалізація вимоги (6) здійснюватиметься, виходячи з того, що визначальними ризиками $R(t)$ є дві групи ризиків:

індивідуальні ризики (люд./рік) втрати життя і здоров'я людини від вказаних вище можливих несприятливих процесів і явищ;
економічні ризики (грн./год) від несприятливих процесів і явищ, що враховують уразливість соціальної (M), природної (S) і техногенної (T) сфер за виразами (1) – (4).

В економічні ризики $R(t)$ включаються економічні збитки від втрати життя і здоров'я людей, від ураження навколишнього природного середовища і технічної інфраструктури.

Для аналізу ризику необхідно сформулювати шкалу прийнятних $[R(t)]$, граничних $R_c(t)$ ризиків і тих, якими нехтують, а також методику оцінки вартості та збитків від втрати людських життів.

Наукове обґрунтування прийнятних ризиків $[R(t)]$ полягає в розробці методології визначення граничних (неприпустимих) ризиків $R_c(t)$ і призначення запасів n_r для цих ризиках у формі:

$$[R_c(t)] = \frac{R_c(t)}{n_r}. \quad (7)$$

Для кількісної оцінки величин ризиків $R_c(t)$ можуть використовуватися всі основні вирази (1) – (5), а величини запасів n_r повинні бути більше одиниці ($n_r \geq 1$). Враховуючи передовий вітчизняний і

зарубіжний досвід, діапазон зміни цих запасів на перших стадіях може бути достатньо широким ($2 \leq n_R \leq 10$).

Ідентифіковані кількісні критерії ризику фатальності приведені нижче в табл. 5.6 (отримані з різних джерел). Представлені значення стосуються індивідуального ризику, однак критерії соціального ризику також можуть бути запропоновані для використання в деяких обставинах. Звертає на себе увагу, що стандарти ризику, які пропонуються ЕРА (Агентство з охорони навколишнього середовища США), є низькими в порівнянні з рядом інших регулятивних нормативів. Беручи до уваги більш високий ліміт терпимого ризику для працюючих в порівнянні з тим же для громадськості, належно ставити наголос, що не береться до уваги те, що вартість життя працюючого є меншою, ніж життя члена суспільства. Історично склалося так, що для працюючих встановлюються більш високі допустимі ризики через те, що їх складніше контролювати. Наприклад, працюючий з випромінюваннями набагато ближчий до джерела і більше зазнає радіаційних небезпек, ніж представники громадськості, тому він неминуче зазнає більш високого ризику наслідків впливу радіації.

Таблиця 5.6

Критерії індивідуального ризику

Вид ризику	Величина ризику (усереднена за рік)
Великобританія	
Максимальний допустимий індивідуальний ризик працівника	1 на 1000 осіб.
Допустимий ризик для тих хто працює з випромінюванням.	від 1 на 4000 і до 1 на 20000 осіб.
Максимальний допустимий громадський індивідуальний ризик	1 на 10000 осіб за рік
Еталон для нового об'єкта та розробки	1 на 100000 осіб.
Нідерланди	
Максимальний допустимий суспільний індивідуальний ризик для існуючих ситуацій	1 на 100000 осіб.
Максимальний допустимий суспільний індивідуальний ризик для нового розвитку	1 на 1000000 осіб.

Продовження табл. 5.6

Вид ризику	Величина ризику (усереднена за рік)
Максимальний допустимий суспільний індивідуальний ризик навколо аеропортів, вище якого потрібне переселення.	1 на 20000 осіб.
Широко прийнятний суспільний індивідуальний ризик	1 на 1000000 осіб.
Австралія	
Прийнятний ризик громадськості в жилих зонах, далеко від небезпечного виробництва	1 на 1000000 осіб.
Прийнятний повний ризик всередині небезпечних індустріальних зон	1 на 10000 осіб.
Гонг Конг	
Максимальний ризик смерті від нещасного випадку на небезпечних установках	1 на 100000 осіб.
Основа для лімітів дози	
Прийнятний ризик людини, яка працює з випромінюванням	1 на 10000 осіб.
Прийнятний суспільний ризик	від 1 на 1000000 осіб. до 1 в 100000 осіб
Попередні нормативи регулювання в США	
Декларований рівень	4 на 1000 осіб, протягом життя (117500)
Мінімальний рівень	1 на мільйон осіб, протягом життя (1 на 70000000)
Експлуатація цивільних енергетичних установок	
Ризик миттєвої фатальності від події на реакторі	1 на 2 млн. осіб.
Індивідуальний ризик скритої фатальності	2 на 1 млн. осіб.
Стандарти ЕРА	
Ризик розвитку онкологічного захворювання для індивіда.	10^{-6} , протягом життя (1 на 70000000)
Рівень, при якому повторна дія в цілому виправдовується.	10^{-4} , протягом життя (1 на 700000)

Хоча виявлені кількісні критерії ризику для життя (фатальності) знаходяться в широкому діапазоні числових значень, деякі важливі моменти можуть бути виділені, як зазначено нижче:

- рівні ризику в щоденному житті є основним еталоном, на який широко посилаються фахівці з регулювання при введених стандартах ризику;
- події, внаслідок яких один нещасний випадок зі смертельним виходом відбувається з частотою 10^{-6} (1 на млн. чол.), звичайно в суспільстві не помічається, а події з частотою летального виходу 10^{-3} розцінюються як нещасні випадки;
- ефективний *декларований* рівень індивідуального ризику, при якому приймається регулятивна дія по зменшенню суспільного ризику, може бути ідентифікований в діапазоні $10^{-4} \dots 5 \times 10^{-5}$ за рік;
- ефективний *мінімальний* рівень індивідуального ризику, при якому ніколи не приймається регулятивна дія щодо зменшення суспільного ризику, може бути ідентифікований величиною 10^{-7} (1 на 10 млн. чол. за рік);
- на ефективний *декларований* рівень може впливати кількість населення, що знаходиться під експозицією даної небезпеки, і ряд інших чинників, тому в деяких обставинах регулятивна дія може застосовуватися тоді, коли ризик нижчий, ніж $10^{-4} \dots 5 \times 10^{-5}$ за рік;
- прийнятний рівень ризику для працюючих звичайно трохи вищий, ніж ризик для громадськості, він іноді можливий при величині до 10^{-3} за рік;
- стандарти (нормативи) для нової розробки і експлуатаційної практики звичайно встановлюються трохи вищими, ніж для існуючих ситуацій та втручань, беручи до уваги відносну здійсненність зниження ризику в цих різних обставинах.

При розробці проектів створення об'єктів, потенційно небезпечних для населення, рівень ризику доцільно порівнювати з мінімальним рівнем фоновому ризику на всіх рівнях, оскільки неприпустимо створювати який-небудь об'єкт лише на тій підставі, що рівень ризику в даному випадку нижче регіонального, тоді як він значно перевищує національний рівень.

Для території країн колишнього СРСР рівень ризику (смерть від неприродних причин) близький до 10^{-3} /рік⁻¹, що на 3-5 порядків вищий за нормативний рівень, встановлений в країнах ЄС. Очевидно,

що орієнтуватися на цей фоновий рівень не слід. Представляється доцільним виділити декілька рівнів, на яких може бути оцінений фоновий ризик: світовий, національний (рівень країни), регіональний.

Згідно сучасним уявленням, заходи щодо забезпечення безпеки людей плануються виходячи з припущення про те, що у разі смерті людини економічний збиток складе суму, рівну економічному еквіваленту людського життя. Фундаментальні дослідження цієї проблеми слід здійснювати для основного критерію управління ризиком з використанням показника вартості продовження життя. Якщо на попередніх стадіях аналізу визначено, що рівень ризику для ряду районів регіону перевищує допустимі значення, то можуть бути проведені оцінки соціальної значущості ризику для населення в термінах сумарного економічного збитку від загибелі, травмування людей і матеріальних втрат в результаті надзвичайної ситуації. Економічний еквівалент соціального збитку нелінійно пов'язаний із ступенем ризику. Згідно з відзначеним вище положенням, для розрахунку економічного збитку як реально існуючий рівень фонового ризику рекомендується приймати значення 10^{-5} /рік.

Стандарти (нормативи) для нової розробки і експлуатаційної практики необхідно встановлювати трохи вищими, ніж для існуючих ситуацій та втручань, беручи до уваги відносну здійсненність зниження ризику в цих різних обставинах.

5.1.3. Нормування ризиків

Право на безпечну життєдіяльність в Україні гарантується системою загальнодержавних організаційних, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів, спрямованих на запобігання надзвичайним ситуаціям. Безпечність середовища, в якому існує людина, має також гарантуватися державою, нормуванням ризиків надзвичайних ситуацій техногенного і природного походження, які можуть у ньому виникати.

Нормування ризиків є спеціально організованою нормативно-правовою діяльністю з розроблення і затвердження норм техногенної та природної безпеки, правил і регламентів господарської діяльності, які визначаються на основі значень ризику в межах прийнятих значень. Нормування є тим засобом, який встановлює у державі межі допустимої техногенної діяльності та межі захисту від небезпечних природних явищ. Нормативи ризиків є критері-

альною основою для механізмів регулювання техногенної та природної безпеки.

Запровадження в Україні нормування ризиків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру потребує вдосконалення державної системи нормування, яка має забезпечити :

- єдність методологічних підходів до оцінювання ризиків джерел небезпеки різної природи і різного виду, які існують на території України, та тих джерел небезпеки поза її межами, що можуть мати транскордонний вплив;
- урахування особливостей видів виробничої діяльності, техногенного навантаження територій, природно-кліматичних особливостей, цінності окремих територій;
- урахування всіх чинників, що впливають на величину ризику надзвичайних ситуацій, пов'язаних із розміщенням, будівництвом та експлуатацією небезпечних техногенних об'єктів, створенням нової техніки, технологій і матеріалів.

Нормативна база ризиків надзвичайних ситуацій техногенно і природного характеру спирається на два основні нормативні рівні ризиків: мінімальний і граничнодопустимий.

Прийнятий рівень ризику – це ризик, менший або такий, що дорівнює граничнодопустимому, мінімальний – рівень ризику, нижче від якого подальше зменшення ризику є економічно недоцільним.

Питання про рівень допустимого або прийняттого ризику – найважливіше у прийнятті рішень. Варто підкреслити, що вибір значення прийняттого рівня індивідуального ризику багато в чому залежить від економічного стану країни.

За основу оцінок безпеки рекомендовано брати такі види і значення ризиків: незначний ризик – не більш як 10^{-6} ; припустимий ризик – більш як 10^{-6} , але менше як $5 \cdot 10^{-5}$; високий (терпимий) ризик – більш як $5 \cdot 10^{-5}$, але менше як $5 \cdot 10^{-4}$; недопустимий ризик – більш як $5 \cdot 10^{-4}$.

Орієнтиром для визначення рівнів прийняттого ризику в Україні є значення ризиків, прийняті в економічно розвинених країнах, які становлять:

мінімальний ризик – $\leq 10^{-8}$;

граничнодопустимий ризик – $\leq 10^{-5}$.

Ризик, значення якого менше або дорівнює мінімальному, вважається абсолютно прийнятним. Тобто будь-яка діяльність з таким низьким значенням ризику є прийнятною і не потребує жод-

них додаткових зусиль для його зниження, отже, може не контролюватися відповідними наглядовими органами.

Ризик, значення якого більше за граничнодопустиме, вважають абсолютно неприйнятним. Для кожної галузі економіки, небезпечної виробничої діяльності, території, типу техногенного чи природного об'єкта визначають свої нормативи мінімального і граничнодопустимого рівнів ризиків, які мають знаходитись у межах аналогічних загальнонаціональних значень. Наведені види й розміри ризиків сформовані на підставі попередніх досліджень і вивчення міжнародного досвіду.

Відповідно до сучасних уявлень, заходи щодо забезпечення безпеки людей плануються, виходячи із припущення про те, що в разі смерті людини економічний збиток становитиме суму, що дорівнює економічному еквіваленту людського життя. Економічний еквівалент збитку в результаті травмування зазвичай беруть таким, що дорівнює 0,1 від економічного еквівалента людського життя.

У нашій країні такий підхід потребує перегляду багатьох нормативних документів із безпеки і формування загальнодержавної стратегії в цій сфері. Нормування ризиків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру спрямовується на вдосконалення відносин між суб'єктами господарювання та органами державного нагляду і контролю, функціональне призначення яких – забезпечення цивільного захисту населення і територій.

5.1.4. Оцінка рівня ризику

Оцінка ризику залежить від ідентифікації небезпек і складається з оцінки імовірності наслідків, яка з них виникає, з поглядом на їх контроль або уникнення. Оцінка ризику по суті є оцінкою імовірності. Іноді формулюється як середня величина реалізації події, яка очікується за певний час. Основна концепція оцінок ризику полягає в тому щоб ідентифікувати ризики кількісно або щонайменше в порівняльному вигляді (якісно) по відношенню до будь-яких інших ризиків. Вони можуть бути комплексними і можуть включати різні ризики, щоб визначити сумарне значення ризику.

Модель ризику – цей вербальний (задане за допомогою опису послідовності виникнення подій або випадків) або математичний вираз ймовірності загрози бажаному запланованому функціонуванню об'єкту оцінки (дослідження). Типова модель ризиків – це

узагальнена модель, яка враховує тільки базові, фундаментальні групи чинників, які можуть привести до виникнення небезпеки.

Концепція ризику включає два елементи — оцінку ризику (Risk Assessment) і управління ризиком (Risk Management). Оцінка ризику — науковий аналіз генезису і масштабів ризику в конкретній ситуації, тоді як управління ризиком — аналіз ризикової ситуації і розробка рішення, направленою на мінімізацію ризику.

Ризик для здоров'я людини (або екосистеми), пов'язаний із забрудненням навколишнього середовища, виникає за наступних необхідних і достатніх умов:

1) існування джерела ризику (токсичної речовини в навколишньому середовищі або продуктах харчування, або підприємства по випуску продукції, що містить такі речовини, або технологічного процесу тощо);

2) присутність даного джерела ризику у визначеній, шкідливої для здоров'я людини дозі або концентрації;

3) схильність людини до дії згаданої дози токсичної речовини.

Перераховані умови утворюють у сукупності реальну загрозу або небезпеку для здоров'я людини.

Процес оцінки ризику базується на двох головних елементах: характеристиці впливу і характеристиці експозиції. Вони є фокусом для проведення наступних етапів оцінки ризику: формулювання проблеми, аналіз, оцінка експозиції, оцінка ефектів і характеристика ризику.

Перший етап оцінки ризику – це фактично ідентифікація небезпеки – наприклад, при забрудненні атмосферного повітря вона включає облік всіх хімічних речовин, що забруднюють навколишнє повітря, визначення токсичності хімічної речовини для людини або екосистеми. Використовуючи дані фундаментальних досліджень, можна встановити, що тимчасова або постійна присутність певної речовини може викликати несприятливі ефекти: канцерогенез, порушення репродуктивної функції і генетичного коду у людини або загострення екологічної проблеми з подальшими негативними наслідками для здоров'я людини або екосистеми. На даному етапі процедури оцінки ризику аналіз ведеться на якісному рівні.

Аналіз керується результатами формулювання проблеми. Протягом етапів аналізу, дані оцінюються для того, щоб визначити: як найбільш ймовірно буде відбуватися експозиція від стресорів (характеристика експозиції); і (базуючись на цій експозиції) тип і

параметри впливу (ефектів), на які можна очікувати (наприклад, характеристика екологічних ефектів). Перший крок в аналізі — визначити достовірність, повноту і обмеженість даних, які характеризують експозицію, ефекти, особливості системи і рецепторів. Дані також аналізуються, щоб охарактеризувати природу потенційної або фактичної експозиції і реакцій при умовах, які визначаються концептуальною моделлю. Продуктами цих аналізів є два параметри, один для експозиції і один для реакції на стресор. Ці продукти представляють базис для характеристики ризику.

На етапі аналізу виявляються характеристики експозиції і ефектів (наслідків), які між собою часто переплітаються, особливо коли початкова експозиція веде до каскаду додаткових експозицій і повторних ефектів. Стресор (Stressor) — будь-яка фізична, хімічна або біологічна суть (явище, предмет, речовина тощо), яка може викликати негативну реакцію (синонімічний з термінами: фактор, агент, чинник). Рецепієнт (Receptor) — суть, яка перебуває під впливом стресора (наприклад, людина, екологічна система, елемент техносфери тощо). Експозиція (Exposure) — явище контакту стресора з рецептором. Етап аналізу ризику повинен виявити і пояснити комплексні зв'язки між стресорами та рецепієнтами через показники експозиції. Методологічно аналіз і характеристика ризику є окремими етапами. Однак, деякі моделі можуть об'єднувати аналіз експозиції і характеристики ефектів з наступною інтеграцією цих даних, які виникають під час процесу характеристики ризику.

Другий етап — *оцінка експозиції* — призначена для оцінки числа і типу людей (населення, працюючих, інших категорій), які підпадають під вплив окремого стресора, разом з величиною, шляхом дії (наприклад, токсична дія забруднюючої речовини через легені, тобто вдиханням речовини, або через шлунок з їжею, або через шкіру чи очі, і т.д.), тривалістю і часом початку експозиції. У залежності від потреб аналізу, оцінка могла б бути сфокусована на поточних, минулих або майбутніх (реальна і очікувана) експозиціях. Це також оцінка одержуваних доз, якщо вона доступна і оцінка чисельності осіб, які піддаються такій експозиції і для якої вона представляється вірогідною.

Таким чином оцінюється не тільки рівень експозиції, але і чинник часу, що дає підстави для непрямої думки про набуту дозу, навіть якщо вона не може бути визначений безпосередньо (наприклад, за допомогою хімічного аналізу крові або інших біосередовищ).

Чисельність експонованої популяції є одним з найважливіших чинників для вирішення питання про пріоритетність охоронних заходів, що виникають при використанні результатів оцінки ризику з метою «управління ризиком».

В ідеальному варіанті оцінка експозиції базується на фактичних даних моніторингу забруднення різних компонентів навколишнього середовища (атмосферне повітря, повітря усередині приміщень, ґрунт, питна вода, продукти харчування). Проте нерідко цей підхід не здійснений у зв'язку з великими витратами. Крім того, він не завжди дозволяє оцінити зв'язок забруднення з конкретним його джерелом і недостатній для прогнозування майбутньої експозиції. Тому у багатьох випадках використовуються різні математичні моделі розсіювання атмосферних викидів, їх осідання на ґрунті, дифузії і розбавлень забруднювачів в ґрунтових водах і/або відкритих водоймищах. Спираючись на результати моніторингу або модельні дані такого роду, іноді використовують також біокінетичні математичні моделі, що дають оцінку накопичення токсичної речовини в організмі людини (наприклад, концентрація свинцю в крові дітей різного віку) з урахуванням всіх шляхів надходження.

Третій етап — оцінка очікуваних ефектів визначає величину несприятливих ефектів, які можуть, ймовірно, виникнути при даних рівнях експозиції від фактора ризику. Початковий аналітичний крок — визначити, чи могли б експозиції від даного фактора ризику будь-якого рівня викликати несприятливі ефекти, наприклад, чи могла б експозиція від хімічної сполуки викликати рак або серйозно пошкодити функцію нервової системи людини? Далі, якщо такий висновок оцінюється як незавершений, здійснюється більш докладне вивчення, щоб визначити, чи існує кількісна залежність (доза-відповідь) між рівнем експозиції і несприятливими ефектами.

Оцінка залежності «доза-відповідь» – це пошук кількісних закономірностей, що зв'язують набуту дозу чинника з поширеністю того або іншого несприятливого (для здоров'я) ефекту, тобто з вірогідністю його розвитку.

Експериментально встановлено, що залежність між дозою речовини D , отриманою організмом, і реакцією організму (ефектом) виражається S-подібною кривою (рис. 5.3). Порогове значення дози може наближатися величинами NOAEL (рівень, для якого несприятливий ефект не спостережується) або LOAEL (рівень, для

якого спостережується найнижчий несприятливий ефект), які показані на рисунку. Характерним значенням дози є також рівень LD_{50} , якому відповідає реакція величиною 50% летальних наслідків (тобто в результаті токсичного впливу шкідливої речовини гине 50% суб'єктів дослідження).

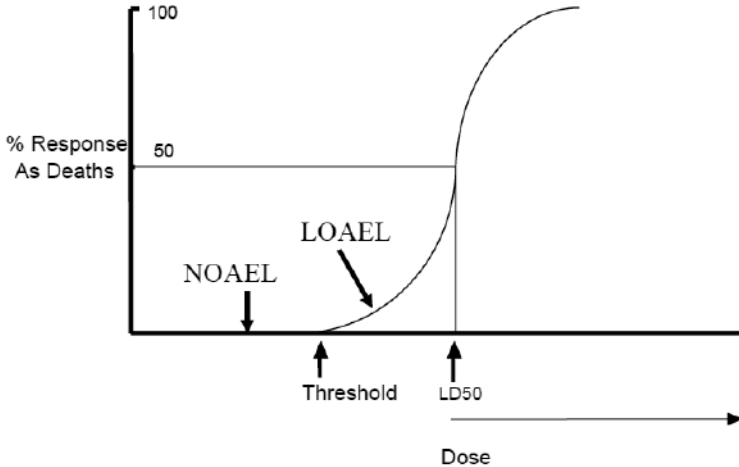


Рис. 5.3. Залежність токсичної реакції організму від дози шкідливої речовини

Звичайно S-образна залежність трансформується у лінійну. При цьому ймовірність настання ефекту визначається пробіт-функцією, яка має вигляд:

$$\text{Pr}(D) = a_1 + a_2 \ln D,$$

де Pr – одиниця (пробіт) ймовірності, a_1 , a_2 – емпіричні коефіцієнти, залежні від виду дії (хто реципієнт ризику, який наслідок) і властивостей речовини, D — доза. У разі інгалаційної дії при постійній концентрації токсичної речовини доза в пробіт-рівнянні визначається як:

$$D = c^n - t_0,$$

де t_0 – час експозиції (хв), c – концентрація, яка звичайно виражається або в мг/м³.

Наприклад, для відомого токсичного газу заріну $a_1=6.850$, $a_2=3.168$, показник степеня $n=1$ для концентрації, що виражена в мг/м³.

Для знаходження ймовірності ефекту можна скористатися стандартними пробіт-таблицями або рівнянням

$$U(D) = \Phi(\text{Pr}-5),$$

де D – ефективна доза, що впливає на організм, $\Phi(z)$ – нормальна функція розподілу:

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du = \frac{1 + \text{erf}(z/\sqrt{2})}{2}.$$

Величина токсичної дози D відповідає інтегралу

$$D(x, y, z) = \int_0^{t_0} c^n(x, y, z, t) dt,$$

де t_0 – час експозиції. Відзначимо, що в деяких випадках робиться відмінність між токсичною дозою ($n=1$) і токсичним навантаженням ($n \neq 1$).

Для знаходження ймовірності ураження людини $U(D)$ використовується наступне співвідношення:

$$U(D) = 1/[1 + (\text{LD}_{50}/D)^\beta],$$

де $\beta = 1.677 / \ln S$, S – функція токсичності.

Функція токсичності S характеризує стійкість організму до токсичної дії і визначається виразом:

$$S = 0.5(\text{LD}_{84}/\text{LD}_{50} + \text{LD}_{50}/\text{LD}_{16}),$$

де LD_{84} , LD_{16} — середні дози, що викликають летальний ефект у 84% і 16% випробовуваних в групі відповідно.

Подібні закономірності, як правило, виявляються в токсикологічних експериментах. Однак екстраполяція їх з групи тварин на людську популяцію пов'язана з дуже великим числом невизначеностей. Залежність «доза-відповідь», обґрунтована епідеміологічними даними, більш надійна, але всі вони мають свої зони невизначеності. Наприклад, при побудові деякої залежності відповіді високих рівнів експозиції (в основному виробничої), її екстраполяція на діапазон менш високих рівнів може виявитися помилковою; залежність, знайдена для однієї людської популяції, не обов'язково справедлива для іншої, що має якісь генетичні або інші відмінності, що піддається дії іншого комплексу чинників, супутніх експозиції, що вивчається тощо.

Етап оцінки залежності «доза-відповідь» принципово розрізняється для канцерогенів і неканцерогенів.

Для неканцерогенних токсичних речовин (іменованих речовинами з системною токсичністю) методологія виходить з концепції пороговості дії і визнає за можливе встановити так звану «референтну дозу» або «референтну концентрацію», при дії яких на людську популяцію, включаючи її чутливі підгрупи, не створюється ризик розвитку яких-небудь шкідливих ефектів в перебігу всього періоду життя.

При оцінці залежності «доза-відповідь» для канцерогенів, дія яких завжди розглядається як така, що не має порогу, перевага віддається так званій лінеаризованій багатоступінчатій моделі. Дана модель вибрана як основа уніфікованого підходу до екстраполяції з високих доз на низькі. При цьому основним параметром для обчислення ризику дії на здоров'я людини є так званий чинник нахилу (slope factor), для якого звичайно використовується верхня межа 95% довірчого інтервалу нахилу кривої «доза-відповідь». Чинник нахилу виражається як $(\text{мг/кг-день})^{-1}$ і є мірою ризику, що виникає на одиницю дози канцерогену. Наприклад, якщо хтось піддається протягом всього життя щодня дії канцерогену в дозі $0,02 (\text{мг/кг-день})^{-1}$, то доданий ризик, що визначається множенням дози на чинник нахилу, оцінюється величиною 4×10^{-5} . Іншими словами, визнається вірогідним розвиток чотирьох додаткових випадків раку на 100 000 чоловік, що піддаються дії експозиції такого рівня.

Аналогічним чином виконується оцінка експозиції та ефектів впливу чинника небезпеки не тільки хімічної природи, але й фізичної та біологічної.

Оцінка ризику здійснюється для визначення очікуваних величин збитків від експозиції даного стресора ризику і оцінювання, чи ці наслідки є достатньо вагомими, щоб вимагати в ситуації, що розглядається, посилене («збільшене») управління (або регулювання).

Оскільки розглядається проблема безпеки життєдіяльності людини, то об'єктом оцінювання ймовірності виникнення небезпеки є система «людина-машина-середовище» (СЛМС), де людина виступає головним елементом прогнозування і як суб'єкт, і як об'єкт ризику. Виходячи з цього, «базовими групами» чинників ризику є наступні чотири:

- знання людини (загальні і професійні) $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$;
- психофізіологічні можливості людини (параметри його фізіологічних і психологічних функцій) $P = \{p_1, p_2, \dots, p_l\}$;
- техногенне (виробниче чи побутове) оточення $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$;
- природні чинники навколишнього середовища (слабо контрольовані або неконтрольовані) $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ суперпозиція яких зумовлює виникнення прихованих «слабкостей» СЛМС.

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

Дія цих чинників обумовлює 4 джерела «невпевненості», які ведуть до прояву ризику. Для прояву ризику на загальному рівні достатньо появи ризику в одному з «джерел»:

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

Таким чином, загальний ризик $R = \sum r_i$, де r_i – ймовірність виникнення відхилення подій від очікуваних умов. Якщо прийняти до уваги, що кожне з джерел ризику може, у свою чергу, мати до-

силь складний характер, то типова модель набуває характеру суми ймовірностей відхилень у функціонуванні всієї системи СЛМС.

Наприклад, ризик нанесення збитку здоров'ю людини r_1 має складові:

- фізіологічний (q_{11}),
- психологічний (q_{12}),
- соціально-економічний (q_{13}), тощо

Таким чином, $r_i = \sum q_{ij}$, і тоді $R = \sum S q_{ij}$.

Нарешті, заключний **четвертий етап** – *характеристика ризику*, включає оцінку можливих і виявлених несприятливих ефектів, зокрема, в стані здоров'я; оцінку ризику канцерогенних ефектів, встановлення коефіцієнта небезпеки розвитку загальнотоксичних ефектів, аналіз і характеристику невизначеностей, пов'язаних з оцінкою, і узагальнення всієї інформації за оцінкою ризику. Тобто характеристика ризику являє собою інтегровану структуру, яка включає поєднання попередніх компонентів аналізу в єдину картину явища і визначення величини ризику. Характеристика ризику включає короткий виклад припущень, науково обгрунтованої невпевненості, надійності і обмеженості аналізів.

Необхідно оцінювати невизначеність і обмеження емпіричних даних, на яких базується оцінка ризику. Джерела невпевненості при визначенні ризику наступні: неясний зв'язок; наочні помилки; мінливість та похибки даних; невпевненість в справжніх величинах; невпевненість в структурі моделі (процесу); невпевненість у формі моделі (емпіричні моделі).

Локальний індивідуальний ризик в тому вигляді, як він визначається в більшості випадків, є ризиком смерті індивідуума (протягом року) в результаті нещасного випадку на певному віддаленні від об'єкту потенційної небезпеки. З чим порівняти отримане в результаті оцінки значення локального ризику? Цілком природно порівняти цю величину з фактичними даними про відносне число (ймовірність) смертельних випадків в рік від різних неприродних причин, тобто з фоновим ризиком. В табл. 3.5 наведені деякі дані ризику смерті від неприродних та природних причин.

Як фоновий локальний ризик для нашої країни може бути прийнято значення 1×10^{-3} рік.

Експлуатація об'єкта підвищеної небезпеки є неприпустимою, якщо ризик небажаних наслідків для одного з об'єктів «турботи» є вищим від встановленого прийняттого ризику. Будівництво, реконструкція та експлуатація об'єкта підвищеної небезпеки вважа-

ється неприпустимою, якщо визначений ризик перевищує верхній рівень прийняттого ризику.

Якщо визначений ризик менший від нижнього рівня, тоді об'єкт підвищеної небезпеки вважається досить безпечним і вимоги щодо зниження ризику зацікавленими особами при прийнятті рішень про його будівництво, реконструкцію чи експлуатацію вважаються необґрунтованими.

У випадках, коли визначений ризик знаходиться між верхнім і нижнім рівнями, зацікавлені сторони можуть зажадати прийняття додаткових рішень щодо зниження рівня ризику.

Широке використання і важливі переваги оцінок ризику не означають, що вони є єдиними детермінантами управлінських рішень. Менеджери ризику розглядають безліч чинників. Вимоги законів, а також політичні, соціальні і економічні особливості, можуть зобов'язати менеджерів ризику зробити рішення, які є більше або менше захищеними. Зменшення ризику до самого низького рівня може бути дуже дорогим або неможливим технічно. Хоча процедури оцінки ризику забезпечують менеджерів ризику найбільш критичною інформацією, вона є тільки частиною процесу прийняття рішення.

Методи визначення ризику:

- **інженерний** — в його основі розрахунки частоти проявлення небезпек, імовірнісний аналіз безпеки та на побудова «дерева» небезпек;
- **статистичний** – спирається на статистичні дані;
- **модельний** — базується на побудові моделей впливу небезпек як на окрему людину, так і на соціальні, професійні групи;
- **експертний** — за ним ймовірність різних подій визначається досвідченими спеціалістами-експертами;
- **соціологічний** (соціометрична оцінка) — базується на опитуванні населення та працівників;
- **комбінований** – ґрунтується на використанні кількох методів.

Кожний метод оцінки рівня ризику має свої недоліки та переваги, що обумовлює умови та можливості його застосування в практичній діяльності.

Оцінка рівня ризику, тобто ймовірності виникнення ризикової події, може бути кількісною та якісною. Кількісне визначення рівня ризику носить об'єктивний характер, оскільки базується на

певній статистичній основі. При якісній оцінці рівня ризику дається визначення лише міри ймовірності виникнення ризикової події та розміру втрат від неї. Якісна оцінка базується на використанні суб'єктивних критеріїв, які базуються на різноманітних припущеннях. Визначення рівня ризику в цьому випадку носить описовий характер, наприклад – великий, середній, низький рівень ризику, або за допомогою балів, при цьому залежність між кількістю балів та рівнем ризику встановлюється суб'єктивно, перед проведенням роботи з оцінки ризику. Наприклад, 67-100 балів – високий ризик, 34-66 балів – середній, нижче 33 балів – низький ризик.

Кількісна оцінка ризику

Ризик завжди асоціювався з імовірністю несприятливих подій і їх наслідків. Його розрахункова формула виражається, як правило, в мультиплікативній формі, що дозволяє оцінити величину очікуваного наслідку:

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

де R — ризик, що оцінюється; s_i – сценарій нещасного випадку; p_i – імовірність того, що нещасний випадок станеться; x_i – можливі наслідки нещасного випадку, якщо він станеться за i -им сценарієм.

Дана формальна модель повинна дозволити знайти відповіді на три питання:

1. Що може статися або що може здійснитися невірним чином?
2. Яка імовірність того, що це станеться?
3. Якщо це сталося, то які наслідки?

Для індивідуального ризику R_i умова (1) може бути представлена як

$$R = P_f P_{a/f} \quad (2)$$

де P_f — імовірність несприятливої події (НП), $P_{a/f}$ — імовірність наслідку (наприклад, смертельного) для індивіда від даної НП, в умовах відсутності захисту індивіда від небезпеки.

Ймовірність НП P_f може бути розділена на ймовірність сценарію небезпеки p_{sc} і на ймовірність експозиції цієї небезпеки p_{ex} :

$$P_f = p_{Sc} \times p_{Ex}.$$

Наслідки зазвичай описуються в термінах індикаторів різних збитків k (як наприклад, фатальність, ушкодження, фізичні збитки, збитки доходів, тощо) та їх вразливості l_k (як наприклад, вразливість особи може бути визначена як летальність):

$$P_{alf} = k \times \lambda_k.$$

Таким чином, для окремої особи, що є об'єктом первинного розгляду, з її особистою експозицією до небезпеки ризик можна визначити за формулою:

$$R_i = p_{Sc} \times p_{Ex} \times k \times \lambda_k. \quad (3)$$

Верхня межа індивідуального ризику R_i може бути визначена через статистичні обчислення. Різні види ризику обчислюються різними способами. Звичайний випадок — розбіжність між добровільним та недобровільним ризиками. Максимальний індивідуальний ризик загинути від небезпеки зазвичай змінюється між 10^{-2} за рік для добровільної ризикованої діяльності (як наприклад, стрибки з парашутом) до 10^{-5} за рік для недобровільного ризику (як наприклад, аварії на атомних реакторах). Як показано у попередньому розділі, індивідуальний ризик обмежується нормативним значенням, наприклад величиною 10^{-6} :

$$R_i < 10^{-6}.$$

Цей стандарт — для відносно нав'язаних ризиків, пов'язаних з тим, що відповідає авантюризму. Метод нормування ризиків TAW (Dutch Technical Advisory Committee on Water Defences, Netherlands, 1985) надає можливість обмежити більш широкий набір ризиків, що пов'язані з активністю добровільного вибору, як наприклад, скелелазання, до більш невеликих ризиків, як наприклад ті, що утворюються поряд з потенційно небезпечними об'єктами. Стандарт TAW пропонує наступне:

$$R_i < \beta \times 10^{-4},$$

де використовується коефіцієнт β , який враховує «політику», що супроводжує прийняття ризику.

Виявляється, що чинник поточної політики b зручно ввести, якщо ризик є добровільним, і для його визначення ми використовуємо формулу:

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

де $\beta = 100$ для повної свободи вибору, наприклад, використовується для оцінки скелелазіння, 10 – для гірських байкерів (тоді, $R_i = \beta \times 10^{-3}$, що відповідає максимальному ліміту прийняттого ризику), 1 – для водіїв автомобілів, для випадків недобровільного ризику і за повної відсутності прямої вигоди приймається $\beta = 0,01$ (тоді, $R = 10^{-6}$, що відповідає максимальному ліміту прийняттого ризику). Враховуючи визначення індивідуального ризику (2) для чинника поточної «політики» можна записати:

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

Чинник поточної політики визначає ставлення суспільства до діяльності, що аналізується, до вигод і збитків від неї (результатів її здійснення).

Небезпека як правило впливає більше ніж на одну особу. Сума індивідуальних ризиків, які потенційно діють на людей, утворює їх колективний ризик R_0 за даним сценарієм (рис. 5.4):

$$R_0 = \sum_{i=1}^n R_i. \quad (4)$$

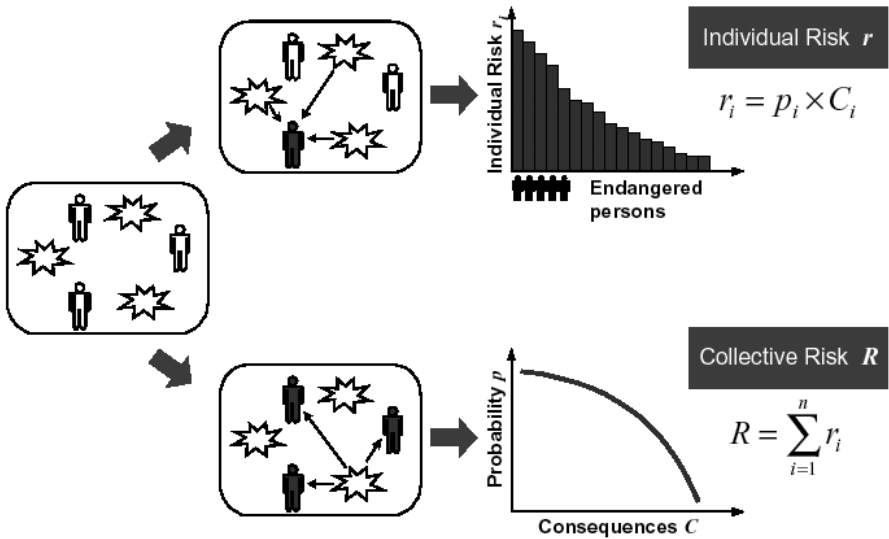


Рис. 5.4. Зв'язок індивідуального ризику R_i та соціального ризику R_0

Коллективний ризик (або соціальний ризик) R_0 від специфічного виду небезпеки (як наприклад, ризик повені в окремому регіоні) дорівнює сумі очікуваних наслідків від усіх можливих сценаріїв даної небезпеки за рік. Соціальний ризик визначається, як взаємовідношення між частотою і кількістю чоловік, яким нанесена шкоди конкретизованого рівня серед даного населення в результаті реалізації конкретизованих ризиків. Там де індивідуальний ризик визначає ймовірність загибелі на певній території, соціальний ризик визначає ціле число загиблих для цієї території, байдуже, де точно в межах тієї території відбуватиметься шкода (рис. 5.5).

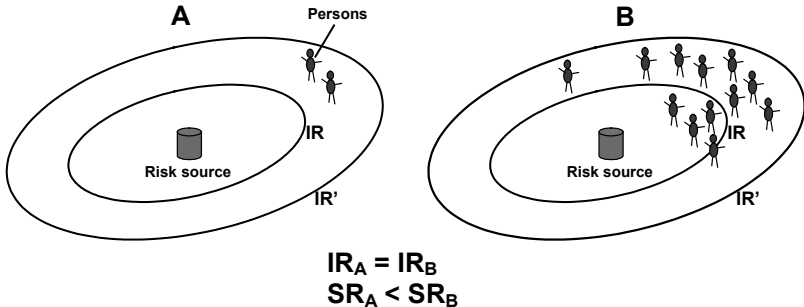


Рис. 5.5. Ілюстративне пояснення взаємовідношення між індивідуальним та соціальним ризиками: індивідуальні ризики для випадків справа і зліва однакові, вони формуються джерелом потенційної безпеки; соціальні ризики справа вищі, бо густина населення тут більша

Для соціального ризику, який визначається кількістю несприятливих (наприклад, літальних) результатів $E(N)$ на досліджуваній поверхні A , можна використовувати формулу:

$$E(N) = \iint_A R_i(x, y) m(x, y) dx dy \quad (5)$$

де R_i — індивідуальний ризик на досліджуваній поверхні; $m(x, y)$ — щільність населення на досліджуваній поверхні.

Як вже відзначено вище соціальний ризик описується F_N -кривою, яка є інтерпретацією функції розподілу ймовірності перевищення досліджуваної величини N деякого значення x :

$$1 - F_N(x) = P(N > x) = \int_x^{\infty} f_N(x) dx ,$$

де $P(N > x)$ — ймовірність того, що досліджувана величина N перевищує деяке значення x ; $F_N(x)$ — функція розподілу ймовірності для кількості наслідків НС, що досліджується; $f_N(x)$ — функція щільності ймовірності для кількості наслідків НС, що досліджується. Її залежності та значення визначаються статистичними методами.

Можна математично довести, що область під F_N – кривою до-
рівнює очікуваному значенню шкоди (кількості жертв – $E(N)$) при
здійсненні досліджуваного виду діяльності:

$$\int_0^{\infty} (1 - F_N(x)) dx = \int_0^{\infty} \int_x^{\infty} f_N(u) du dx = \int_0^{\infty} \int_0^u f_N(u) dx du = \int_0^{\infty} u f_N(u) du = E(N) \cdot \quad (6)$$

Тобто

$$E(N) = \int (1 - F_{N_{dij}}(x) dx) \cdot \quad (7)$$

де $F_{N_{dij}}$ — кумулятивна функція щільності для смертельних ре-
зультатів, що виникають при здійсненні i -ої діяльності на j -му міс-
ці території за рік.

Проста міра визначення соціального ризику — це математич-
не очікування числа фатальностей за рік, $E(N)$, на яке в літературі
часто посилаються як на Потенційну Втрату Життя (Potential Loss
of Life — PLL):

$$E(N) = \int_0^{\infty} x \cdot f_N(x) \cdot dx \cdot \quad (8)$$

Соціальний ризик обмежується на рівні окремого підприємства
лінією, яка обернено пропорційна квадрату кількості смертельних
результатів. Протягом останніх десятиріч це є абсолютною вимо-
гою, яка є основою для регулювання і розміщення небезпечних
об'єктів або нових розробок:

$$1 - F_{N_{dij}}(x) < \frac{10^{-3}}{x^2}, \quad (9)$$

для умови $x \geq 10$ смертей, де $F_{N_{dij}}$ — кумулятивна функція щіль-
ності для смертельних результатів, що виникають при здійсненні
 i -ої діяльності на j -му місці території за рік.

Дуже часто робиться припущення, що оцінка соціального ри-
зику для окремого підприємства VROM-правилом є ризиком, що
надмірно запобігається. Тому в деяких випадках пропонується

замінити у виразі $\frac{10^{-3}}{x^2}$ значення показника з 2 на 1, тобто вираз

набуває вигляду $\frac{10^{-3}}{x}$ – для формування більш гладкої оцінки.

Як відповідна міра соціального ризику використовується також інтеграл ризику RI :

$$RI = \int x(1 - F_N(x)) dx.$$

Для інтеграла ризику можна довести, що

$$RI = \int x(1 - F_N(x)) dx = \frac{1}{2}(E^2(N) + \sigma^2(N)). \quad (10)$$

де $E(N)$ – очікувана кількість смертей, $s(N)$ – її середнє квадратичне відхилення, яке приймає відносно високі значення для подій з низькою ймовірністю і значними наслідками. Як правило, $s(N)$ вище, ніж $E(N)$.

Сумарний соціальний ризик дорівнює

$$TR = E(N) + k\sigma(N) \quad (11)$$

де k – індекс запобігання ризику.

На національному рівні соціальний ризик повинен бути обмежений значенням сумарної кількості жертв в поточному році наступним чином:

$$E(N_{di}) + k\sigma(N_{di}) < \beta_i \times 100 \quad (12)$$

Формула (12) пояснює запобігання ризику, яке буде впливати на його кінцеве прийняття суспільством. Відносно часті події з малою кількістю жертв більш легко приймаються суспільством, ніж одна рідкісна подія із значними наслідками, хоча кількість очікуваних жертв може бути однаковою в обох випадках. Середнє квадратичне відхилення кількості жертв відображає цю різницю. Запобігання ризику представляється математично за допомогою збільшення очікування сумарної кількості смертельних результатів $E(N_{di})$ множенням середнього квадратичного відхилення на k перед тестуванням ситуації на виконання норм.

Правило (12) може бути перетворено у вираз, дійсний для рівня підприємства, за допомогою прийняття до уваги кількості наявних

об'єктів потенційної небезпеки N_A . Математично для VROM-правила воно може бути показано у вигляді:

$$1 - F_{N_{dij}}(x) \leq \frac{C_i}{x^2}, \text{ для всіх } x \geq 10,$$

де

$$C_i = \left(\frac{\beta_i \cdot 100}{k \cdot \sqrt{N_A}} \right)^2.$$

В дійсності, рідкі події з дуже важкими наслідками «важче» сприймаються громадськістю, ніж часті події з невеликими фатальними наслідками (наприклад, 1 небезпека з 100 фатальними наслідками не дорівнює 100 небезпечним подіям з 1 фатальним наслідком за рівнем їх сприйняття людиною). Сприйняття громадськістю вкрай рідких подій з дуже важкими наслідками є оберненою функцією до очікуваних втрат. Тому, щоб перетворити соціальний ризик у ризик R_p , що сприймається, запроваджується функція ваги φ (штрафу), яка є оберненою функцією наслідків C :

$$R_p = R_o \times \varphi(C) \quad (13)$$

Експертний метод оцінки рівня ризику

Застосування статистичного методу доволі часто неможливе, адже, настання та наслідки ризикових подій не завжди реєструються, або інформація про аналогічні види ризиків взагалі відсутня. Для таких випадків найбільш поширеним та доступним для практичного використання методом оцінки рівня ризику є експертний метод.

Оцінка рівня ризику під час застосування даного методу проводиться на основі якісного визначення ймовірності ризикових подій завдяки вивченню та оцінці факторів, що впливають на їх виникнення. Таким чином, необхідною та достатньою умовою практичного застосування даного методу є визначення переліку факторів, що обумовлюють певний вид ризику, а також встановлення, зв'язку між характером дії фактору та мірою ризику, яку цей фактор обумовлює.

Роботу по визначенню та оцінці характеру прояву для більшої об'єктивності результатів повинні проводити спеціальні експер-

ти, які мають необхідну підготовку та досвід роботи з цього питання.

Алгоритм застосування експертного методу оцінки рівня ризику:

1. Визначення кола експертів, які мають необхідну кваліфікацію та досвід для оцінки рівня даного ризику.

2. Визначення переліку факторів, що обумовлюють рівень певного виду ризику та вагових коефіцієнтів кожного з них для узагальненої оцінки рівня ризику. Є найбільш важливим етапом роботи з оцінки рівня ризику, оскільки саме повнота визначення ризик-факторів і обумовлює точність та об'єктивність отриманого результату. Визначення переліку ризик-факторів є результатом «мозкового штурму» експерта з точки зору ймовірності виникнення ризикової події. Ця робота носить інтелектуальний характер і не піддається формалізації. Одночасно не можна вважати проведену роботу остаточною, оскільки можуть виникнути зміни, що обумовлюють необхідність корегування встановленого переліку факторів.

3. Встановлення відповідності між характером дії факторів та рівнем ризику (у балах з кожного фактора). Це завдання найчастіше вирішують за допомогою низки методів. При використанні найпростішого методу, рівень ризику характеризують якісно та дають опис характеру дії кожного фактору при такому рівні ризику. В результаті отримують експертну таблицю для оцінки рівня ризику (фактор-карту) (табл. 5.6.).

Таблиця 5.6

Фактор-карта

Фактори, що обумовлюють рівень ризику	Рівень ризику		
	високий	помірний	низький
Фактор 1	опис характеру дії кожного фактора при ризику відповідного рівня		
Фактор 2			

Це найбільш простий спосіб формалізації відповідності між характером дії фактора та рівнем ризику, який має місце при такому значенні фактора. Недоліком такого підходу є ігнорування

характеру впливу кожного фактору на загальний ступінь ризику, оскільки вклад кожного фактора в ймовірність настання ризикової події, як правило, не рівнозначне.

Для ліквідації цього недоліку використовують другий методичний підхід, суть якого полягає в кількісній (бальній) відповідності між характером дії фактора та рівнем ризику, який він обумовлює. Тобто вплив кожного фактора при різних характерах його прояву оцінюється у балах. Загальний ступінь ризику визначається, як сума балів усієї сукупності факторів, що обумовлюють даний вид ризику. Фактор-карта для оцінки рівня ризику в цьому випадку має такий вигляд (табл. 5.7).

Таблиця 5.7

Фактор карта

Фактор, що обумовлює рівень ризику	Рівень ризику					
	Високий		Помірний		Низький	
	Характер фактора	Кількість балів	Характер фактора	Кількість балів	Характер фактору	Кількість балів
Фактор 1	Опис прояву факторів	$(N_2+1)-N_3$	Опис прояву факторів	$(N_1+1)-N_2$	Опис прояву факторів	$0-N_1$
Фактор 2						
Фактор n						

Кількість балів, яка присвоюється кожному фактору, визначається виходячи з уявлення про ступінь впливу цього фактору на ймовірність виникнення ризикової події. Загальна кількість балів та ступінь їх варіації по окремих факторах не регламентується.

1. Збір інформації про характер дії визначених факторів (за спеціально розробленою анкетною). Для цього використовують опитування, ознайомлення з оперативною та статистичною інформацією, спостереження тощо.

2. Проведення бальної оцінки дії кожного ризик-фактора використовуючи для цього фактор-карту, що була розроблена раніше.

3. Якісне визначення рівня ризику за допомогою підрахунку загальної кількості балів з кожного ризик-фактора з врахуванням

його вагового коефіцієнта. Сума встановлених балів по кожному фактору, що обумовлює даний вид ризику, дозволяє зробити висновок відносно ступеня даного ризику в цілому.

4. Узагальнення результатів оцінки, що виконана кожним експертом.

Модельний метод оцінки рівня ризику

Для оцінки багатьох видів ризику застосування статистичного методу є неможливим у зв'язку з відсутністю необхідної інформації, а застосування експертного методу виявляється недостатнім, оскільки не дозволяє отримати кількісної оцінки рівня ризику. Ця обставина має дуже велике значення для оцінки ризиків, які необхідно оцінити досить точно. Застосування модельного методу дозволяє визначити ризик досить точно.

Розробка моделі для оцінки рівня ризику передбачає:

- 1) визначення ключового показника, який буде використовуватися для оцінки наслідків дії ризик-факторів;
- 2) вибір факторів, які обумовлюють ризик-зміни ключового показника, у вигляді формули або через визначення параметрів моделі;
- 3) встановлення кількісної залежності між зміною факторів та значенням ключового (кінцевого) показника.

Розглядаючи та оцінюючи деякі припущення відносно зміни параметрів у майбутньому, можна оцінити ступень ризику. При наявності альтернативних варіантів оцінка рівня ризику здійснюється за критерієм мінімальної чутливості до зміни його параметрів. При наявності єдиного варіанта – шляхом розрахунку коефіцієнта варіації кінцевого результату.

Метод аналізу чутливості – найбільш простий та приблизний метод оцінки ступеня ризику, використання якого потребує мінімального обсягу вихідної інформації. Використання цього методу передбачає ізолювану зміну значення окремих параметрів (факторів) та визначення нового кінцевого результату при такій зміні кожного його параметра.

Показник чутливості події до окремого її параметра розраховується як відношення попереднього (первісного) результату події до її нового значення при зміні відповідного параметра. Розрахунок та порівняння між собою показників чутливості події до зміни окремих її параметрів дозволяє виявити найбільш вагомий пара-

метри (фактори) події, зміна яких найбільшим чином впливає на зміну кінцевого результату. Порівняння коефіцієнтів чутливості по окремих альтернативних подіях дозволяє вибрати з них найменш ризиковані з точки зору залежності її від зміни ризик-факторів. Недолік методу аналізу чутливості полягає у тому, що він не враховує ймовірності та реалістичності очікуваних змін окремих параметрів (факторів) події, а також те, що зміни параметрів події можуть мати сумісний, а не ізольований характер.

Цього недоліку не має **метод аналізу сценаріїв**, який передбачає одночасну зміну декілька змінних параметрів події. Таким чином створюються альтернативні сценарії реалізації події, які відповідають різним припущенням відносно дії окремих факторів. Як правило розглядають базовий (реалістичний), оптимістичний та песимістичний варіант сценарію реалізації події.

Якісні методи оцінки ризику

Якісні оцінки ризику запроваджуються для підтримки системи безпеки (на прикладі авіаційної транспортної системи) відповідно до наступних визначень, наведених в табл. 5.8 та 5.9, та рис. 5.6.

Таблиця 5.8

Визначення ваги наслідків

Катастрофічні	Численні летальні наслідки або втрата системи в цілому
Небезпечні	Зниження здатності системи або її операторів долати несприятливі умови до меж, що визначаються як: <ol style="list-style-type: none"> 1) значне зниження надійності та функціональних можливостей; 2) надмірне навантаження на операторів, за якого вони втрачають здатність виконувати обов'язки надійно, точно та до повного завершення ; 3) серйозні або фатальні пошкодження для незначного числа людей на борту літака (крім екіпажу) 4) фатальні пошкодження для наземного авіаційного персоналу або населення.

Продовження табл. 5.8

Катастрофічні	Численні летальні наслідки або втрата системи в цілому
Значні	<p>Зниження здатності системи або її операторів долати несприятливі умови до меж, що визначаються як:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) значне зниження надійності та функціональних можливостей; б) суттєве навантаження на операторів; в) умови, що знижують ефективність операторської діяльності або суттєвий дискомфорт; г) фізична втома (крім операторів), включаючи навіть ушкодження; г) значні професійні захворювання і/або значні збитки довіллю /або значні збитки матеріальним цінностям
Незначні	<p>Несуттєве зниження ефективності системи. Дії операторів достатні в межах їх можливостей. Включаючи –</p> <ul style="list-style-type: none"> а) незначне зниження надійності та функціональних можливостей; б) несуттєве навантаження на операторів таке як зміни оперативного плану польоту; в) несуттєвий фізичний дискомфорт для працюючих (крім операторів); г) незначні професійні захворювання і/або незначні збитки довіллю /або незначні збитки матеріальним цінностям

Таблиця 5.9

Визначення ймовірності наслідків

Ймовірний	<p>Якісна: очікується раз або кілька разів за весь життєвий цикл окремого елемента системи.</p> <p>Кількісна: ймовірність прояву протягом 1 години діяльності $\geq 1 \times 10^{-5}$</p>
Малоймовірний	<p>Якісна: не може статися протягом життєвого циклу окремого елемента. Очікується раз або кілька разів за весь життєвий цикл всієї системи.</p> <p>Кількісна: ймовірність прояву протягом 1 години діяльності $10^{-5} < > 10^{-7}$</p>

Продовження табл. 5.8

Вкрай малоймовірний	Якісна: не може статися протягом життєвого циклу окремого елемента. Очікується раз або кілька разів за весь життєвий цикл всієї системи. Кількісна: ймовірність прояву протягом 1 години діяльності $10^{-7} < > 10^{-9}$
Вкрай неймовірний	Якісна: не може статися протягом життєвого циклу всієї системи. Кількісна: ймовірність прояву протягом 1 години діяльності $< 10^{-9}$

Вірогідність події	Серйозність			
	Катастрофічна	Критична	Крайня	Незначна
Дуже часто				
Часто				
Інколи				
Дуже рідко				
Надзвичайно рідко				

Високий ризик
Серйозний ризик
Середній
Низький

Рис. 5.6. Матриця оцінки ризику

5.1.5. Принципи забезпечення безпечної життєдіяльності

Необхідно дати відповідь на наступне питання: чи є ризик прийнятним? Які заходи для його зниження є доступними, і як вони оцінюються в величинах вартість-прибуток (прибуток в даному випадку може визначатись як попереджений збиток).

Основні принципи забезпечення безпеки — основні шляхи практичного застосування досягнень безпеки життєдіяльності для сталого гармонійного еволюційного розвитку людини та суспільства.

Забезпечення безпеки — складний процес, в якому можна виділити елементарні складові, вихідні положення, ідеї, що іменуються принципами.

Принципи забезпечення безпеки за ознаками їх реалізації: законодавчі, управлінські, технічні, організаційні, орієнтуючі

Законодавчі принципи — закріплені законом правила, що забезпечують прийнятний рівень безпеки.

Орієнтуючі принципи — основоположні ідеї, що визначають напрямок пошуку безпечних рішень і слугують методологічною та інформаційною базою.

Технічні принципи спрямовані на безпосереднє відвернення дії небезпечних факторів і базуються на використанні фізичних законів.

Управлінськими називаються принципи, що визначають взаємозв'язок і відносини між окремими стадіями і етапами процесу забезпечення безпеки. До них належать: плановість, контроль, управління, зворотний зв'язок, підбір кадрів, відповідальність.

До **організаційних** належать принципи, за допомогою яких реалізуються положення із залученням науково обгрунтованих рішень. Це принципи несумісності, ергономічності, раціональної організації праці і відпочинку, компенсації та ін.

Заходи щодо зменшення ризику, як правило, мають комплексний характер. При виборі конкретних заходів вирішальне значення має загальна оцінка дієвості та надійності заходів, що впливають на остаточний ризик, а також розмір витрат на їх реалізацію.

У найбільш загальних рисах, ризик може визначатися як наступний набір 7 елементів: Н – набір ризиків, наприклад, велика кількість опадів на зволожений вододіл; Е – подія, як наприклад, повінь; $\angle P(E)$ – ймовірність події Е; С(Е) – наслідок Е; наприклад, втрата завдяки затопленню; (P(E), С(Е)) – сприйняття наслідків; D() – процедура рішення задля управління ризиком – наприклад, дія послаблення на С(Е) або фізична дія на P(E).

Перші чотири набори співвідношень відповідають ідентифікації ризику і останні два — до управління ризику.

Для потенційно небезпечного об'єкта вибір запланованих до впровадження заходів безпеки має наступні пріоритети:

- заходи щодо зменшення імовірності виникнення аварії;
- заходи щодо зменшення імовірності розвитку аварії;
- заходи щодо зменшення тяжкості наслідків аварії.

Для визначення пріоритетності виконання заходів для зменшення ризику в умовах заданих витрат чи обмеженості ресурсів необхідно:

- визначити сукупність заходів, що можуть бути реалізовані при заданих обсягах фінансування;
- визначити ранг цих заходів за показником «ефективність-витрати»;

– обґрунтувати й оцінити ефективність запропонованих заходів.

Оцінювання різних заходів забезпечення безпеки ґрунтується на тому, скільки коштів може бути витрачено для зменшення соціального ризику. Задача формулюється як оптимізаційна. Оптимальне рішення мінімізує залишковий ризик на довгий період при найменшій вартості (рис. 5.7).

Для перетворення одиниць ризику в монетарні оцінки (наприклад, фатальності/рік, у гривня/рік) використовується принцип маргінальної вартості. Маргінальна вартість M_k визначається величиною коштів, яку люди бажають вкласти задля зменшення ризику на певну його одиницю.

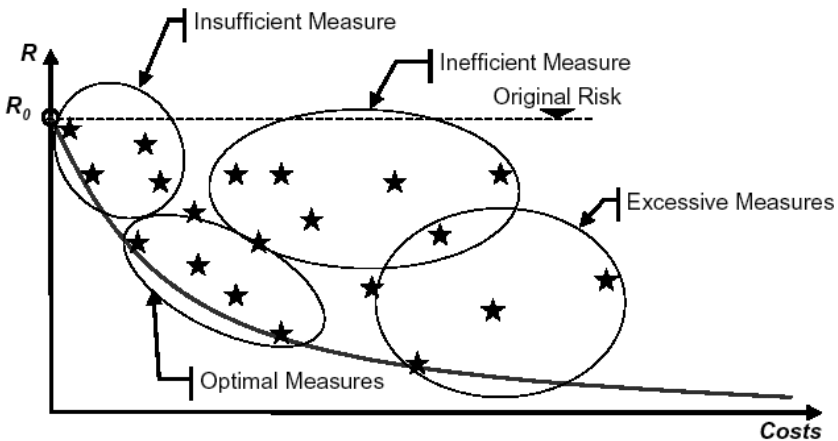


Рис. 5.7. Величина початкового ризику (R_0), вартість та ефективність заходів його зниження (H)

Для декількох індикаторів збитку внаслідок k -го ризику монетарний соціальний ризик R_m , що сприймається, визначається як:

$$R_m = \sum_{k=1}^n p \times C_k \times \varphi_k(C_k) \times M_k.$$

Сприйняття ризику залежить від ступеня самовизначеності та від вигод ризикованого виду діяльності. Тому маргінальна вартість змінюється в широких межах.

Задачі забезпечення безпеки за критеріями ризиків

Оцінка ризику забезпечує основні вхідні дані в програму управління ризиком. Задачі управління ризиком наступні:

- 1) визначити, який несприятливий чинник являє найбільшу небезпеку (яку готове сприйняти суспільство);
- 2) розглянути, чи варіанти управління (регулювання) є доступними;
- 3) виконувати відповідні дії, щоб зменшити (або ліквідувати взагалі) неприйнятні ризики (здійснення програми);
- 4) оцінка наслідків.

Однак, такі оцінки самі по собі не забезпечують відповіді на багато питань, на які менеджери ризику повинні відповісти. Який рівень експозиції від фактора ризику є неприйнятним ризиком або інакше, який рівень прийнятно безпечний? Які ж допустимі значення невпевненості і невизначеності при оцінці ризиків? Які компромісні механізми можливо і необхідно впровадити в програму зниження ризику, з урахуванням переваг, які досягаються, і витрат на процедури вдосконаленого управління ризиком? Чи з'являться нові ризики, як наслідок зменшення існуючих ризиків? Такі відповіді, очевидно, знаходяться під впливом пріоритетів і цінностей суспільства, і їх розподіл вимагає політичних концептуальних рішень.

Викладені вище задачі визначення за виразами (1)-(5) і нормування за виразами (6)-(7) ризиків $R(t)$, $[R_c(t)]$ і $R_c(t)$ висувають на перше місце розробку методів і механізмів реалізації нової технології забезпечення і підвищення рівня безпеки за критеріями ризиків. Суть цієї технології полягає в тому, що методи і механізми, що розробляються, повинні бути заснованими на теорії ризиків – стан безпеки оцінюється кількісно через вказані вище ризики. Тому і заходи щодо забезпечення і підвищення безпеки можуть та повинні обґрунтовуватися через зниження ризиків. Виходячи з того, що найзначущими в теорії безпеки є індивідуальні і економічні ризики $R(t)$, $[R_c(t)]$ та $R_c(t)$, для досягнення розрахунковими ризиками $R(t)$ на даному відрізку часу t прийнятних ризиків $[R_c(t)]$ і запасів по ризиках n_R необхідне здійснення комплексів заходів з відповідними економічними витратами $Z(t)$. Ці заходи, спрямовані на зниження ризиків $R(t)$ до рівня $[R_c(t)]$ повинні бути ефективними і пов'язаними з рівнями розрахункових ризиків $R_c(t)$:

$$Z(t) = \frac{R(t)}{m_z} \quad (8)$$

де m_z – коефіцієнт ефективності економічних витрат на зниження економічних ризиків ($m_z \geq 1$).

Актуальними задачами для суспільства у сфері аналізу ризику з урахуванням виразу (8) є:

- узагальнення досвіду реалізації державних, регіональних і галузевих програм по зниженню ризиків надзвичайних ситуацій, по забезпеченню промислової, енергетичної, екологічної, транспортної радіаційної безпеки, по технічному регулюванню;
- оптимізація витрат $Z(t)$ з досягненням максимальних значень коефіцієнта m_z з урахуванням ризиків $R(t)$, що формуються;
- розробка науково-методичних рекомендацій з планування і реалізації найефективніших заходів в штатних, кризових і надзвичайних ситуаціях.

Узагальненим виразом аналізу і забезпечення безпеки по критеріях ризиків на основі співвідношень (1)-(8) є наступне:

$$R(t) = F_R \{P(t), U(t)\} \leq [R(t)] = \frac{R_c(t)}{n_R} = m_z \cdot Z(t) \quad (9)$$

У виразі (9) відображені практично всі основні задачі, що стоять перед суспільством на найближчу і віддалену перспективу:

- науковий аналіз ризиків $R(t)$ через його основні компоненти $P(t)$, $U(t)$;
- обґрунтування прийнятних ризиків $[R(t)]$;
- науково-методичне обґрунтування граничних ризиків $R_c(t)$ і запасів n_R по ризиках;
- розробка методичних рекомендацій по формуванню і реалізації заходів, направлених на зниження ризиків $R(t)$ до прийнятних $[R(t)]$ і забезпечуючих оптимальні запаси $Z(t)$ із заданою ефективністю m_z .

Алгоритм прийняття рішення для забезпечення безпеки для об'єкта потенційної небезпеки

Відповідальні за прийняття рішення особи складають перелік небезпек, які необхідно оцінити. Для них збирається уся наявна необхідна інформація — статистика подій, карти небезпек, експертні оцінки та знання, тощо). Перелік дій особи, що приймає рішення, є наступним:

1. Просторове обмеження небезпеки

Якщо карти небезпеки та інвентаризаційні дані відсутні потенційні зони небезпеки визначаються за науковими даними.

2. Існуючі заходи безпеки

Всі наявні заходи безпеки (як наприклад, планування використання земель, інженерних споруд, такі як дамби, спеціальні коди для будинків, попереджувальні сигнальні системи, планування дій на випадок аварій, тощо) перераховуються та оцінюються стосовно їх ефективності.

3. Об'єкти потенційного впливу

На основі етапів розділів 1.1.5 та 1.2.2 об'єкти потенційного впливу ідентифікуються та характеризуються.

4. Визначення сценарію

Для оцінки ризику необхідно визначити декілька сценаріїв розвитку подій. Наприклад визначається три сценарії небезпечної події (подій) та три сценарії експозиції (для кожного потенційного об'єкту впливу) — тобто матриця 3×3 . Дані сценарії описуються і їх ймовірності визначаються.

При карт природних небезпек наявності сценарії небезпечних подій напряму відтворюються в процедурах визначення ризику. Наприклад, у Швейцарії обов'язковим є створення карт природних небезпек, а три сценарії небезпечних подій з ймовірністю утворення $1/30 \text{ рік}^{-1}$, $1/100 \text{ рік}^{-1}$ і $1/300 \text{ рік}^{-1}$ є базовими для них. До цих пір основний внесок виконується експертами з небезпек.

5. Очікувані втрати

На останньому етапі оцінки ризику визначаються сценарії наслідків.

Оцінюються очікувані збитки для потенційних об'єктів впливу. Максимальні та мінімальні втрати оцінюються для двох індикаторів збитків — матеріальних цінностей та фатальних людських втрат. Графічне представлення результатів оцінки ризику (вели-

чина та характеристика) мають бути доступними для подальшого аналізу.

Визначення рангу заходів безпеки

Основна задача наступного етапу — визначення рангу заходів безпеки з метою встановлення пріоритетів серед них.

1. Запит до дій

Як результат оцінки ризику представляються різні діаграми для їх порівняння. Для основних ризиків заходи безпеки беруться до уваги (call for action) і множина прийнятних заходів пропонується для оцінки.

2. Оцінка заходів безпеки

Запропоновані заходи обмеження небезпек оцінюються за методом вартість/ефективність. Таким чином очікувані річні витрати (інвестиції, обслуговування і експлуатація) обчислюються для заходів безпеки. Включаючи ефективність заходів ризику небезпек обчислюються знову, визначається зниження ризику і залишкові ризики. Заходи безпеки визначаються за рангом з урахуванням вартості/ефективності. Вся інформація надається особам, що приймають рішення.

5.1.6. Приклад обчислення соціального ризику для аеропорту

Такий аналіз виконаний на прикладі одного з найбільших аеропортів Європи – аеропорту Скіпхол (Нідерланди). В аеропорту Скіпхол, оточеному населеними територіями, виконується 90000 прильотів/вильотів в рік, тобто загальна кількість польотів 180000. Оскільки ймовірність катастрофи у польоті, за статистичними даними, складає $5,0 \times 10^{-7}$, то ймовірність катастрофи в Скіпхолі складає $180000 \times 5,0 \times 10^{-7} = 0,09$. Кількість жертв на землі (включаючи пасажирів і екіпажі) у разі катастрофи оцінюється як 50, причому при першому наближенні вважаємо, що кожна катастрофа загрожує зачепити поселені пункти. Згідно правилу VROM для соціального ризику один єдиний політ (в рік) може бути вже неприйнятний, оскільки

$$5,0 \times 10^{-7} > 10^{-3} / N_{di}^2 = 10^{-3} / 50^2 = 4,0 \times 10^{-7}.$$

Можна очікувати, що через величезну кількість польотів очікувана середньорічна оцінка і стандартне відхилення загального числа авіаційних пригод (АП) є значними:

$$E(N_{di}) = N_{Ai} p_{fi} N_{dijf} = 180000 \cdot 5,0 \cdot 10^{-7} \times 50 = 4,5;$$

$$\sigma(N_{di}) = (N_{Ai} p_{fi})^{1/2} N_{dijf} = (180000 \cdot 5,0 \cdot 10^{-7})^{1/2} \times 50 = 15.$$

Значне поліпшення безпеки польотів необхідно забезпечити для того, щоб виконання операції в аеропорту відповідали VROM-правилу. Якщо ризик в аеропорту Скіпхол обговорюється на національному рівні, як прийнятний для національного аеропорту, результат буде:

$$E(N) + k\sigma(N_{di}) = 49,5 \leq \beta_i \times 100.$$

Оцінка політичного чинника повинна обиратися для того, щоб виконати вищезгадану нерівність, що означає, що описана тут ситуація, неприйнятна без обговорення громадськістю. Виконання більш тонких і точних комп'ютерних розрахунків може показати більш прийнятну картину, ніж грубі розрахунки, представлені вище. Проте розрахунки індивідуального ризику 10^{-5} і 10^{-6} є відносно вірними і за межами а/п Скіпхол. Все це згідно VROM-правилу неприйнятно для індивідуального ризику, але використовуючи рамки, представлені тут, ситуація може бути прийнятною, якщо $\beta_i = 0,1$ для національного аеропорту, що використовується більшістю громадян.

F_N -діаграма є більш переважною, ніж груба приблизна оцінка, представлена вище, але є непринятною по значеннях соціального ризику, якщо порівняти їх з VROM-правилом. Якщо застосувати нові правила і прийняти $C_i = 11$, оскільки $N_{Ai} = 1$ для національного аеропорту і (іншими словами, якщо обговорення йде на національному рівні і в розрахунок беруться доходи). Доходи аеропорту потрібно порівняти із зовнішнім ризиком і вивчити можливості підвищення безпеки перед тим, як ухвалити політичне рішення, тобто збільшити від 0,01 до 0,1. До того ж, потрібно усвідомити, що аеропорт Скіпхол залишається єдиним великим аеропортом в Голландії.

Окрім безпеки аеропорту інтерес представляє аналіз і оцінка безпеки перевезень, яка розглядає пасажирів, як об'єкт дії замість

об'єкту третьої сторони. Індивідуальний ризик рівний приблизно 5×10^{-7} на один політ (зліт і посадка), якщо допустити, що половина пасажирів на борту загине в катастрофі (приблизно 200). Індивідуальний ризик залежить від кількості польотів, яку індивідуум здійснює за рік. При 10 польотах індивідуальний ризик складає 10^{-5} , а при 100 польотах 10^{-4} в рік. Перший відповідає прийнятному індивідуальному ризику, другий прийнятний тільки на добровільних засадах ($\beta_i = 0, 1$) або у разі очевидного прямого доходу (як для пілота). Очікувана величина і стандартне відхилення кількості АП може бути знайдений так:

$$E(N_{di}) = N_{Ai} p_{fi} N_{dij|f} = 180000 \cdot 5,0 \cdot 10^{-7} \cdot 200 = 18;$$

$$\sigma(N_{di}) = (N_{Ai} p_{fi})^{1/2} N_{dij|f} = (180000 \cdot 5,0 \cdot 10^{-7})^{1/2} \cdot 200 = 60.$$

Національний критерій показує:

$$E(N_{di}) + k \times \sigma(N_{di}) = 198 \leq \beta_i \times 100,$$

тобто соціальний ризик може бути прийнятний, якщо чинник поточної політики величиною $\beta_i = 2,0$ описує ставлення суспільства до повітряних перевезень. Ймовірно, що описана ситуація може зажадати проведення національних дебатів, для вирішення, чи повинні бути зроблені поліпшення, оскільки $\beta_i = 0, 1-1$ краще відбиває громадське ставлення.

Чисельне значення допустимої частоти може, в певних рамках, бути відрегульовано чинником β_i . В методологію визначення прийняттого ризику повинен бути включений математико-економічний підхід, який дозволяє порівняти зменшення ризику в грошових одиницях з інвестиціями, необхідними для забезпечення додаткової безпеки. В цьому випадку економічне обґрунтування рівня безпеки, запропоноване іншими підходами, додається до інформації, яка є в наявності при ухваленні рішення. Пропонується включити в цей підхід оцінку вартості людського життя (наприклад, визначуваного величиною валового національного доходу на душу населення), щоб уникнути рішень, які побічно торкаються неправдоподібно високих втрат.

5.1.7. Нормативні документи, що регламентують усунення зовнішніх сталих чинників ризику особи

Стан нормативної бази щодо управління техногенними, природними та екологічними ризиками регламентується вимогами Законів України, Указів Президента, Постанов Кабінету Міністрів України, інших нормативно-правових актів, що визначають принципи й умови безпечної життєдіяльності населення, а саме Законів України: «Про основи національної безпеки України», «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру», «Про об'єкти підвищеної небезпеки», «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», «Про ліцензування певних видів господарювання», «Про охорону атмосферного повітря», «Про питну воду та питне водопостачання», «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку», «Про поводження з радіоактивними відходами», «Про видобування та переробку уранових руд», «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання», «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності», а також Постанов Кабінету Міністрів України «Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки», «Про перелік видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку», «Про затвердження Положення про Державний реєстр потенційно небезпечних об'єктів», «Про затвердження Порядку і Правил проведення обов'язкового страхування цивільної відповідальності за шкоду, яка може бути заподіяна пожежами та аваріями...», «Про затвердження Методики оцінки збитків та наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру» тощо; Наказу Мінпраці та соціальної політики України «Про затвердження Методики визначення ризиків та прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки», Наказу Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій, Міністерства аграрної політики, Міністерства економіки, Міністерства екології і природних ресурсів «Про затвердження Методики прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті», Наказу МОЗ України «Про затвердження державних санітарних правил «Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України» тощо.

Ці нормативні акти є обов'язковими для виконання всіма центральними і місцевими органами державної виконавчої влади, підприємствами, організаціями, установами (незалежно від виду їх діяльності та форм власності), посадовими особами, громадянами. Їхні положення спрямовані на запобігання надзвичайним ситуаціям, забезпечення безпеки людей, зниження можливих майнових втрат і зменшення негативних екологічних наслідків у разі їх виникнення, створення умов для швидкого виклику аварійно-рятувальних підрозділів, успішної локалізації та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Слід зазначити, що наведений перелік нормативних актів, які застосовуються у сфері безпеки й ризику не є повним, оскільки їх кількість дуже велика. При управлінні ризиками слід також керуватись стандартами, будівельними нормами і правилами, нормами технологічного проектування та іншими нормативними актами, виходячи зі сфери їх дії, які регламентують вимоги та природної безпеки.

Нормативною базою для обліку, аналізу та оцінки ризику є:

Законодавство України, Укази Президента, постанови і рішення Уряду та органів Державного нагляду з безпеки праці.

Технічні регламенти відповідності.

Стандарт OHSAS 18001:1999 «Система менеджменту охорони здоров'я і безпеки праці персоналу. Вимоги та вказівки»

Стандарт OHSAS 18002:1999 «Настанова з впровадження системи оцінки охорони здоров'я і безпеки персоналу OHSAS 18001».

Ці нормативно-правові акти встановлюють вимоги до системи управління безпекою життєдіяльності, і надають можливість суб'єкту господарювання управляти професійними ризиками в галузі безпеки та здоров'я персоналу, а також підвищувати ефективність такого управління.

Постійне впровадження профілактичних заходів дає можливість усувати або системно зменшувати ризики виникнення травм та професійних захворювань, пов'язаних з виробничою діяльністю.

Система менеджменту охорони здоров'я і безпеки праці персоналу повинна застосовуватися у всіх структурних підрозділах підприємства.

ЗАВДАННЯ ТА ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Дайте визначення поняттю «ризик».
2. Назвіть види ризиків.
3. Як класифікують ризики?
4. Дайте визначення індивідуальному ризику.
5. Розкрийте поняття «соціальний ризик».
6. Охарактеризуйте структуру оцінки прийнятності ризику.
7. Назвіть деякі критерії індивідуального ризику.
8. Охарактеризуйте методи визначення ризику.
9. Яким чином здійснюється оцінка рівня ризику?
10. Охарактеризуйте експертний метод оцінки рівня ризику.
11. Що таке фактор карта?
12. Охарактеризуйте модельний метод оцінки рівня ризику.
13. Якісні оцінки ризику.
14. Назвіть загальні принципи забезпечення безпеки.