

## Застосування ризик-орієнтованого підходу для побудови моделей виникнення та розвитку НС

*Мета:* вивчити методи аналізу ризику.

*Завдання.* Визначення проблем з безпеки і захисту об'єкта господарювання у надзвичайних ситуаціях та рівня його ризику.

*Очікувані результати (компетенції):* аналізувати проблеми безпеки складних систем, які охоплюють людину.

### План лекції:

1. Ризик - як характеристика небезпеки. Концепція прийнятного ризику.
2. Нормування ризиків.
3. Оцінка рівня ризику.
4. Методи визначення ризику.
5. Прийняття рішення для забезпечення безпеки для об'єкта потенційної небезпеки.

### 1. Ризик - як характеристика небезпеки. Концепція прийнятного ризику

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 розвитку суспільства - сталий розвиток і безпека.

Виходячи з цього, 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 директивні 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 невизначеністю. 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 супроводжуються 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.**

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 прийнятного рівня безпеки для населення, 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.

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:

$$R = \frac{N_{\text{НП}}}{N_0} \cdot R_{\text{доп}}$$

де  $R$  - ризик;  $N_{\text{доп}}$  - 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 -

соціальної ( $N$ ), природної ( $S$ ) і техногенної ( $T$ ), 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  $U(t)$ :

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

$$P(t) = F_P \{P_N(t), P_S(t), P_T(t)\}, \quad (3)$$

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

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) за величинами ризиків  $R(t)$  визначення категорій надзвичайних ситуацій, високоризикових об'єктів і небезпечних процесів.

**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.

Для аналізу ризику (рівня безпеки) необхідно використовувати наступні принципи:

- принцип безумовного пріоритету безпеки і збереження здоров'я над будь-якими іншими елементами умов і якості життя членів суспільства;
- принцип прийнятної безпеки (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 безпеки, відповідно до якого рівень ризику встановлюється настільки низьким, наскільки він є реально досяжним;
- принцип послідовного наближення до абсолютної безпеки.

## 2. 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 критеріальною 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 техногенного 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 прийнятного ризику - найважливіше у прийнятті рішень. Варто підкреслити, що вибір значення прийнятного 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 прийнятного ризику в Україні є значення ризиків, прийняті в економічно розвинених країнах, які становлять:

- мінімальний ризик -  $< 10^{-8}$ ;

- граничнодопустимий ризик -  $< 10^{-5}$ .

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

### 3. Оцінка рівня ризику

**Модель ризику** - це 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. 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).

**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.

**Третій етап - оцінка очікуваних ефектів** визначає величину несприятливих ефектів, які можуть, ймовірно, виникнути при даних рівнях експозиції від фактора ризику.

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)  $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_{jc}\}$ ;

– 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"

Складність проблеми управління ризиком в такій системі полягає в тому, що кожна вихідна координата стану системи  $y_i$ , яка впливає на ризик функціонування всій СЛМС, є функцією всіх впливів  $y_i = F_i(P, V, E, Z)$ . До того ж  $P=P(t)$ ,  $E=E(t)$  і, як наслідок,  $y_i = F_i(P(t), V(t), E(t), Z(t))$ .

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 досить 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 **четвертний 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 обґрунтованої невпевненості, надійності і обмеженості аналізів.

#### 4. Методи визначення ризику.

**Основні методи визначення ризику наступні:**

- **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.

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.

#### **Експертний метод оцінки рівня ризику**

Оцінка рівня ризику 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 експерти, 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.

3. Встановлення відповідності між характером дії факторів та рівнем ризику (у балах для кожного фактора). 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).

#### **Фактор-карта**

<b>Фактори, що обумовлюють рівень ризику</b>	<b>Рівень ризику (високий, помірний, низький)</b>
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 є ігнорування характеру впливу кожного фактору на загальний ступень ризику, оскільки вклад кожного фактора в ймовірність настання ризикової події, як правило, не рівнозначне. Інший метод полягає у кількісній відповідності між характером дії фактора та рівнем ризику, який він обумовлює. Загальний ступінь ризику визначається, як сума балів усієї сукупності факторів, що обумовлюють даний вид ризику. Фактор-карта для оцінки рівня ризику має такий вигляд:

#### **Фактор карта**

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

Кількість балів, яка присвоюється кожному фактору, визначається виходячи з уявлення про ступінь впливу цього фактору на ймовірність виникнення ризикової події.



1. Збір інформації про характер дії визначених факторів. 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\_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.

**Метод аналізу чутливості** - найбільш простий та приблизний метод оцінки ступеня ризику, використання якого потребує мінімального обсягу вихідної інформації. Передбачає ізольовану зміну значення окремих параметрів та визначення нового кінцевого результату при зміні кожного його параметра. Показник чутливості події до окремого параметра розраховується як відношення попереднього 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 вагомні параметри 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 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.

**Метод аналізу сценаріїв** 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.

## **5. Прийняття рішення для забезпечення безпеки для об'єкта потенційної небезпеки**

**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, орієнтовані

**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 обґрунтованих 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 Р(Е) - ймовірність події Е; С(Е) - наслідок Е; наприклад, втрата завдяки затопленню; (Р(Е), С(Е)) - сприйняття наслідків; Б(Е) - процедура рішення задля управління ризиком - наприклад, дія послаблення на С(Е) або фізична дія на Р(Е).

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

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 пропонованих 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. Для перетворення одиниць ризику в монетарні оцінки (наприклад, фатальності/рік, у грн/рік) використовується принцип маргінальної вартості. Маргінальна вартість  $M_k$  визначається величиною коштів, яку люди бажають вкласти задля зменшення ризику на певну його одиницю. Для декількох індикаторів збитку внаслідок  $k$ -го ризику монетарний соціальний ризик  $R$ , що сприймається, визначається як:

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

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 ризику (здійснення програми);
- 4) оцінка наслідків.

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

#### *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*

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). Дані сценарії описуються і їх ймовірності визначаються.

*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 (величина та характеристика) мають бути доступними для подальшого аналізу.

### **Завдання для самостійної роботи студентів.**

*Питання для самостійного опрацювання для денної форми навчання.*

1. Пояснити різницю понять «імовірність події» і «імовірність ризику».
2. Пояснити поняття «довірчий інтервал».
3. Чи може прийнятний ризик мати високу імовірність?
4. Чи справедливо висловлення, що подія А з математичним очікуванням  $t=0,001$  відбувається частіше, ніж подія В, з математичним очікуванням  $t=0,0008$ ?
5. Що таке катастрофа?
6. Алгоритм оцінки безпеки ПНО на прикладі АЕС.
7. Пояснити поняття «дерево подій», «дерево відмов», «логічне дерево подій».
8. Суть принципу АЛАРА.
9. Класифікація ризиків.
10. Алгоритм аналізу збитків.
11. Пояснити поняття «комплексній ризик»

12. Як визначити значимість елементів складної системи в управлінні ризиком?

*Проблемні питання.*

Зміст (опис) задач, завдань та кейсів	Рекомендован ий час (години)
<b>Обов'язкові завдання для денної форми навчання:</b>	
Зробити аналіз та ідентифікацію загроз екологічній безпеці України	2
<b>Обов'язкові завдання для заочної форми навчання:</b>	
Провести аварійне прогнозування та оцінювання радіаційної обстановки на об'єкті господарювання після аварії на АЕС	2
<b>Додаткові завдання:</b>	
Аналіз методів розрахунку ризиків виникнення та розвитку НС.	
Аналіз ризику стану екологічної безпеки України	