

Тема №2 Використання ризико-орієнтованого підходу для побудови імовірнісних структурно-логічних моделей виникнення й розвитку НС

1. ЗАГАЛЬНИЙ АНАЛІЗ РИЗИКУ ТА ПРОБЛЕМ БЕЗПЕКИ

Україна належить до країн з високим рівнем ризику техногенних аварій і катастроф. Найбільша кількість потенційно небезпечних об'єктів експлуатується в хімічній, оборонній промисловості, енергетиці, транспорті та будівництві.

Сучасний стан безпеки в Україні є гіршим в порівнянні з іншими європейськими країнами. Щорічно від нещасних випадків, природних катастроф та техногенних аварій

виникає понад 50 тис. пожеж, під час яких гинуть сотні людей; ще вищим є показник загибелі від дорожньо-транспортних пригод – гине від 50 до 85 тис. осіб. Ступінь ризику отримати травму або загинути в Україні на один-два щаблі вища, ніж у країнах Центральної та Західної Європи і ймовірність цієї величини наближено складає біля $1 \cdot 10^{-3}$.

З метою уніфікації всі наслідки прояву небезпек розглядають як шкоду. Кожний вид шкоди має своє кількісне вираження.

Наприклад: ➤ кількість загиблих, поранених або хворих;
➤ площа зараженої території;
➤ площа вигорілого лісу;
➤ вартість зруйнованих споруд і т.п..

Показовим кількісним способом визначення шкоди вважається вартісний спосіб, у цьому випадку, шкода, визначається у грошовому еквіваленті. Друга, не менш важлива характеристика безпеки, а точніше міра можливої безпеки – це частота її прояву.

Універсальною характеристикою безпеки, яка охоплює імовірність реалізації безпеки та можливу шкоду від прояву безпеки є **ризик**. В залежності від джерел безпеки ризику можуть бути *техногенними, природними, соціально-політичними та комбінованими*. Природний ризик пов'язаний з імовірністю прояву несприятливих природних явищ; соціально-політичний – небезпечних дій інших людей. Техногенний ризик виникає в результаті аварій на АЕС, танкерах, небезпечних хімічних об'єктах і при руйнуванні гребель водоймищ.

Згідно з ДСТУ 2293-99 **ризик (R)** - це імовірність заподіяння шкоди з урахуванням її тяжкості.

Чисельно ризик визначається за допомогою декількох підходів:

1) **відношення кількості подій з небажаними наслідками (n) до максимально можливої їх кількості за конкретний період часу (N);**

$$R = \frac{n}{N} \quad (2.1)$$

Наведена вище формула дозволяє оцінити значення загального та групового ризику:

- при оцінці *загального ризику* величина N визначає максимальну кількість усіх подій;
- при оцінці *групового ризику* - максимальна кількість подій у конкретній групі, яка обрана із загальної кількості за певними ознаками.

Група може бути складена з людей однієї професії, віку й статі; транспортних засобів одного типу; суб'єктів господарської діяльності одного класу тощо.

2) добуток імовірності виникнення небезпеки на очікуваний розмір збитку від прояву небезпеки;

3) добуток серйозності небажаної події на частоту її реалізації;

4) чисельне значення, що характеризує стан небезпеки.

$$R=H+V-C \quad (2.2)$$

де H – небезпеки;

V – уразливість (сукупність умов і процесів, які є результатом прояву фізичних, соціальних, економічних факторів і факторів навколишнього середовища, що визначають чутливість людини або суспільства до дії небезпеки);

C – захищеність (сукупність засобів і методів окремої людини або суспільства в цілому, які вони використовують для запобігання наслідків прояву небезпеки).

Найчастіше ризик вимірюється в тій же величині, що і вражаючий чинник небажаної події / потенційний збиток.

Індивідуальний ризик – це 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. Індивідуальний ризик R_i характеризує реалізацію небезпеки певного виду для конкретної особи, а також розподіл ризику в часі та просторі.

Індивідуальний ризик може бути *побутовим, професійним, добровільним та вимушеним*. Так, індивідуальний ризик може бути добровільним, якщо він обумовлений діяльністю людини на добровільній основі, і вимушеним, якщо людина піддається ризику у складі частини суспільства (наприклад, проживання в екологічно несприятливих регіонах, поблизу джерел підвищеної небезпеки).

Індивідуальний ризик не дозволяє судити про масштаб катастрофи, тому вводиться поняття групового (соціального) ризику.

Груповий ризик є залежністю між частотою негативних подій (аварій, катастроф, стихійних лих) та кількістю постраждалих в них людей, характеризує масштаби і тяжкість негативних наслідків надзвичайних ситуацій, а також різного роду явищ і перетворень, що знижують якість життя людей.

Нескінченно малий («нульовий») ризик свідчить про відсутність реальної небезпеки в системі, і навпаки, чим вищий ризик, тим вища

реальність впливу небезпеки.

Ризик класифікують в залежності від джерел небезпеки. Так, *техногенний ризик* виникає в результаті аварій на АЕС, танкерах, небезпечних хімічних об'єктах і при руйнуванні гребель водоймищ. Причинами таких техногенних аварій є інтенсивність технологічних процесів, висока концентрація виробництва, використання технологій, які використовують велику кількість ресурсів та мають ще більше відходів, недостатнє забезпечення пристроями очистки та утилізації. Природний ризик пов'язаний з імовірністю прояву несприятливих природних явищ.

Також ризик можна класифікувати як:

- внутрішній ризик (пов'язаний з функціонуванням підприємства);
- зовнішній ризик (не пов'язаний з функціонуванням підприємства);
- людський фактор (ризик, пов'язаний з помилками людини).

Часто достатньо якісної оцінки ризику небезпеки, яка ґрунтується на складанні матриць ризику без виконання числових розрахунків. Для цього оцінюють категорії серйозності небезпеки та рівні ймовірності небезпеки.

Категорії серйозності небезпеки встановлюють якісні значення відносної серйозності ймовірних наслідків небезпечних умов. Категорії серйозності небезпеки застосовують, в першу чергу, для визначення важливості використання тих чи інших профілактичних заходів безпеки.

В залежності від серйозності наслідків небезпеки поділяють на **чотири категорії:**

- I - **катастрофічні** (приводять до смерті людини або руйнування системи);
- II - **критичні** (призводять до серйозних травм, стійких захворювань, істотних ушкоджень у системах);
- III - **граничні** (призводять до незначних травм, короточасних захворювань, ушкоджень у системах);
- IV - **незначні** (призводять до менш значних ушкоджень, ніж в III категорії).

Так, ситуації, які відносяться до I-ї категорії (катастрофічні небезпеки), вимагають значно більшої уваги, ніж ті, які відносяться до IV-ї категорії (незначні небезпеки). *Категорії серйозності небезпеки використовують при визначенні профілактичних заходів щодо забезпечення безпеки для певних умов або пошкоджень системи.*

Рівні ймовірності небезпеки – це якісне відображення відносної ймовірності реалізації небажаної події.

В залежності від частоти прояву, небезпеки поділяють на **п'ять**

рівнів:

- **A - часті** (велика ймовірність того, що небезпека буде реалізована);
- **B - можливі** (може проявитися кілька разів за період життєвого циклу);
- **C - випадкові** (іноді може відбутися за період життєвого циклу);
- **D - віддалені** (малоймовірне, але можлива подія за період життєвого циклу);
- **E - неймовірні** (настільки малоймовірно, що можна припустити, що така небезпека ніколи не відбудеться).

Наприклад, зіткнення літаків у повітрі відноситься до I категорії серйозності небезпеки – катастрофічної. Імовірність такої події, виходячи із статистичних даних, можна вважати віддаленою – рівень D. В той самий час зіткнення автомобілів на автостоянці відноситься до IV категорії серйозності небезпеки, імовірність якої часта або можлива (A або B). Через високу імовірність аварії на автостоянці достатньо інтенсивно використовують ряд заходів, які не потребуються значних витрат: обмеження швидкості, широкі місця для паркування, розмітка напрямку руху тощо.

Серйозну небезпеку можна вважати припустимою, якщо буде доведено, що її ймовірність низька, а можливу подію можна вважати припустимою, якщо буде доведено, що її наслідки незначні. Так, небезпеки з індексом 4C, 4D, 4E мають незначний рівень ризику; з індексом 1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 3A – мають неприпустимий рівень ризику і потребують розробки заходів та прийняття управлінських рішень, спрямованих на мінімізацію можливого ризику.

Вважають, що ймовірність припустимого ризику небезпеки обернено пропорційна її серйозності. Розробка матриці оцінки ризику полегшує оцінку та класифікацію ризику за ступенем припустимості.

Таблиця 2.1 – Матриця оцінки ризику

Очікувана частота небезпеки	Категорія (серйозність) небезпеки			
	I Катастрофічна	II Критична	III Гранична	IV Незначна
Часто А	1А	2А	3А	4А
Можливо В	1В	2В	3В	4В
Випадково С	1С	2С	3С	4С
Віддалено D	1D	2D	3D	4D
Неймовірно Е	1E	2E	3E	4E

**Індекс ризику небезпеки*

Класифікація ризику	Критерії ризику
1А, 1В, 1С, 2А, 2В, 3А	Неприпустимий (надмірний)
1D, 2С, 2D, 3В, 3С	Небажаний (гранично допустимий)
1E, 2E, 3D, 3E, 4А, 4В	Прийнятний
4С, 4D, 4E	Знехтуваний

Використовуючи спільно методики визначення серйозності та імовірності небезпеки можна вивчати та класифікувати небезпеки, визначати їх потенційно можливі наслідки та ризики.

2. КОНЦЕПЦІЯ ПРИПУСТИМОГО (ПРИЙНЯТНОГО) РИЗИКУ

За ступенем допустимості ризик буває:

- знехтуваний;
- припустимий (прийнятний);
- граничнодопустимий;
- надмірний.

Знехтуваний ризик має настільки низький рівень, що він перебуває в межах припустимих відхилень природного / фонового рівня ($R \leq 10^{-7}$).

Припустимим (прийнятним) вважається рівень ризику, який враховує техніко-економічні й соціальні можливості на даному етапі розвитку суспільства ($10^{-7} < R \leq 10^{-4}$).

Гранично допустимий ризик - це максимальний ризик, який у жодному разі не повинен перевищуватися ($10^{-4} < R \leq 10^{-2}$).

Надмірний ризик характеризується винятково високим рівнем ($R > 10^{-2}$) і в переважній більшості випадків приводить до негативних наслідків.

Інтегральний ризик – сумарний ризик для населення, соціальних, техногенних і природних об'єктів від всіх можливих негативних подій природного і техногенного походження.

На практиці досягти нульового рівня ризику, тобто абсолютної безпеки, неможливо. Тому, сучасна концепція безпеки життєдіяльності базується на досягненні припустимого (прийнятного) ризику. Сутність концепції припустимого (прийнятного) ризику полягає в прагненні створити мінімальну безпеку, яку сприймає суспільством у цей час. Припустимий ризик є певним компромісом між рівнем безпеки та можливостями його досягнення.

Максимально припустимим рівнем індивідуального ризику загибелі людину вважають ризик, рівним 10^{-6} у рік. **Низьким** вважають індивідуальний ризик загибелі людину, рівним 10^{-8} у рік.

Концепцію припустимого ризику можна ефективно використовувати для будь-якої сфери діяльності, галузі виробництва, підприємств, організацій і установ.

На рис. 2.1 наведено спрощений приклад визначення прийняттого ризику загибелі людини за рік.

Із графіка помітно, що порушення балансу на користь кожної з сфер діяльності людини може послужити причиною різкого збільшення ризику і його рівень може вийти за межі припустимих значень. Зі збільшенням витрат на забезпечення безпеки технічних систем, технічний ризик зменшується, але зростає соціально-економічний. Надмірні витрати на підвищення безпеки технічних систем, в умовах обмежених коштів, може завдати шкоди соціальній сфері, наприклад, погіршити медичну допомогу. Сумарний ризик буде мінімальним при збалансованому співвідношенні інвестицій у технічній та соціальній сферах. Повна безпека не може бути гарантована нікому, незалежно від способу життя.

При зменшенні ризику нижче рівня 10^{-6} на рік громадськість, як правило, не висловлює надмірної заклопотаності, і тому рідко вживаються спеціальні заходи для зниження ступеня ризику. Досить малим вважається індивідуальний ризик загибелі 10^{-8} на рік.

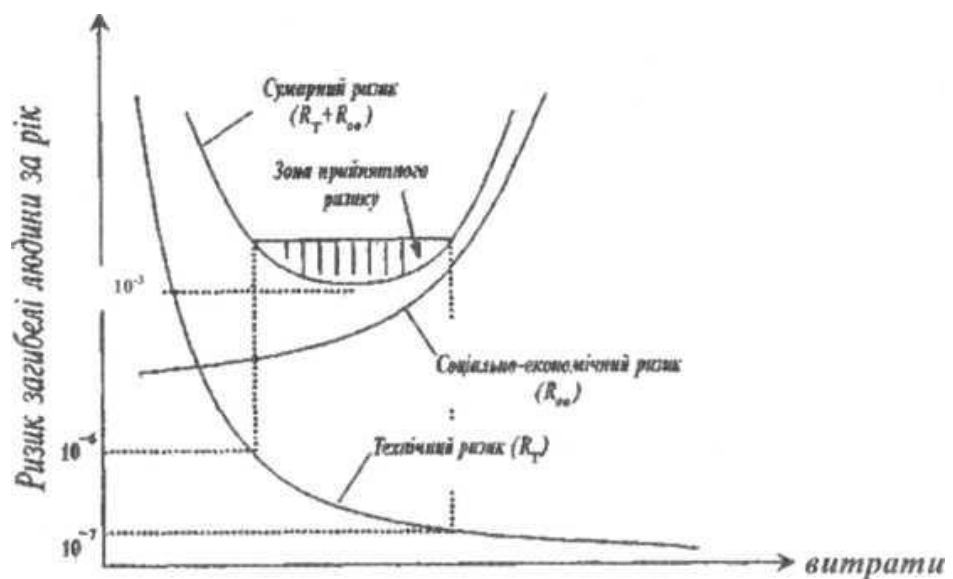


Рис. 5.1. Визначення прийняттого ризику

Рис. 2.1 Визначення припустимого (прийняттого) ризику

3. РОЗПОДІЛ ПІДПРИЄМСТВ, УСТАНОВ ТА ОРГАНІЗАЦІЙ ЗА СТУПЕНЕМ РИЗИКУ ЇХ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 28.05.2008 року № 493 «Про затвердження критеріїв розподілу суб'єктів

господарювання за ступенем ризику від провадження господарської діяльності для безпеки життя і здоров'я населення, навколишнього природного середовища та періодичності здійснення заходів державного

нагляду (контролю)», критерії розподілу суб'єктів господарювання за ступенем ризику їх господарської діяльності для безпеки життя і здоров'я населення, навколишнього природного середовища встановлюються з метою *оцінювання ступеня ризику від провадження господарської діяльності*.

Так, суб'єкти господарської діяльності незалежно від форм власності характеризуються високим, середнім та незначним ступенем ризику для безпеки життя і здоров'я населення, а також навколишнього природного середовища.

Критеріями оцінки ступеня ризику є наявність:

- хімічних, біологічних, радіаційних, вибухо-, пожежо- та інших небезпечних речовин і матеріалів;
- загрози від потенційно небезпечних об'єктів, об'єктів підвищеної небезпеки;
- загрози від небезпечних гідрологічних та геологічних процесів;
- гідротехнічних споруд, хвостосховищ, шламонакопичувачів, накопичувачів
- токсичних відходів;
- будівель та споруд, що належать до аварійно небезпечних об'єктів;
- об'єктів інфраструктури життєзабезпечення населення та населених пунктів;
- будівель з покрівлею площею понад 1000 кв. метрів, виготовленою з використанням вантових та арочних конструкцій.

Також критеріями розподілу суб'єктів господарювання за ступенем ризику їх господарської діяльності є чисельність людей, що за прогнозами можуть постійно або тимчасово перебувати на об'єктах та у місцях масового скупчення населення, а також належність підприємств до потенційно небезпечних об'єктів, об'єктів підвищеної небезпеки і таких, що мають стратегічне значення для економіки та безпеки держави.

До суб'єктів господарювання з високим ступенем ризику належать суб'єкти, у яких на праві власності, володіння чи користування перебувають:

- 1) об'єкти підвищеної небезпеки, потенційно небезпечні об'єкти і такі, що мають стратегічне значення для економіки та безпеки держави;
- 2) аварійно-рятувальні служби та формування;
- 3) об'єкти виробництва, зберігання, транспортування, використання, захоронення, знищення та утилізації отруйних речовин, у тому числі продуктів біотехнології та інших біологічних агентів;
- 4) бази, склади, арсенали боєприпасів та військового озброєння;
- 5) об'єкти утилізації боєприпасів, небезпечних речовин та матеріалів;
- 6) радіаційно небезпечні об'єкти (крім атомних електростанцій), підприємства з виготовлення і переробки відпрацьованого ядерного палива, підприємства із захоронення радіоактивних відходів, науково-дослідні та проектні організації, що працюють з ядерними реакторами;
- 7) шлаконакопичувачі, накопичувачі токсичних відходів та гідротехнічні споруди;
- 8) об'єкти, що підлягають постійному та обов'язковому обслуговуванню державними аварійно-рятувальними службами;
- 9) об'єкти з масовим перебуванням людей, стадіони, ринки, рекреаційні зони, місця відпочинку населення (турбази, водні об'єкти тощо);
- 10) захисні споруди цивільного захисту (цивільної оборони).

До суб'єктів господарювання з середнім ступенем ризику належать суб'єкти, у яких на праві власності, володіння чи користування перебувають:

- 1) об'єкти, що за прогнозами можуть опинитися у зоні можливого ураження у разі виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті підвищеної небезпеки та потенційно-небезпечному об'єкті;
- 2) об'єкти, розташовані на територіях з небезпечними гідрологічними та геологічними процесами;
- 3) об'єкти, розташовані на територіях, що за прогнозами можуть опинитися у зоні можливого затоплення у разі прориву або руйнування гідроспоруди;
- 4) об'єкти інфраструктури життєзабезпечення населення та населених пунктів;
- 5) будівлі та споруди з покрівлею площею понад 1000 кв. метрів, виготовленою з використанням вантових та арочних конструкцій;
- 6) навчальні та дошкільні заклади, домоуправління, інші суб'єкти господарювання, що згідно з нормативно-правовими актами проводять навчання населення діям у надзвичайній ситуації;
- 7) проектні та експертні, інші організації, діяльність яких пов'язана із забезпеченням техногенної безпеки у сфері цивільного захисту.

До суб'єктів господарювання з незначним ступенем ризику

належать суб'єкти, що не віднесені до суб'єктів господарювання з високим та середнім ступенем ризику.

Заходи державного нагляду (контролю) за діяльністю суб'єктів господарювання здійснюються з такою періодичністю:

- з високим ступенем ризику - один раз на рік;
- із середнім ступенем ризику - один раз на три роки;
- з незначним ступенем ризику - один раз на п'ять років.

Розподіл суб'єктів господарювання за ступенем ризику здійснюється територіальними органами Державної інспекції цивільного захисту та техногенної безпеки щороку.

Згідно Закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» кожне підприємство повинне здійснювати декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки. Воно проводиться з метою запобігання надзвичайних ситуацій техногенного й природного характеру, а також з метою забезпечення готовності до локалізації й ліквідації надзвичайних ситуацій техногенно-природного характеру або їх наслідків.

Шкода навколишньому середовищу (екологічна) і інші види збитку, мають кількісну оцінку, яка виражається у вигляді можливих ризиків нанесеної шкоди. Усі види збитку компенсуються об'єктами господарської діяльності або споживачами їх продукції, з вини яких нанесений збиток. Ці збитки враховують у собівартості та ціні продукції.

Для об'єктів підвищеної небезпеки припустимий (прийнятний) ризик встановлюється з урахуванням масштабів небезпеки, які можуть бути ним створені, та розташуванням в регіоні інших підприємств, що мають об'єкти підвищеної небезпеки, за умови, що сумарний ризик виникнення небажаних наслідків не перевищує встановленого. Встановлені значення, вище яких ризик вважається абсолютно неприйнятним (верхній рівень), і значення, нижче яких ризик вважається абсолютно прийнятним (нижній рівень).

Неприйнятними значеннями ризиків для життя людини, вважають:

$R > 10^{-5}$ - для територіального ризику за межами санітарно-захисної зони підприємства, у складі якого є хоча б один об'єкт підвищеної небезпеки;

$R > 10^{-6}$ - для індивідуального ризику - для людини, що перебуває в за межами санітарно-захисної зони підприємства, у складі якого є хоча б один об'єкт підвищеної небезпеки (місті, селищі, селі, на території промислової зони підприємств і організацій);

$R > 10^{-5}$ - для соціального ризику загибелі більш 10 людей за рік, що перебувають за межами санітарно-захисної зони підприємства, у складі якого є хоча б один об'єкт підвищеної небезпеки (місті, селищі, селі, на території підприємств і організацій).

Також, у якості критерію соціального ризику може використовуватися очікувана кількість загиблих з розрахунку на 1000 жителів, на території санітарно-захисної зони, яка перебуває за межами, підприємства (міста, селища, села, на території підприємств і організацій, що перебувають у промисловій зоні).

У всіх випадках ризик виникнення аварій на об'єктах підвищеної небезпеки, для населення рекомендується вважати прийнятним при наступних його рівнях:

- територіального ризику $R \leq 10^{-7}$;
- індивідуального ризику $R \leq 10^{-8}$;
- соціального ризику $R \leq 10^{-7}$.

З урахуванням особливостей регіону, місцеві органи виконавчої влади можуть встановлювати інші значення верхнього й нижнього рівнів ризику. Значення верхнього рівня кожного з перерахованих вище критеріїв прийнятного ризику допускається встановлювати в 100 раз нижче їх аналогів, пов'язаних з небезпеками повсякденного життя і ризиком проживання в регіоні (дорожньо-транспортні пригоди, нещасні випадки в побуті, пожежі, вибухи газу тощо). У всіх випадках припустимий (прийнятний) ризик, який встановлений органами виконавчої влади в регіонах, не повинен перевищувати рівнів, які встановлено методикою визначення ризиків.

Для прийняття рішень про надання дозволу на експлуатацію, будівництво або реконструкцію об'єктів підвищеної небезпеки, може використовуватися кожний з перерахованих вище критеріїв прийнятного ризику (територіальний, індивідуальний або соціальний) або їх сукупність, залежно від специфіки об'єкта.

4. МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКУ

Підхід, при якому прийняття конкретного рішення базується на оцінці ризику називають **ризико-орієнтованим (РОП)**. Концепція РОП деякою мірою протилежна тому підходу, при якому необхідність і

можливість досягнення кращого результату диктується жорсткою системою нормативів, правил, стандартів. Для того щоб надати перевагу конкретним заходам та засобам або певному їх комплексу, порівнюють витрати на ці заходи та засоби і рівень зменшення шкоди, який очікується в результаті їх запровадження.

Основними складовими ризико-орієнтованого підходу є процедури оцінки ризику та управління ризиком. **Оцінка ризику** – аналіз виникнення та масштабів ризику в конкретній ситуації. **Управління ризиком** – аналіз ризикованої ситуації та розробка заходів, спрямованих на мінімізацію ризику.

Мета оцінки ризику - виявлення небезпек, одержання й узагальнення якісної та кількісної інформації про рівень і наслідки впливу шкідливих і небезпечних факторів на об'єкти та визначення ймовірних наслідків з метою попередження розвитку несприятливих ефектів і обґрунтування управлінських рішень для зниження рівня ризику.

Процедура оцінки ризику здійснюється в три етапи, це:

- ідентифікація небезпек;
- оцінка ризику впливу;
- характеристика ризику.

Ідентифікація небезпек - це початковий етап процедури оцінки ризику, який визначає, чи здатний фактор небезпеки викликати несприятливі ефекти або наслідки для об'єктів, на які він впливає. Головним завданням цього етапу є виявлення найбільш нестійких об'єктів, а також пріоритетних шкідливих і небезпечних факторів, які необхідні для визначення характеристики рівня ризику та джерел його виникнення.

На другому етапі процедури оцінки ризику – тобто **при оцінці ризику впливу** встановлюються причинні зв'язки між впливом потенційно-небезпечного фактору та розвитком несприятливих наслідків на об'єкті.

Для оцінки ризику переважно використовують 4 методологічних підходу:

➤ **статистичний;**

Метод базується на аналізі коливань досліджуваного показника за певний відрізок часу. Важають, що закономірність змін аналізованої величини поширюється на майбутнє; є достатньо ефективним для тривалих періодів часу.

➤ **інженерний;**

Метод базується на використанні теорії імовірності, статистичних методів, розрахунку частоти тощо.

➤ **модельний;**

Метод ґрунтується на побудові моделей передумов події в системі з урахуванням впливу шкідливих факторів на окрему людину, соціальні, професійні групи і т.п..

➤ **експертний** (оцінка ризику фахівцями-експертами; віднеситься до суб'єктивних методів визначення рівня безпеки);

➤ **соціологічний;**

Метод заснований на системі методологічних, методичних та організаційно-технічних заходів, пов'язаних між собою єдиною метою; отримання достовірних даних про явище або процес, які вивчаються, для їх наступного використання щодо зменшення небезпеки життю людини. В рамках соціологічного методу здійснюють опитування працівників та населення.

➤ **нормативний;**

Систему нормативів можна розглядати як один із варіантів рейтингового методу з тією різницею, що шкала оцінки заздалегідь сформована і складається з мінімуму значень ранжування. Нормативний метод оцінки дає змогу визначити ступінь ризику з максимальною точністю, але не дає можливості врахування деталей та обставин конкретної ситуації.

➤ **аналоговий** (використання та порівняння небезпек і факторів ризику, які відбувалися в подібних умовах та ситуаціях);

➤ **комбінований** (базується на використанні декількох методів).

Для оцінки ризику впливу також достатньо широко використовують логіко-графічний метод (метод дерева відмов), метод аналогій та ймовірно-статистичний метод.

Логіко-графічний метод полягає в аналізі «дерева відмов». При аналізі «дерева відмов» виявляються комбінації відмов (несправностей) устаткування, помилок персоналу й зовнішніх (техногенних, природних) впливів, які приводять до основної події (аварійної ситуації, нещасного випадку). Метод використовується для аналізу можливих причин виникнення аварійної ситуації й визначення її частоти (на підставі значення частоти вихідних подій). Метод дерева відмов, як правило, застосовується для аналізу або модернізації складних технічних систем і виробництв.

Метод аналогій полягає в порівнянні якої-небудь ризикованої ситуації з аналогічної, що відбувся раніше. Таке порівняння дозволяє використовувати більш надійні вихідні дані для оцінки ризику.

Ймовірно-статистичний метод є основним методом для сучасних інфраструктур з оцінки ризику впливу в будь-яких галузях господарського комплексу. Кількісний аналіз ризику в цей час використовується в ядерній і в хімічній галузях США і Європи. Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ) розробило рекомендації для визначення безпеки АЕС на основі ймовірнісних моделей.

На третьому етапі - етапі **характеристики ризику**, здійснюється порівняльна оцінка ризиків і аналіз їх розподілу: територіального, за часом, об'єктам, факторам і наслідкам.

При виконанні цього етапу проводять узагальнення отриманих даних, роблять рекомендації, які необхідні для реалізації заходів щодо керування ризиком. На цьому етапі також оцінюють значимість виниклих проблем і порівнюють отримані кількісні характеристики ризику зі значеннями умовно визначеного припустимого (прийняттого) ризику. За

результатами проведених досліджень узагальнюється отримана інформація й робляться висновки про рівень фактичного ризику.

Управління ризиком засноване на використанні всіх отриманих висновків при оцінці ризику. При виборі пріоритетів, під час розробки будь-якого проєкту, необхідно ще на першому етапі розробки виробу або системи максимально врахувати елементи, що виключають небезпеку.

Якщо виявлену небезпеку неможливо виключити повністю, необхідно знизити ймовірність ризику до припустимого рівня шляхом вибору відповідного рішення, а саме:

- повною або частковою відмовою від робіт і технологій, що мають високий ступінь небезпеки;
- заміною небезпечних операцій іншими - менш небезпечними;
- удосконаленням технічних систем і об'єктів;
- розробкою й використанням спеціальних засобів захисту;
- заходами організаційно-управлінського характеру, у тому числі контролем рівня безпеки, навчанням людей з питань безпеки, стимулюванням безпечної роботи й поведінки.

При виборі конкретних заходів і засобів або певного їхнього комплексу порівнюють витрати на ці заходи і засоби з рівнем зниження шкоди, який очікують в результаті їх впровадження / отриманої вигоди від зниження ризику. Для підвищення рівня безпеки до технічних, організаційних та адміністративних заходів додаються економічні, наприклад, страхування, грошові компенсації збитку, плата за ризик та інші. Іншим необхідним аспектом встановлення співвідношення витрат з розміром припустимого (прийняттого) ризику є *можливість контролю або ліквідації ризику*.

Деякі небезпеки, що мають відносно низький рівень ризику вважаються неприпустимими, тому що їх досить складно контролювати або ліквідувати. Наприклад, хоча ризик удару блискавкою, ймовірність якого 1 на 14 млн., можна вважати відносно низьким, люди рідко перебувають на вулиці під час грози. У цьому випадку, незважаючи на те, що ризик невеликий, необхідність його ліквідації ґрунтується на тому, що ціна повної зневаги такою небезпекою дуже висока (смерть або серйозні фізичні ушкодження), а ціна контролю або ліквідації цього ризику, навпаки, незначна (наприклад, треба просто залишатися в приміщенні). Проте, коли будівельні роботи повинні здійснюватися за графіком, вартість зниження можливості поразки людину блискавкою розглядається з погляду інші перспективи.

Існують небезпеки, які вважаються припустимими, хоча, мають великий потенціал ризику через те, що їх важко або практично неможливо усунути. Наприклад, це дії із запуску космічного човна. З погляду експлуатації всієї системи рівні ризиків, пов'язані із запуском і посадкою човна на кілька порядків вище ризиків польоту на авіалайнері, а ризики польоту на авіалайнері, ризиків

пілотування легкого одномоторного літака. Але в цьому випадку такий ризик приймається, тому що, по-перше, його практично неможливо усунути на даному етапі розвитку космонавтики, а по-друге, кожний політ космічного човна відкриває нові перспективи для розвитку багатьох областей науки, техніки, оборони й об'єктів господарської діяльності.

Останньою процедурою системного аналізу ризику є **інформування про ризик**. Відповідна інформація, отримана при оцінці та управлінні ризиком, повинна бути доведена до фахівців, представників засобів масової інформації, зацікавлених груп і осіб. Інформування громадськості та зацікавлених осіб про ризики здійснюється шляхом обговорення проблематики з фахівцями, а також висвітлення в засобах масової інформації, експертиз та заслуховування відповідних звітів на громадських слуханнях.