

Ю.П. Рак, Р.Ю. Сукач

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ РИЗИКУ В ПРОЕКТАХ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ПОТЕНЦІЙНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

Запропонована математична модель визначення величини ризику з позиції нерозривності зв'язку між характеристикою надзвичайної ситуації, зацікавленими сторонами та менеджерами, що враховує умови невизначеності і різні фази життєвого циклу проекту для забезпечення успіху виконання проекту захисту об'єктів потенційної небезпеки. Дж.16.

Ключові слова: ризик, проектно-орієнтований, імовірність, модель, надзвичайна ситуація, сценарій.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Кризові явища в економіці та складна політична ситуація стимулює динаміку підвищення небезпеки виникнення надзвичайних ситуацій (НС) техногенного та природного характеру. Проблеми зниження небезпеки, запобігання техногенним та природним НС вимагає вміння оцінювати ризики виникнення НС, прогнозувати їх розвиток, оперативно приймати управлінські рішення. Складність цієї проблеми обумовлена значними умовами невизначеності та багатоваріантністю процесів прояву джерел небезпеки і заходів щодо їх запобігання. Суттєве зменшення вихідної невизначеності при виникненні НС забезпечить впровадження методології проектно-орієнтованого управління, що дозволить при управлінні проектом захисту об'єктів потенційної небезпеки (ОПН) мінімізувати фінансові, часові та матеріальні витрати. Крім того, використання методів проектно-орієнтованого управління дозволить на стадії моделювання процесів виникнення та розвитку НС, мінімізувати велику різноманітність причини їх виникнення та обмежити кількість альтернатив.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор. Проведений аналіз теоретичних досліджень з корисної оцінки ризику при експлуатації, в яких запропоновано рішення проблеми і виділення невирішеності її частини, показав, що успіх діяльності будь-якої організаційної структури, відповідальної за стан безпеки людини, визначається успіхом реалізації державної стратегії направленої на запобігання НС, а це вимагає зосередження великої уваги на впровадження у всіх сферах виконавчих структур методології проектно-орієнтованого управління.

До недавня в промисловості та інших сферах діяльності робився значний акцент на розвиток оперативно-рятувальних служб та інструментальних механізмів, засобів і технологій направлених на забезпечення поставарійної стадії, де головним причинам системи цивільного захисту було вчасно реагувати і ліквідувати, то на сьогодні відбувся крен на перспективність попереджувальних та запобіжних дій, про що свідчать відомі наукові розробки та публікації.

Досвід ліквідації наслідків НС свідчить, що, незважаючи на узгодження технічних та організаційних заходів ліквідації НС, зусилля в цьому напрямку з метою підвищення безпеки стають усе менш ефективними. Економіка навіть високорозвинутих країн не в змозі збільшувати фінансування робіт з ліквідації наслідків НС та компенсувати втрати від них. У зв'язку з цим починаючи із вісімдесятих років у високорозвинутих країнах [2, 3], а також в Україні [4, 5, 6] була усвідомлена необхідність зміни акценту політики у бік вирішення задач по

запобіганню НС. Така тенденція розробки попереджувальних заходів та принципів дослідження їх описано в працях Дж. Кумамото [1], Гетьмана В. [2], Алімова В. [3], Касти Дж. [4], Белова П. [5] тощо. Аналіз приведених досліджень вказує на необхідність розробки науково-методологічного забезпечення реалізації превентивної політики щодо виникнення НС і спричинило інтенсивний розвиток відокремленої галузі – управління і оцінки ризику.

В наукових дослідженнях таких вчених, як Хенлі Е., Буравльов Є., Дж. Кумамото, Гетьмана В. розроблено концепцію управління ризиком, ґрунтовану на таких принципах, зокрема :

- принцип ALARA – зменшувати ризик настільки, наскільки це можливо ;
- принцип ALARP – зменшувати ризик настільки, наскільки це прийнятно ;
- принцип – вживати всі необхідні запобіжні заходи ;
- принцип – застосовувати найбезпечніші технології.

Слід відмітити, що моделювання ризиків і прогнозування виникнення НС та ймовірних сценаріїв їх розвитку, оцінка ризиків НС відповідно до різних сценаріїв їх розвитку є основою системи управління безпекою, попередженням і пом'якшенням наслідків аварій і катастроф.

Аварії, техногенні і природні НС, як правило, призводять до наслідків різного характеру. Щоб їх порівнювати, необхідно мати єдину міру цих наслідків, наприклад у вартісному вираженні, або критеріїв, які зводять різні НС до єдиного базису.

Аналіз ризику полягає у визначенні типів небезпеки, ідентифікації джерел небезпеки (загроз), подій, ініціюючих виникнення аварій, отриманні кількісних оцінок ймовірності виникнення аварій та їх наслідків. Кількісне значення ймовірності реалізації загрози визначаються або на основі статистичних даних, або на основі математичних моделей. Оцінка наслідків включає аналіз можливого впливу на людей, майно та довкілля. Підхід на основі оцінки ризиків, як відмічено у сучасних науково-прикладних дослідженнях українських та зарубіжних вчених, є найбільш складним із застосовуваних на даний час методів аналізу безпеки.

Таким чином оцінка ризику – ключова ланка визначення загального рівня безпеки. На сьогодні в Україні існують ряд методик прогнозування наслідків виникнення НС зокрема:

- методика прогнозування наслідків впливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на об'єктах і транспорті [6]. В дану методику закладений феноменологічний метод, що базується на визначенні можливості протікання аварійних процесів, виходячи із результатів аналізу необхідних і дистанційних умов, пов'язаних з реалізацією тих або інших заходів природи;

- методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки [7, 8, 9]. Основою якої є детерміністичний метод, що передбачає аналіз послідовності етапів розвитку аварій, починаючи від вихідної події через послідовність передбачуваних стадій відмовлень, деформацій і руйнування компонентів до сталого кінцевого стану системи;

Проте сьогодні вченими не розроблено уніфікованого підходу до математичного моделювання оцінок ризику.

Враховуючи наведене, актуальним постає, проведення дослідження направлено на розробку математичної моделі для оцінки величини ризику в проектах захисту ОПН, що ґрунтоване на принципах системності для можливості глибокого розуміння проблеми в цілому і знайти її практичне розв'язання.

Метою статті є розробка математичної моделі оцінки ризику, в контексті причинно-наслідкових зв'язків між зацікавленими сторонами і менеджерами, в

умовах невизначеності, на різних фазах життєвого циклу проекту для досягнення успіху виконання проекту захисту ОПН.

Виклад основного матеріалу дослідження. Преважна більшість фахівців з теорії ризику визначають термін «ризик», базуючись на розробках У. Роуї, а саме: «ризик – це добуток імовірності небажаної події на величину можливого збитку від неї» [10].

Ризик є величиною прогнозованою, тобто оцінка ризику представляє собою співвідношення імовірності події і збитків від неї.

Головною проблемою щодо наукового визначення терміну «ризик» є його комплексний характер, який вимагає врахування усіх факторів, що сприяють виникненню НС і аналізу всіх наслідків до яких вони можуть привести.

А. Качинский у своїх наукових працях дає таке визначення ризику: «Ризик – прогнозована векторна величина збитку, що може виникнути внаслідок ухвалення рішень в умовах невизначеності та реалізація загрози: ризик є кількісною мірою безпеки, що дорівнює добутку ймовірності реалізації даної загрози на імовірність величини можливого збитку від неї» [11].

Таким чином ризик і невизначеність ідуть поряд, і немає чіткого їх постійного трактування [12, 13]. Тому постає нагальна потреба в розробці моделей та методів направлених на покращення та гармонізацію дій між зацікавленими сторонами та різними видами суб'єктивної невизначеності, що виникають в умовах НС

Використання проектно-орієнтованого підходу при моделюванні оцінок ризику дозволяє прогнозувати НС та враховувати різноманіття ситуації протягом всього життєвого циклу проекту, а також виявляти джерела інформації з метою мінімізації умов невизначеності.

Запропонована нами математична модель оцінки ризику виконання проекту захисту ОПН при пофазному управлінні дозволяє доволі точно прогнозувати процес протікання НС та враховувати причинно-наслідкові зв'язки. Для цього для формалізації ризику R застосуємо адитивно-мультиплікативну модель, що пов'язує між собою імовірність виникнення подій P_i (загрозу) і відповідних їм небажаних наслідків W_i

$$R = \sum_i P_i W_i, \quad (1)$$

При умові, коли $i=1$, маємо $R=PW$.

Формула (1) дозволяє пояснити вплив невизначеності щодо можливої появи НС, яка призводить до небажаних наслідків та зриву реалізації проекту захисту ОПН, а також масштаби наслідків.

Оцінка ризику повинна передбачати розвиток несприятливих подій, які розвиваються за різних сценаріями, та враховувати всі етапи життєвого циклу проекту захисту, тоді формула (1) набере наступного вигляду:

$$R = \sum_{ij} P_{ij} W_{ij}, \quad (2)$$

де i – подія що враховує кожну фазу (крок, етап) всього життєвого циклу проекту захисту ОПН;

j – сценарій реалізації проекту захисту ОПН.

Виходячи із формули (1), вираз для оцінки ризику реалізації проекту захисту ОПН можна записати у вигляді:

$$R = \int P(W)F(W)dW, \quad (3)$$

де $P(W)$ – щільність розподілу випадкової величини на всьому шляху життєвого циклу проекту захисту ОПН W ;

$F(W)$ – вагова функція витрат, за допомогою якої наслідки різної природи зводяться до єдиної (наприклад, вартісної) оцінки збитку та враховують різні кожної сфери життєвого циклу реалізації проекту захисту ОПН.

При такому формальному підході ризик розглядається як міра загрози, що визначається як математичне сподівання збитку чи витрат.

Таким чином, у загальному випадку при врахуванні фактору часу, ризик, виходячи із формули (3), є функціоналом, що залежить від реалізації випадкового процесу, що описує процес протікання або сценарій небезпечної НС чи події.

Загальний збиток W (або його складові W_i) визначається через узагальнений функціонал збитків, що наносяться населенню N , об'єктам техносфери T та i навколишньому середовищу S ; і описується залежністю:

$$W = F_D X \{ D_N, D_T, D_S \}, \quad (4)$$

де D – відповідні збитки від НС (пошкодження) для населення, техносфери і навколишнього середовища, при реалізації проекту захисту ОПН.

Отже, при визначенні ризику виконання проекту захисту ОПН для населення від НС, під ризиком слід розуміти математично сподівані втрати людей $M(N)$ в межах деякої території [14,15,16]. Формально це можна представити у вигляді наступної залежності:

$$R = M(N) = P \iiint_S \frac{I_{max}}{I_{min}} P(I) f(x,y,I) \psi(x,y) dI dx dy, \quad (5)$$

де P – імовірність аварій або НС, в результаті якої виникає вражаючий фактор, що характеризується параметром I і характеризує рівень ризику успішного виконання проекту захисту ОПН (наприклад, інтенсивність землетрусу в балах, таксо доза тощо);

S – площа населеного пункту (область інтегрування), де реалізується проект захисту ОПН;

I_{min}, I_{max} – відповідно мінімальне і максимальне значення параметру уражаючого фактору для населеного пункту (обмежених граничними значеннями проекту);

$P(I)$ - імовірність ураження людей в залежності від I як параметра (часто задається у вигляді функції нормального розподілу від пробіт-функції параметра I);

$f(x,y,I)$ - функція щільності розподілу інтенсивності параметра I в межах майданчика з координатами (x,y) в проектах захисту ОПН;

$\psi(x,y)$ – щільність населення в межах майданчика (x,y) в проектах захисту ОПН.

Потрібно також зазначити, що вибір конкретної математичної моделі оцінки ризику залежить від кожної окремої ситуації, так як оцінка ризику є ключова ланка визначення загального рівня безпеки і, відповідно, успіх реалізації проекту захисту ОПН від НС.

Висновки. У статті запропонована математична модель що дозволить виконати оцінку ризику з позиції нерозривності зв'язку між самим ризиком, природною, техногенною, поведінковою та іншими невизначеностями та усіма зацікавленими сторонами, що в кінцевому рахунку, дозволить управляти ризиком на різних фазах життєвого циклу проекту. Отримання числового значення при оцінці ризику дозволить проектним менеджерам отримувати додаткову інформацію про сценарій проходження НС і перейти від стану невизначеності до стану умовної визначеності та покрокового управління на кожній фазі життєвого циклу проекту захисту ОПН.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кумамота, Х. Надёжность технических систем и оценка риска / Х. Кумамота, Э. Хенли. – М. : Машиностроение, 1984. – 528 с.
2. Гетьман, В. Техногенна безпека України : від реагування до превентивної стратегії / В. Гетьман, Э. Буравльов. – К.: Логос, 2004. – 130 с.
3. Алимов, В. Техногенный риск. Анализ и оценка / В. Алимов, Н. Тарасова. – М. : Академкнига, 2004. – 75 с.
4. Касти, Дж. Большие системы. Связность, сложность и катастрофы / Дж. Касти. – М : Мир, 1982.-216 с.
5. Белов, П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере / П.Г. Белов. – М.: Академия, 2003. – 512 с.
6. Про затвердження Методики прогнозування наслідків впливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і території: Наказ Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій, Міністерства аграрної політики, Міністерства економіки, Міністерства екології і природних ресурсів від 27.03.2007 року № 73/82/64/122.
7. Про затвердження Методики визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки: Наказ Міністерства праці та соціальної політики України від 04.12. 2002 року №637.
8. Волкович, В. Модели и методы оптимизации надежности сложных систем / В. Волкович, А. Волошин, В. Заславський та інш. – К. : Наукова думка, 1993. – 312 с.
9. Мушик Э. Методы принятия технических решений / Э. Мушик, П. Мюллер. – М. : Мир, 1990. – 206 с.
10. Rowe, W. Anatomy of risk – N. Y.: John Wiley, 1997, 488 p.
11. Качинський, А. Безпека, загрози і ризик: наукові концепції та математичні методи / А. Качинський. – К.: Поліграфконсалтинг, 2004. – 472 с.
12. Ларичев, О. Анализ риска и проблемы безопасности / О. Ларичев, А. Мечитов, С. Ребрик. – М., 1990. – 60 с. (Препр. ВНИСИ).
13. Гилмор, Р. Прикладная теория катастроф: в 2-х книгах. / Р. Гилмор. Кн. 1. – М.: Мир, 1984. – 350 с.; Кн. 2. – М.: Мир, 1984 – 285 с.
14. Моисеев, Н. Человек и биосфера. Опыт системного анализа и эксперименты с моделями / Н. Моисеев, В. Александров, А. Тарко. – М.: Наука, 1985. – 272 с.
15. Василькова, В. Порядок и хаос в развитии социальных систем : синергетика и теория социальной самоорганизации / В. Василькова. – СПб: Лань, 1999. – 480 с.
16. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2013 році – К.: Чорнобиль – Інтерінформ, 2014 р. – 435 с.