

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО РИЗИКУ НА ОСНОВІ МЕТОДУ МОНТЕ- КАРЛО

В даній статті представлено алгоритм визначення техногенного ризику при аваріях на потенційно-небезпечних підприємствах на основі методу Монте-Карло, що дозволяє отримати якісну оцінку ризику та зменшити кількість розрахунків в порівнянні з існуючими методами. Також враховувати всі можливі шляхи розвитку негативних подій та передбачити заходи щодо локалізації аварії та ліквідації її наслідків

Ключові слова: алгоритм, техногенний ризик, метод Монте-Карло, сценарій розвитку аварій, прийнятний ризик

В даній статтє представлен алгоритм определения техногенного риска при авариях на потенциально опасных предприятиях на основе метода Монте-Карло, что позволяет получить качественную оценку риска и уменьшить количество расчетов по сравнению с существующими методами, также учитывать все возможные пути развития негативных событий и предусмотреть меры по локализации аварии и ликвидации ее последствий

Ключевые слова: алгоритм, техногенный риск, метод Монте-Карло, сценарий развития аварий, приемлемый риск

Т. В. Бойко

Кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри*

Email: tvbojko@gmail.com

І. Р. Батуринська*

Email: ivo4ka@bk.ru

*Кафедра кібернетики

хіміко-технологічних процесів

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

пр. Перемоги 37, м. Київ, Україна, 03056

1. Вступ

Загальноприйнятою у світовій практиці мірою безпеки для життєдіяльності населення, функціонування об'єктів господарчої діяльності є ризик.

Застосування показника ризику дає змогу порівнювати дію шкідливих і небезпечних чинників різної природи і різного виду, визначати з урахуванням внеску кожного окремого чинника інтегральний ступінь безпеки будь-якого об'єкта, системи, технології, проекту, діяльності, процесу тощо.

Після Чорнобильської катастрофи в нашій країні та країнах СНГ відбулася переоцінка системи поглядів на безпеку. Стало очевидним, що потрібна побудова сучасної науки про безпеку. Для прийняття ефективних управлінських рішень необхідна кількісна інформація про рівні небезпек та загроз і їхньої залежності від різних факторів. Відповідно до поглядів на безпеку існували різні теорії управління ризиками. Згідно з концепцією "абсолютної безпеки" будь-яка надзвичайна ситуація сприймалася як унікальна подія, що відбувалася внаслідок випадкових, не пов'язаних між собою подій, і тому є принципово не прогнозованою і некерованою[1].

Існуюча законодавча база [2-6] не дає явного уявлення про порядок та методи аналізу ризику.

Для підвищення ефективності декларування промислової безпеки в Україні необхідно активізувати діяльність в наступних напрямках:

- впровадження методів якісного аналізу небезпек і інженерних методів оцінки ризику;
- встановлення критеріїв прийнятного ризику і безпеки;
- розробці методик, що враховують основні стадії і ефекти аварійного процесу і об'єднаних на основі загальних параметрів в комплекс взаємозв'язаних методик - експертну систему;
- розробку методик "прямого чисельного" моделювання аварійних процесів, заснованих на чисельному вирішенні рівнянь, що описують процеси руйнування технічних пристроїв і умови викиду небезпечних речовин в навколишній простір;
- оцінки збитку від аварій на небезпечних типових виробничих об'єктах;
- розвитку інформаційної бази і методів збору і аналізу даних про інциденти, аварії на небезпечних виробничих об'єктах.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Питання оцінки та аналізу техногенних ризиків на сьогоднішній день є одним із напрямів щодо підвищення декларування промислової безпеки в Україні і в світі цілому.

Теорія аналізу ризику створена такими відомими вченими як В. Маршал, Е. Хенлі, Х. Кумамото. Вони ж запропонували методологію оцінки безпеки і ризику, яка і сьогодні широко застосовується у світовій

практиці. Питання оцінки техногенних і екологічних ризиків знайшли також широке відображення в роботах С.Л. Аваліані, П.Г. Белова, Г.М. Грея, Ман-Сунга Ім., А.Б. Качинського, А.В. Кісельова, Д.Маккея, С.М. Мягкова, С.М. Новікова, С.З. Поліщука, М.Ф. Реймерса, Ж.С. Еванса та ін. Однак багатьма авторами визначається, що, незважаючи на велику кількість наукових праць у цьому напрямку, питання, пов'язані з вивченням особливостей і закономірностей небезпечних процесів у навколишньому природному середовищі і розробкою моделей небезпек і ризику, маловивчені [7-9].

Нині в екологічній безпеці важливою науковою задачею є розвиток аналітичних підходів у дослідженнях небезпек і ризику, а також удосконалення методів оцінки і нормування ризиків. Основою методології оцінки ризику є ідентифікація і визначення рівня небезпеки [10].

В статті [11] зазначається, що не можна обмежуватися зниженням ризику до прийнятного рівня, так як аварія - випадкова величина та імовірність її появи завжди залишається. Тому, відповідно до концепції прийнятного рівня ризику, що прийшов на зміну концепції абсолютної безпеки, пропонується передбачити заходи щодо локалізації аварії та ліквідації її наслідків. З цією метою заздалегідь створюються системи підтримки прийняття рішень в аварійних ситуаціях, що дозволяють особі, що приймає рішення за допомогою реалізації оптимальних і найбільш ефективних заходів, за попередньо розрахованими сценаріями звести до мінімуму наслідки від аварії.

У статті [12] автор вказує на те, що оцінку ризику більш доцільно проводити не методом «дерев сценаріїв», а саме звернути увагу на нові інтерпретації існуючих методологій, а саме на метод Монте-Карло, що дозволяє отримати більш точні результати.

3. Мета статті

Метою даної статті є обґрунтування використання методу визначення техногенного ризику при аваріях на потенційно-небезпечних виробництвах на основі методу Монте-Карло. Для досягнення цієї мети використовується впровадження цього алгоритму для реактора установки каталітичного крекінга.

4. Вклад основного матеріалу

Авторами А.Ф. Єгоров та Т.В. Савицька було проведено аналіз установки каталітичного крекінгу нафтопродуктів та розраховано ймовірність настання негативної події за ймовірнісною моделлю [13]. Ці розрахунки було взято за основу для можливості порівняння існуючих та отриманих результатів.

Дана методика є досить об'ємною та громіздкою, тому було розроблено алгоритм оцінювання техногенного ризику при аваріях на потенційно-небезпечному виробництві на основі метода Монте-Карло.

Метод Монте-Карло по праву можна віднести до чисельних методів, що використовують моделювання вхідних (вихідних) випадкових величин, подальше їх математичне перетворення у відповідності із досліджуваним процесом і побудову вихідних статистичних оцінок для шуканих величин.

Досвід російських та закордонних дослідників показує, що для подібного роду ситуацій варто використовувати метод Монте-Карло, який дозволяє застосовувати будь-які методи аналізу вихідних даних при інтервально-ймовірнісному заданні останніх. Таким чином, метод Монте-Карло дозволяє кількісно оцінювати невизначеність рішень, що отримуємо в умовах, коли інформація про деякі дані несе нечіткий, «розпливчастий» характер. Слід підкреслити, що завдяки даному методу і виходячи із очікуваного (отриманого за допомогою) спектру рішень можна більш чітко сформулювати вимоги до точності, з якою повинні представлятися вихідні дані [14].

Для застосування даного методу необхідно застосувати закони розподілу випадкової величини. Для даного об'єкту, як і для багатьох потенційно-небезпечних виробництв, виконується закон розподілу Вейбула, так як він є двопараметричним сімейством абсолютно неперервних розподілів, а також є узагальнюючим розподілом для невід'ємних величин. Цей закон розподілу описується математичною залежністю (1) [14].

$$x_i = -k * (\ln \xi_i)^{1/n}, \quad (1)$$

де x_i – випадкова величина розподілена за законом розподілу Вейбула, n – параметр масштабу, k – параметр форми, ξ_i - випадкова величина, розподілена за рівномірним розподілом.

Параметри n і k розраховуються апроксимуючими залежностями з джерела [14].

$$n = 0,00591 + 103,57962 \sqrt{V} + 123,15992 \sqrt{V^2}, \quad (2)$$

$$k = 0,98117 - 0,00388 \cdot V + 0,00004 \cdot V^2, \quad (3)$$

де $V = \frac{\sigma(x)}{M(x)} \cdot 100\%$ – коефіцієнт варіації,

який розраховується для випадкової величини розподіленої за рівномірним законом розподілом в інтервалі (0,1) [14].

Середньоквадратичне відхилення $\sigma(x)$ для рівномірного розподілу рівне $\sigma(x) = \frac{b-a}{2\sqrt{3}} = \frac{1-0}{2\sqrt{3}} = 0,289$,

а математичне очікування $M(x) = a + \frac{b}{2} = 0 + \frac{1}{2} = 0,5$, де (a,b) – інтервал розподілення випадкової величини [14].

В якості випадкової величини розглядається аналіз ситуації підвищеної температури в реакторі вище 700 °C та розгерметизація.

Після підстановки всіх отриманих значень в формули (2-3), отримуємо $n=1,84$ і $k=0,89$. Так як всі параметри розподілу відомі, то далі необхідно провести імітацію подій і серед N -ої кількості імітацій визначити ймовірність кожної події. Для цього серед змодельованих випадкових чисел необхідно поррахувати скільки разів може відбутись кожна з подій із N кількості імітацій, враховуючи, що ймовірність настання однієї події не більше 1. Для використання методу Монте-Карло був побудований адаптований алгоритм методу Монте-Карло (рис.1).

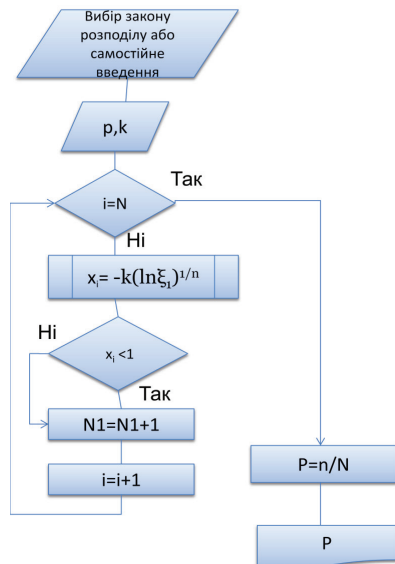


Рис. 1. Адаптований алгоритм методу Монте-Карло

Після проведення всіх імітацій для можливих шляхів розвитку аварії для об'єкта, який описаний вище, було змодельовано ймовірності настання подій, та розраховано величини економічного та екологічного ризиків. Отримані результати представлені у порівняльній табл.1.

Таблиця 1

Результат співставлення значень ймовірності

№ п.п	Варіант розвитку негативних подій (аварій)	Ймовірність настання події за [13]	Ймовірність настання події за методом Монте-Карло
1	Підвищення температури в реакторі каталітичного крекінгу нафтопродуктів вище 700 °С з наслідками розгерметизації його та пожегом в секції знаходження цього реактора (п.1), з руйнуванням і пожегом в наступному реакторі каталітичного крекінга, пожегом в секції його знаходження та розповсюдженням пожегу по всій установці	$9 \cdot 10^{-4}$	$1,92 \cdot 10^{-4}$
2	Те, що і п.1, і додатково, з пожегом в ректифікаційних колонах та розповсюдженням пожегу по всій установці	$9,5 \cdot 10^{-5}$	$4,1 \cdot 10^{-5}$
3	Те, що і п.1, і додатково, з утворенням вибухонебезпечної хмари на території секції, з розповсюдженням пожегу на сусідній секції та розповсюдженням пожегу по всій установці	$0,9999 \cdot 10^{-7}$	$9,2 \cdot 10^{-7}$
4	Те, що і п.1, і додатково, з руйнуванням ректифікаційних колон та газовідділювача, розповсюдженням пожегу на сусідніх секціях та розповсюдженням пожегу по всій установці	$1 \cdot 10^{-8}$	$2,9 \cdot 10^{-8}$
5	Те, що і п.1, і додатково, з утворенням вибухонебезпечної хмари на території секції та розсіюванням хмари	$1,01 \cdot 10^{-7}$	$1,92 \cdot 10^{-6}$

Для розвитку аварії по найгіршому сценарію отримані неприйнятні значення економічного ризику $9 \cdot 10^{-4}$ за ймовірнісною моделлю та $1,92 \cdot 10^{-4}$ за методом Монте-Карло. Оцінка екологічного ризику за сценарієм розвитку аварії із розсіюванням хмари призводить до прийнятного рівня ризику як при ймовірнісній моделі ($1,01 \cdot 10^{-7}$), так і за методом Монте-Карло ($1,92 \cdot 10^{-6}$).

Таким чином, необхідно проводити аналіз і оцінку ризику за всіма сценаріями розвитку аварії, а рішення про управління безпекою хімічних виробництв, що направлені на зниження всіх видів ризику, виробляти за найбільш небезпечними сценаріями розвитку аварії.

5. Висновки

Отримані дані розрахунків, що наведені у табл.1 свідчать про адекватність алгоритму методу Монте-Карло та можливість його застосування на аналогічних типах потенційно-небезпечних виробництв, так як дані отримані методом Монте-Карло мають той же порядок, що і за ймовірнісною моделлю. Але новий алгоритм дозволяє зменшити кількість розрахунків та не потребує оцінки експертів. Слід звернути увагу на величину екологічного ризику, за ймовірнісною моделлю знаходиться екологічний ризик в загальному вигляді, а метод Монте-Карло дозволяє оцінити екологічний ризик саме із врахуванням можливості токсичного впливу на персонал, що є важливим аспектом з оцінки і аналізу ризиків при аваріях на потенційно-небезпечних виробництвах. Так як отримане значення ймовірності виникнення збитків менше 10^{-6} , отже, ризик вважається прийнятним.

Література

1. Порфирьев, Б.Н. Управление безопасностью в природно-техногенной сфере на основе концепции риска: региональный уровень. [Текст] / Б.Н. Порфирьев // Управление риском. - 2002. - № 4. - с. 3-8.
2. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки [Текст]: затверджено Наказом Міністерства праці та соціальної політики України від 04.12.2002р. №637.
3. Нормативи порогових мас небезпечних речовин для ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки [Текст]: затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 11.07.2002р. №956. ДНАОП 0.00-3.07-02.
4. Порядок декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки [Текст]: затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 11.07.2002р. №956. ДНАОП 0.00-8.22-02.
5. Настава щодо дослідження безпеки та кількісної оцінки ризику техногенних аварій.[Текст] / Міністерство праці та соціальної політики України // затверджено наказом від 04.12.2002р. № 637.
6. Воробьев, Ю.Л. Национальная безопасность и управление стратегическими рисками в России [Текст] / Ю.Л. Воробьев // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. - 2000. - № 5. - С. 6-15.

7. Звягінцева, Г.В. Обґрунтування методів оцінки та прогнозування ризику впливів шкідливих речовин при забрудненні атмосфери промислових міст: Автореф. дис. канд. техн. наук: 21.06.01 [Текст] / Г.В. Звягінцева // Донец. нац. ун-т. – Донецьк, 2006. – 21 с.
8. Аверин, Г.В., Математические модели опасности и риска в теории техногенной безопасности [Текст] / Г.В. Аверин, А.В. Звягінцева // Вісник Донецького університету. Сер. природн. наук. – 2005. – № 2. – С. 296 – 302.
9. Лисиченко, Г.В., Природний техногенний та екологічний ризику: аналіз, оцінка, управління: монографія [Текст] / Г.В. Лисиченко, Ю.Л. Забулонов, Г.А. Хміль; Ін-т геохімії навкол. середовища НАН України. – К.: Наук. думка, 2008. – 542 с.
10. Петрук, В.Г. Аналіз техногенних ризиків зберігання та знешкодження небезпечних речовин [Електронний ресурс] / В.Г. Петрук, П.М. Турчик, Т.І. Панченко. – Режим доступу: <http://eco.com.ua>.
11. Некоторые аспекты локализации и ликвидации аварийных выбросов токсичных веществ [Текст] / Григорьев В. С., Поляков В. С., Артемьев А. Г., Азиев Р. Г., Ласкин Б. М.; Всес. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева, 1990.- т. 35.- № 4. – С. 463-468.
12. Beati J. Benchmark on Dynamic Reliability An Approach based on Dynamic Event Tree Analysis [Текст] / J. Beati, M. Caira // University of Rome "La Sapienza". - 2004
13. Егоров, А.Ф. Управление безопасностью химических производств на основе новых информационных технологий [Текст] / А.Ф. Егоров, Т.В. Савицкая; Москва: «Химия КолосС», 2006. – 416с.
14. Смолич, С.В. Решение горно-геологических задач методом «Монте-Карло» [Текст] / С.В. Смолич, К.С. Смолич: Учеб. Пособие. – Чита: ЧитГУ, 2004.-103 с.

Розглядаються можливі шляхи формування моделі збалансованого розвитку України. Основна увага приділяється екологічному виміру. Порівняно менше зачіпаються питання економічного і соціального вимірів.

Запропоновано структурну схему формування збалансованого природокористування в контексті екологічних аспектів. Розроблено методологічні підходи щодо ресурсо- та енергозбереження

Ключові слова: збалансований розвиток, екологічна ситуація, збалансоване природокористування

Рассматриваются возможные пути формирования модели сбалансированного развития Украины. Основное внимание уделяется экологическому измерению. Сравнительно меньше затрагиваются вопросы экологического и социального измерений.

Предложена структурная схема формирования сбалансированного природопользования в контексте экологических аспектов. Разработаны методологические подходы, касающиеся ресурсо- и энергосбережения

Ключевые слова: сбалансированное развитие, экологическая ситуация, сбалансированное природопользование

УДК 574

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ

О. М. Коваленко

Кандидат педагогічних наук, доцент, академік Міжнародної академії наук екології і безпеки життєдіяльності, ректор, завідувач кафедри Кафедра промислових і побутових відходів, Харківський інститут екології і соціального захисту
вул. Матросова, 3, м. Харків, Україна, 61035
E-mail: eko_soc@list.ru

1. Вступ

На межі тисячоліть пріоритетом подальшого розвитку цивілізації є гармонізація взаємодій суспільства і природи. Проте екологічна ситуація продовжує невпинно погіршуватись, що створює реальну загрозу існуванню людства. А нестримна гонитва за економічним зростанням обертається знищенням людського і природного потенціалу. Слід сказати, що порушення стійкості екосистеми «людина – природа – суспільство» в сучасних умовах обумовлено як суттєвим деструктивним впливом людства на стан на-

вколишнього середовища так і в результаті надмірного росту продуктивних сил і кількісного зростання чисельності населення. Сьогодні дві третини природних екосистем зруйновано або ж докорінно змінено. Внаслідок цього Земля, вода, повітря виснажуються і наповнюються відходами. Все це призвело до величезного посилення антропогенного навантаження на екосистеми Землі та до незворотних змін у всій біосфері. А інтенсивний розвиток науково-технічного прогресу зумовив виникнення низки глобальних екологічних проблем, кожна з яких здатна загрожувати знищенню нашої цивілізації. Серед цих проблем найбільш