

УДК 628.5:658.382.3

МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТЕХНОГЕННОГО РИЗИКІВ

Заболотній О.А.¹

¹ к.п.н., завідувач кафедри життєдіяльності людини ВП НУБіП України "Ніжинський агротехнічний інститут", м. Ніжин, Україна.

Анотація. У статті розглядаються методи аналізу техногенних ризиків на потенційно небезпечних об'єктах в сучасних умовах, розкрито методологічний апарат управління ризиками.

Ключові слова: ризик, небезпечні об'єкти, методи аналізу ризиків, екологічна безпека

Постановка проблеми.

Перехід до нових господарських механізмів за рахунок інтенсифікації всіх технологічних і виробничих процесів неможливий без більш повного використання досягнень науково-технічного прогресу, ефективного витрачання ресурсів, зниження збитку від аварійності та травматизму. Вирішення цієї грандіозної задачі вимагає також науково обґрунтованих підходів до системного дослідження і вдосконаленню всіх галузей промисловості, сільського господарства, транспорту та енергетики, оскільки підвищення його енергоозброєності, застосування нових технологій і матеріалів загрожує побічними витратами з серйозним моральним і матеріальним збитком.

Теорія аналізу ризику створена відомими вченими: В. Маршалом, Е. Хенлі, Х. Кумамото. Ними запропонована методологія оцінки безпеки і ризику, що 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 безпеки і ризику, маловивчені [3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій: Проблемою управління ризиками у надзвичайних ситуацій різного походження присвячені наукові доробки В.А. Акімова, Ю.Л. Воробйова, Б.М. Данилишина, А.Б. Качинського. Методичний апарат дослідження техногенних ризиків розглядався в працях В. А. Акімова, Б.М. Данилишина, М.М. Биченок, А. І. Гражданкіна, М.В. Лісанова.

Мета дослідження: дослідити наявні методики оцінювання ризику на потенційно небезпечних об'єктах; розглянути структуру системи ризиків; намітити можливі шляхи нормування техногенних ризиків.

Виклад основного матеріалу. Аналіз та оцінювання ризиків у сфері техногенної безпеки є основою системи управління безпекою технічних і технологічних систем різних типів і рівнів. Вони включають такі основні завдання: обґрунтування цілей і завдань аналізу ризику; аналіз технологічних особливостей виробничого об'єкта; виявлення всіх джерел небезпеки; визначення подій, здатних ініціювати виникнення аварій; формування ймовірних сценаріїв розвитку аварій; аналіз сценаріїв; оцінювання ймовірності виникнення аварії для кожної події, що ініціює аварію; визначення чинників ураження; моделювання і прогнозування масштабів наслідків аварій для персоналу, населення, навколишнього середовища за різними сценаріями розвитку аварій; оцінювання ймовірностей впливу зовнішніх чинників, які не залежать від умов експлуатації потенційно небезпечних об'єктів; оцінювання й аналіз ризику щодо його прийнятності; побудова полів потенційного ризику навколо кожного з виділених джерел небезпеки; визначення достатності превентивних заходів для забезпечення стійкості об'єктів до внутрішніх і зовнішніх впливів.

Концептуальну основу аналізу техногенного ризику можна подати схемою (рис. 1).

Під час аналізу безпечності потенційно небезпечних об'єктів безпеку часто розглядають як надійність стосовно здоров'я й життя людей, стану навколишнього середовища. По-перше, за певних умов ці поняття тісно пов'язані (наприклад, коли порушення працездатного стану об'єкта може призвести до аварійних або катастрофічних наслідків). По-друге, такий підхід дає змогу використати кількісні показники безпеки, аналогічні в математичному відношенні показникам теорії надійності, методи якої розроблені досить повно й широко застосовуються на практиці.

Проте безпека системи на відміну від її надійності, яка визначає внутрішні властивості системи, включає не тільки внутрішні, а й зовнішні впливи, людський чинник, тому вважають, що методологічно теорія безпеки ширша за теорію надійності.

Надійність є показником здатності системи зберігати свої істотні технічні характеристики у заданих межах упродовж фіксованого інтервалу часу за певних умов експлуатації. Вона ґрунтується на повторюваності подій, які мають небезпечні наслідки. Як показник надійності розглядають імовірність безвідмовної роботи або середню тривалість безвідмовної роботи.

Об'єктами моделювання в разі аналізу техногенної безпеки (ризик) є множина випадкових подій виробничих процесів ПНО та їх несприятливого збігу, що призводить до смерті людей чи травмувань або до забруднення навколишнього середовища.

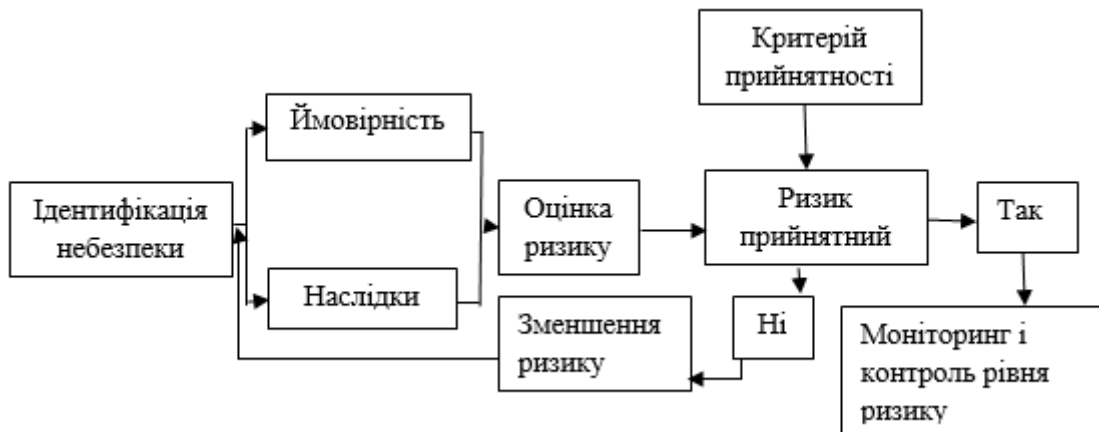


Рисунок 1. Загальна схема аналізу техногенного ризику [3]

Методи оцінювання ризику широко використовуються в різних галузях діяльності: у страховій справі, у банківській діяльності, у медицині тощо. Теоретичну основу визначення ризиків складають математична статистика і теорія імовірності. Разом з тим використання загальних теоретичних основ у кожній конкретній прикладній галузі має свої особливості. Зокрема в екології як науці використання теорії ризику ускладнюється різноманіттям методичних підходів, об'єктів, рівнів тощо [3, 6].

Аналіз публікацій з проблеми безпеки і ризику взагалі, і екологічних зокрема, виявляє перш за все розбіжності на рівні понятійному. Наприклад, у ДСТУ 2860-94 ризик розглядається як міра безпеки, а в інших роботах – як міра сталості. При цьому в ДСТУ під безпекою розуміється властивість об'єкта забезпечити відсутність ризику нанесення шкоди. При розгляді безпеки мова йде не про

відсутність ризику, а про його прийнятний рівень. У Законі України про охорону навколишнього природного середовища під екологічною безпекою розуміється такий стан навколишнього середовища, при якому забезпечується попередження погіршення екологічної ситуації та виникнення небезпеки для здоров'я. У більшості робіт ризик (у тому числі і екологічний) розглядається з позиції впливу на безпеку здоров'я людини. Щодо ризику відносно екологічних систем відмітимо наступне. Під безпекою екологічної системи розуміють захист функціональних характеристик екосистеми. Критичним (пороговим) екологічним навантаженням вважається таке, що спричиняє зміни в показниках структурно-функціональної організації популяції, чи біоценозу, які перевищують межі адаптивних можливостей екосистеми [3].

Нині в екологічній безпеці важливою науковою задачею є розвиток аналітичних підходів у дослідженнях небезпеки і ризику, а також удосконалення методів оцінки і нормування ризиків. Основою методології оцінки ризику є ідентифікація і визначення рівня небезпеки. Більшість визначень ризику для здоров'я населення при впливі шкідливих речовин, що забруднюють атмосферне повітря, зводяться до того, що ризик – це ймовірність реалізації потенційної небезпеки, викликаній впливом зовнішніх факторів і діяльністю людини, що сприяє виникненню негативних наслідків. Хелленбека У., в своїй монографії присвяченій проблемам кількісного оцінювання екологічного ризику та ризику професійних захворювань, термін “ризик” розглядається як синонім термінів “ймовірність” і “частота”.

Загальна структура аналізу та оцінювання ризику в природно-техногенній системі можна представити послідовністю таких етапів [4, 5]

- обґрунтування цілей і завдань аналізу й оцінювання ризику;
- аналіз системних особливостей природно-техногенної системи;
- ідентифікація всіх джерел небезпек;
- визначення подій, що можуть ініціювати виникнення аварій за надзвичайних ситуацій;
- формування ймовірних сценаріїв розвитку аварій;
- оцінювання ймовірності виникнення негативних подій;
- обґрунтування фізико-математичних моделей, розрахунок просторово-часового перенесення і прогнозування масштабів

можливих наслідків аварій для населення і територіями за різними сценаріями подій;

- оцінювання ймовірності впливу зовнішніх чинників, які не залежать від умов експлуатації промислового об'єкта;
- розрахунок можливих прямих і непрямих збитків від аварій на підприємстві;
- аналіз структури ризику та кількісна оцінка ризику;
- побудова полів потенційного ризику навколо кожного виділеного джерела небезпеки;
- визначення достатності превентивних заходів для забезпечення стійкості об'єкта до зовнішніх впливів;
- визначення пріоритетних заходів зі зниження ризику виникнення аварій і надзвичайних ситуацій.

На рис. 2 показано класифікацію основних методів аналізу ризику, які використовуються у світовій практиці управління ризиками різної природи походження.

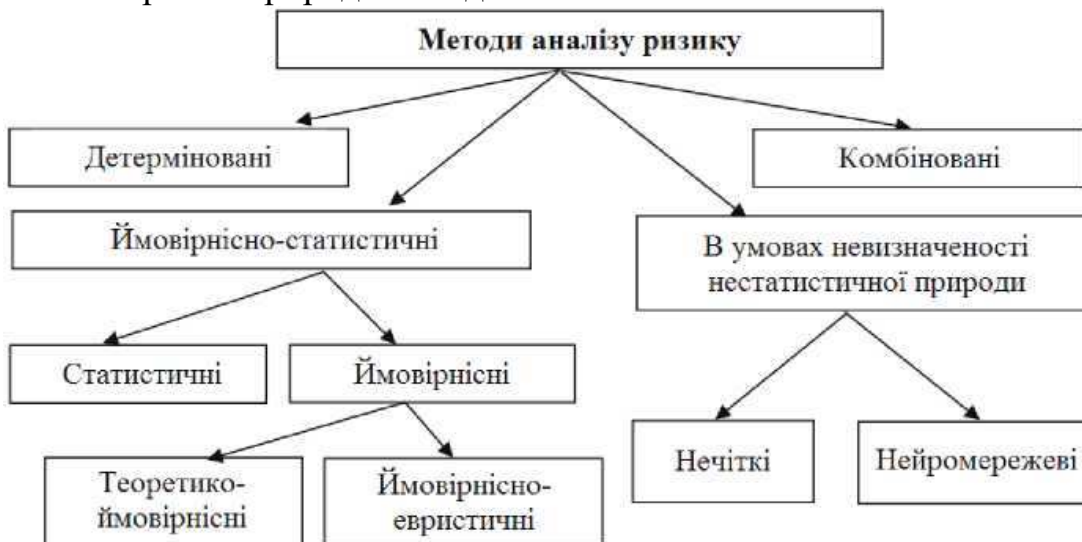


Рисунок 2. Класифікація методів аналізу ризику

Детерміновані методи передбачають аналіз етапів розвитку аварій, починаючи від вихідної події через послідовність передбачуваних відмов до усталеного кінцевого стану. Хід аварійного процесу вивчається і передбачається за допомогою математичних імітаційних моделей. Недоліками методу є: потенційна можливість упустити важливі ланцюжки розвитку аварій, що рідко реалізуються; складність побудови достатньо адекватних математичних моделей; необхідність проведення складних і коштовних експериментальних досліджень. Це такі методи як: якісні: метод перевірного листа

(Check-list); “Що буде якщо?” (What - If); попередній аналіз небезпеки (Process Hazard and Analysis) (PHA); “Аналіз видів відмов і наслідків” (АВВН) (Failure Mode and Effects Analysis) (FMEA); аналіз помилкових дій (Action Errors Analysis) (AEA); концептуальний аналіз ризику (Concept Hazard Analysis) (CHA); концептуальний огляд безпеки (Concept Safety Review) (CSR); аналіз людських помилок (Human Hazard and Operability) (Human HAZOP); аналіз впливу людського фактора (Human Reliability Analysis) (HRA) і помилки персоналу (Human Errors or Interactions) (HEI); метод логічного аналізу.

Ймовірно-статистичні методи аналізу ризику передбачають як оцінку ймовірності виникнення аварії, так і розрахунок відносних ймовірностей того чи іншого шляху розвитку процесів. При цьому аналізуються розгалужені ланцюжки подій і відмов, вибирається відповідний математичний апарат і оцінюється повна ймовірність аварії. Розрахункові математичні моделі при цьому можна істотно спростити порівняно з детермінованими методами. Основні обмеження методу пов'язані з недостатньою статистикою по відмовах обладнання. Крім того, застосування спрощених розрахункових схем знижує достовірність одержуваних оцінок ризику для важких аварій. Тим не менш, ймовірнісний метод в даний час вважається одним з найбільш перспективних. На його основі побудовані різні методики оцінки ризиків, які залежно від наявної вихідної інформації поділяються на:

- статистичні, коли ймовірності визначаються за наявними статистичними даними;
- теоретико-ймовірнісні, які використовуються для оцінки ризиків від рідкісних подій, коли статистика практично відсутня;
- ймовірно-евристичні, засновані на використанні суб'єктивних ймовірностей, одержуваних за допомогою експертного оцінювання. Використовуються при оцінці комплексних ризиків від сукупності небезпек, коли відсутні не тільки статистичні дані, але і математичні моделі (або їх точність занадто низька).

Ймовірно-евристичні методи використовуються при нестачі статистичних даних і у випадку рідкісних подій, коли можливості застосування точних математичних методів обмежені через відсутність достатньої статистичної інформації про показники надійності і технічних характеристик систем, а також через відсутність надійних математичних моделей, що описують реальний

стан системи. Ймовірно-евристичні методи ґрунтуються на використанні суб'єктивних ймовірностей, одержуваних за допомогою експертного оцінювання.

Методи аналізу ризику в умовах невизначеності нестатистичної природи призначені для опису невизначеності джерела ризику – потенційно небезпечних об'єктів (ПНО), пов'язаних з відсутністю або неповнотою інформації про процеси виникнення і розвитку аварії; людськими помилками; припущеннями застосовуваних моделей для опису розвитку аварійного процесу.

Всі перераховані вище методи аналізу ризику класифікують за характером вихідної і результуючої інформації на якісні та кількісні.

Методи кількісного аналізу ризику характеризуються розрахунком показників ризику. Проведення кількісного аналізу вимагає високої кваліфікації виконавців, великого обсягу інформації по аварійності, надійності обладнання, врахування особливостей навколишньої місцевості, метеоумов, часу перебування людей на території та поблизу об'єкта, щільності населення та інших факторів.

Складні і дорогі розрахунки часто дають значення ризику, точність якого невелика. Для небезпечних виробничих об'єктів точність розрахунків індивідуального ризику, навіть у разі наявності всієї необхідної інформації, не вище одного порядку. При цьому проведення кількісної оцінки ризику більш корисно для порівняння різних варіантів (наприклад, розміщення обладнання), ніж для висновку про ступінь безпеки об'єкта. Зарубіжний досвід показує, що найбільший обсяг рекомендацій щодо забезпечення безпеки виробляється із застосуванням якісних методів аналізу ризику, що використовують менший обсяг інформації та витрат праці. Однак кількісні методи оцінки ризику завжди дуже корисні, а в деяких ситуаціях – єдино допустимі для порівняння небезпек різної природи і при експертизі небезпечних виробничих об'єктів [1, 3, 5].

• кількісні: методи, засновані на розпізнаванні образів (кластерний аналіз); ранжування (експертні оцінки); методика визначення та ранжування ризику (Hazard Identification and Ranking Analysis) (HIRA); аналіз виду, наслідків та критичності відмови (АВНKB) (Failure Mode, Effects and Critical Analysis) (FMECA); методика аналізу ефекту доміно (Methodology of domino effects analysis); методика визначення та оцінки потенційного ризику (Methods of potential risk determination and evaluation)); кількісне

визначення впливу на надійність людського фактора (Human Reliability Quantification) (HRQ).

До ймовірно-статистичних методів відносяться:

- статистичні якісні методи: карти потоків;
- кількісні методи: контрольні карти.

До теоретико-ймовірнісних методів належать:

– якісні: причини послідовності нещасних випадків (Accident Sequences Precursor) (ASP);

– кількісні: аналіз дерев подій (АДП) (Event Tree Analysis) (ETA); аналіз дерев відмов (АДВ) (Fault Tree Analysis) (FTA); оцінка ризику мінімальних шляхів від ініціюючої до основної події (Short Cut Risk Assessment) (SCRA); дерево рішень; ймовірнісна оцінка ризику ПНО.

До ймовірно-евристичних методів належать:

– якісні: метод експертного оцінювання, метод аналогій;

– кількісні: метод бальних оцінок, метод суб'єктивних ймовірностей оцінки небезпечних станів, метод узгодження групових оцінок і т.п.

Виділяють два рівня використання експертних оцінок: якісний і кількісний. На якісному рівні визначаються можливі сценарії розвитку небезпечної ситуації через відмову системи, вибір остаточного варіанта рішення тощо. Точність кількісних (бальних) оцінок залежить від наукової кваліфікації експертів, їх здібностей оцінювати ті чи інші стани, явища, шляхи розвитку ситуації. Тому при проведенні експертних опитувань для вирішення завдань аналізу та оцінки ризику необхідно використовувати методи узгодження групових рішень на основі коефіцієнтів конкордації; побудови узагальнених ранжувань за індивідуальними ранжуваннями експертів з використанням методу парних порівнянь та інші. Для аналізу різних джерел небезпеки хімічних виробництв методи на основі експертних оцінок можуть використовуватися для побудови сценаріїв розвитку аварій, пов'язаних з відмовами технічних засобів, обладнання та установок; для ранжирування джерел небезпеки [2, 3].

Відмітимо, що аналіз невизначеності у процесі оцінки ризику - це переведення невизначеності вихідних параметрів і припущень, використаних при оцінці ризику, в невизначеності результатів.

Комбіновані методи поєднують різні комбінації детермінованих і ймовірнісних, імовірнісних і нечітких, детермінованих і статистичних та інших методів.

Методи застосовуються залежно від стадії аналізу ризику та цілей дослідження. На стадії ідентифікації небезпек рекомендується використовувати один або декілька з якісних (“Що буде, якщо ...?”, перевірочний лист, їх комбінацію, АВВН, АНП) або кількісних (АДВ, АДП) методів аналізу ризику.

Методи можуть застосовуватися незалежно або в доповнення один до одного, причому, якісні методи можуть включати кількісні критерії ризику (в основному, за експертними оцінками з використанням, наприклад, матриці “ймовірність-тяжкість наслідків” ранжирування небезпеки). Повний кількісний аналіз ризику може включати всі зазначені методи або деякі з них. Прикладами комбінованих методів повного кількісного аналізу ризику є методика оптимального аналізу ризику – Optimum Risk Analysis (ORA).

Висновки. В основі сучасного підходу забезпечення екологічної безпеки лежить принцип кількісної оцінки небезпеки впливу факторів техногенного чи природного походження. Для вирішення цієї задачі в світовій практиці використовується методологія аналізу та управління ризиками для навколишнього середовища та здоров'я населення. Такий підхід дозволяє відповідним органам приймати більш обґрунтовані рішення щодо управління станом екологічної безпеки навколишнього середовища.

В роботі показано методи аналізу ризиків для навколишнього середовища та здоров'я людей спричинених дією антропогенних чи природних факторів.

Список використаних джерел:

1. Альїмов В.Т. Техногенний ризик: Аналіз и оценка : [учебное пособие для вузов] // В.Т. Альїмов, Н.П. Тарасова. – М. : ИКЦ “Академкнига”, 2004. – 118 с.
2. Качинський А.Б. Безпека, загрози і ризик: наукові концепції та математичні методи / А.Б. Качинський. – К. : Поліграфконсалтинг, 2004. – 472 с,
3. Лисиченко Г.В. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління / Г.В. Лисиченко, Ю.Л. Забулонов, Г.А. Хміль. – К. : Наук. думка, 2008. - 542 с,
4. Лисиченко Г.В., Хміль Г.А., Барбашев С.В. Методологія оцінювання екологічних ризиків / Г.В. Лисиченко, Г.А. Хміль, С.В. Барбашев – О : Астропринт, 2011 . – 368 с.,

5. Хміль Г.А. Концептуально-методичний апарат аналізу й оцінки техногенного та природного ризиків / Г.А. Хміль // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2007. - Вин. 5. - С. 47-55.

6. Яковлев В.В. Экологическая безопасность, оценка риска. Монография. - СПб.: Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2007. – 476 с.

Methods of analysis man-made risks

Zabolotniy O.A.

Abstract. The article deals with methods of analysis of man-made risks on potentially dangerous objects in modern terms, methodological apparatus disclosed risk management.

Keywords: risk, dangerous objects, methods of risk analysis, environmental safety

Методы анализа техногенных рисков

Заболотний А.А.

Аннотация. В статье рассматриваются методы анализа техногенных рисков на потенциально опасных объектах в современных условиях, раскрыто методологический аппарат управления рисками.

Ключевые слова: риск, опасные объекты, методы анализа рисков, экологическая безопасность

© Заболотній О.А.