

РОЗДІЛ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

УДК 519.218

ДРАНИШНИКОВ Л.В., д.т.н., професор

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

ІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ АВАРІЙНОГО РИЗИКУ ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

Вступ. Сучасний рівень організації та управління виробництвом висуває вимоги розробки нових підходів, що базуються на використанні нових інформаційних технологій та інтелектуальних засобів підтримки і прийняття рішень з оперативного управління аварійними ситуаціями, пов'язаними з функціонуванням об'єктів підвищеної небезпеки (ОПН), а також з прогнозування та оцінки тяжкості наслідків аварій. Створення фундаментальних наукових, правових та економічних основ забезпечення безпеки є однією з цілей державної науково-технічної політики і державної науково-технічної програми з безпеки природно-технічної сфери, для підвищення безпеки у промисловому, енергетичному, транспортному, будівельному, нафтогазовому, гірничодобувному й оборонному комплексах. Подальша розробка і реалізація програм науково-технічного розвитку сучасної цивілізації неможлива без системного наукового підходу до вирішення проблем забезпечення безпечного функціонування структурно-складних систем, якими є об'єкти підвищеної небезпеки – об'єкти, на яких використовують, виробляють, переробляють, зберігають або транспортують пожежо- та вибухонебезпечні та (або) небезпечні хімічні речовини, що створюють реальну загрозу виникнення аварії, та без розробки математичного апарату для кількісної оцінки ризику.

З 2001 року діє Закон України про об'єкти підвищеної небезпеки (Відомості Верховної Ради, 2001, №15, с.73), з 2002 року – постанова №956 Кабінету Міністрів України від 11.07.2002 р.

У кінці минулого століття було висунуто концепцію прийняттого техногенного ризику [1]. Це означає, що забезпечення абсолютної безпеки об'єктів техносфери неможливе і треба домагатися їхньої відносної безпеки, доводячи аварійний ризик, пов'язаний з ними, до прийняттого, допустимого рівня. Рівень ризику, прийнятний для тієї чи іншої діяльності, визначається, виходячи з економічних і соціальних аспектів відповідно до принципів управління ризиком, які мають бути сформульовані для цієї мети.

Постановка задачі. Система забезпечення безпеки ОПН повинна бути комплексною і містити у своєму складі підсистеми науково-технічного, інформаційного, матеріально-технічного, кадрового та організаційного забезпечення. Найважливішою частиною системи науково-технічного забезпечення безпеки ОПН є підсистеми аналізу аварійного ризику і реагування на надзвичайні ситуації. Підсистема аналізу аварійного ризику призначена концентрувати інформацію про об'єкт у цілому, про систему його безпеки, про навколишнє середовище, а також прогнозувати можливі аварії та їх наслідки. Головна її функція – розробка рекомендацій з коригувальних впливів на об'єкт у цілому для того, щоб забезпечити зниження величини ризику та підтримання його на прийнятному рівні. Аналіз аварійного ризику являє собою складну комплексну процедуру, що включає цілий ряд етапів.

Результати роботи. Блок-схему аналізу аварійного ризику, що включає всі основні процедури аналізу ризику, наведено на рис.1. Вся процедура аналізу аварійного ризику може бути розбита на ряд порівняно самостійних, але взаємопов'язаних етапів: перший етап призначений для виявлення основних небезпек, які властиві даному об'єкту; на другому етапі виконується аналіз і кількісна оцінка можливих наслідків від прогнозованих аварій; третій етап являє собою частотний аналіз аварійних подій; він

полягає у визначенні інтенсивностей (частот) та ймовірностей аварійних подій; на четвертому етапі дані про очікуваний збиток і втрати від окремих аварій комбінуються з даними щодо можливих інтенсивностей та ймовірностей аварійних подій і відшукується величина прогнозованого аварійного ризику.

Управління аварійним ризиком носить циклічний характер: після реалізації зазначених впливів знову реалізуються блоки – етапи 1-4 – і так до того часу, поки не буде досягнуто прийнятне значення прогнозованого ризику.

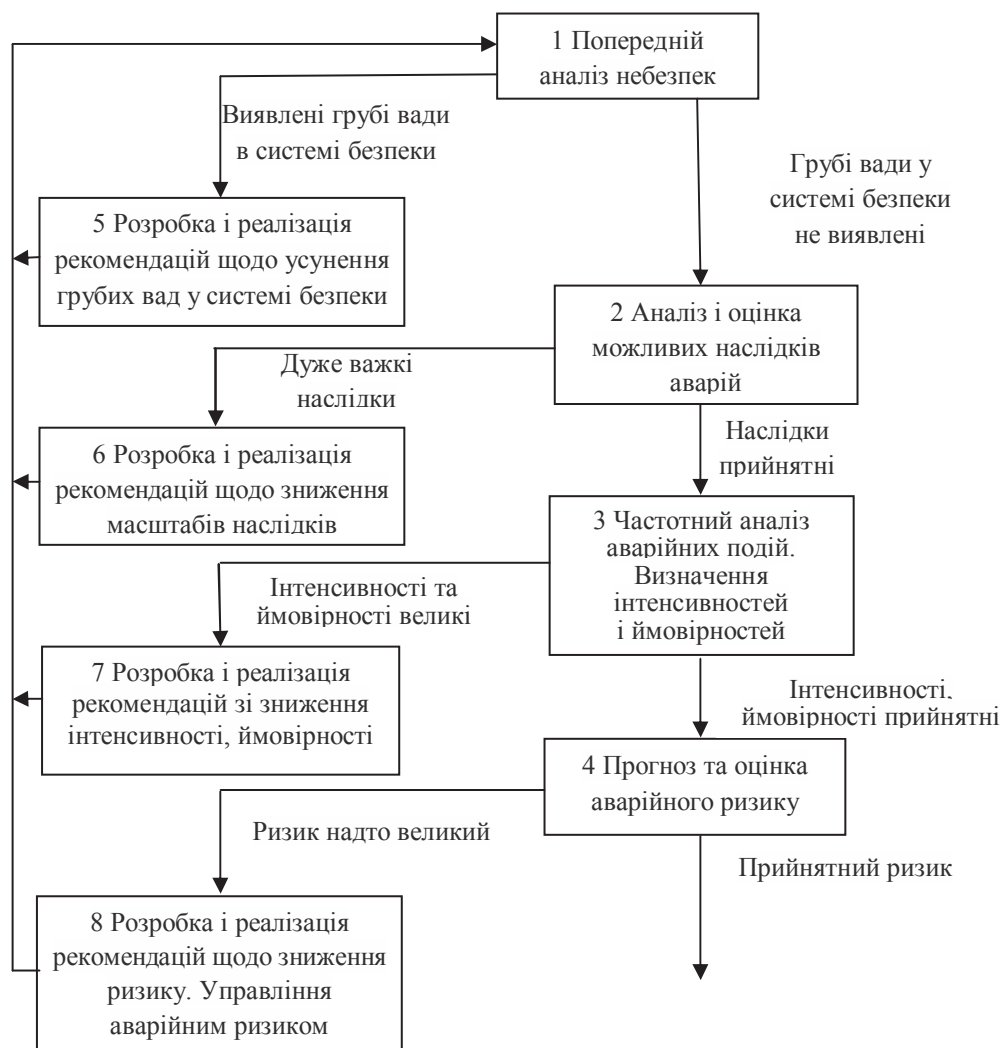


Рисунок1 – Блок-схема аналізу аварійного ризику

Попередній аналіз небезпек (ПАН). Його призначення: виявити, з яких причин можуть виникати аварії, ідентифікувати носії аварійної небезпеки; визначити, за якими сценаріями можуть розвиватися аварії; відібрати з них найбільш небезпечні. ПАН складається з низки етапів: 1) опис об'єкта; 2) опис носіїв небезпеки та їх класифікація; 3) виявлення можливих інцидентів (на цьому етапі найчастіше використовують метод дерев відмов (ДВ) у припущенні, що верхня небажана подія являє собою інцидент); 4) аналіз післяінцидентних поєднань аварійних подій, процесів і явищ, які можуть мати місце після інциденту; 5) відбір найбільш небезпечних інцидентів і формування остаточного підсумкового списку інцидентів; 6) складання сценаріїв аварій на основі підсумкового списку інцидентів; 7) розробка рекомендацій щодо зниження рівня небезпеки об'єкта.

Кількісний аналіз аварійних подій базується на використанні методів математичного моделювання [2, 4, 5]. На цьому етапі використовуються математичні моделі різних класів. На рис.2 зображено блок-схему математичного моделювання аварійних ситуацій.



Рисунок 2 – Блок-схема математичного моделювання аварійних подій

Перший етап полягає в математичному моделюванні поєднань аварійних подій. На даному етапі на моделях досліджуються небезпечні ініціюючі події. За допомогою моделей імітуються різні комбінації аварійних подій. Тут необхідно описати множину пов'язаних одна з одною подій для кожного інциденту, прийнятого для розгляду, починаючи від подій, пов'язаних з вивільненням токсичного і/або енергетичного потенціалу, і закінчуючи ураженням людей.

При формуванні математичних моделей проявів інцидентів велике значення надається правильному вибору моделей джерел. До таких моделей відносяться, насамперед, моделі витоків речовин. Вихід з-під контролю процесу вивільнення енергії або неконтрольований викид отруйних речовин – все це може стати причиною ризику. Поширення викидів небезпечних речовин в атмосфері та їх вплив на людей і навколишнє се-

редовище є важливими факторами, що визначають тяжкість наслідків аварій на небезпечних виробничих об'єктах. До теперішнього часу склалися три основних підходи для кількісного опису процесу розсіювання викиду газоподібних речовин в атмосфері: 1) гаусові моделі розсіювання, іноді так звані дисперсійні моделі; 2) моделі розсіювання, що базуються на інтегральних законах збереження або у хмарі в цілому (залповий викид), або у поперечному перерізі хмари (тривалий викид); 3) моделі, побудовані на чисельному рішенні системи рівнянь збереження в їх оригінальному вигляді (методи прямого чисельного моделювання).

Для аналізу ризику використовують логічні і логіко-графічні моделі [3, 6], перші з яких є сукупністю логічних виразів і висловлювань, що характеризують послідовність розвитку аварійних подій, а другі дозволяють встановити причинно-наслідкові зв'язки між вихідними ініційованими подіями виникнення аварійних ситуацій та їх розвитком, що призводить до різних видів ризиків.

Імітаційне моделювання можливих реалізацій інцидентів спирається на використання моделей джерел, моделей полів уражальних факторів, моделей опису реципієнтів, моделей пом'якшувальних факторів та моделей ураження реципієнтів.

Моделі полів уражальних факторів включають моделі концентраційних полів токсичних речовин у різних середовищах, моделі температурних полів, що виникають у разі пожеж і вибухів, моделі розподілу тиску й осколків при вибухах. Для оцінки токсичних наслідків аварій будують моделі міграції токсикантів у повітряному середовищі.

Під моделями опису реципієнтів мають на увазі моделі їх розподілу за видами і факторами ураження. До них приєднуються моделі пом'якшувальних факторів, в яких відображається захищеність реципієнтів від впливу уражальних факторів. До моделей ураження відносять моделі токсичного ураження людей, моделі термічного ураження, а також моделі баричного й осколкового ураження.

Потім передбачається оцінка отриманих значень прогнозованого збитку від різних можливих аварій і порівняння їх з допустимими критичними значеннями. При перевищенні останніх виявляються найбільш значущі аварійні події, які вносять найбільший вклад у значення збитку, визнаного недопустимим.

У результаті розробляються рекомендації, націлені на зниження рівня недопустимо великих значень збитків при тих чи інших аваріях, і забезпечується їх реалізація.

Частотний аналіз аварійних подій. Частотний аналіз є одним з основних етапів аналізу аварійного ризику і необхідною умовою для його прогнозування.

Частотний аналіз спирається на математичний апарат теорії ймовірності, математичної статистики, теорії надійності та алгебри логіки. Ймовірності несприятливих подій (аварій) можуть бути визначені трьома способами.

Перший пов'язаний зі статистичною обробкою емпіричних даних і з використанням експертних оцінок (придатні для визначення ініціюючих (базових) подій, а також для визначення ймовірностей самих аварій).

Другий спосіб пов'язаний з визначенням ймовірностей за допомогою дерев відмов (ДВ) і дерев подій (ДП) (включає якісний аналіз ДВ – побудова мінімальних аварійних поєднань подій і кількісний аналіз – метод мінімальних аварійних поєднань, метод функції алгебри логіки, а також метод статистичних випробувань Монте-Карло).

У дослідженнях ризику найбільш широко використовуються дерева подій. Таке дерево являє собою ієрархічну структуру, верхній рівень якої характеризує несприятливу подія, а нижній – набори факторів умов, при яких вона проявляється. При цьому умови більш високого рівня також представляються як дерева, утворені факторами нижніх рівнів, що формують їх. Побудова дерева подій одночасно дозволяє визначити значення ймовірності виникнення результуючої несприятливої події.

Логічна функція (Л-функція) ініціюючих подій записується як

$$Y = S_1 \vee S_2 \vee \dots \vee S_n.$$

Завдання формулюється таким чином: неуспіх відбувається, якщо відбувається яка-небудь одна, два і т. і. або всі ініціюючі події.

L-модель ризику в еквівалентній ортогональній формі записується як

$$Y = S_1 \vee S_2 \bar{S}_1 \vee S_3 \bar{S}_2 \bar{S}_1 \vee \dots$$

Після ортогоналізації L-функції може бути записана наступна імовірнісна функція – функція (імовірнісний поліном):

$$P = P_1 + P_2 \cdot Q_1 + P_3 \cdot Q_1 Q_2 + \dots,$$

де P_1, P_2, \dots, P_n – ймовірності подій-ознак S_1, S_2, \dots, S_n ; $Q_1 = 1 - P_1, Q_2 = 1 - P_2$.

У моделях аварій і катастроф, сформованих на базі дерев подій, можуть бути використані імітаційні методи для отримання можливих (допустимих) значень випадкових збоїв на елементах нижнього рівня, якщо ці значення визначені з великою помилкою внаслідок відсутності достатньої інформації. Якщо вдається приблизно оцінити значення цих ймовірностей, можна з використанням датчика випадкових чисел задавати можливі значення цих ймовірностей, а потім за моделлю дерева подій визначити відповідні їм значення ймовірностей аварій. Такий підхід використовують для оцінки того, як невизначеності вихідних значень ймовірностей збоїв на нижніх рівнях системи вплинуть на значення ймовірності аварії, можливих у процесі її функціонування і розвитку. Датчик випадкових чисел використовується в даному випадку для формування різних станів ймовірностей збоїв на елементах нижнього рівня.

Використання логіко-лінгвістичного моделювання для дослідження людиномашинних систем ґрунтується як на врахуванні впливу психофізіологічних властивостей персоналу на реалізацію ними алгоритмів діяльності, так і факторів, які визначаються ергономічністю і надійністю обладнання.

Третій спосіб пов'язаний з використанням моделей стану досліджуваної системи, що виражаються диференціальними рівняннями Колмогорова (визначається ймовірність аварійного стану об'єкта), наприклад, для безперервного Марківського ланцюга:

$$\begin{aligned} \frac{dP_1(t)}{dt} &= -\lambda_{12}P_1(t) + \lambda_{21}P_2(t); \\ &\dots\dots\dots \\ \frac{dP_i(t)}{dt} &= -\lambda_{i-1,i}P_{i-1}(t) + \lambda_{i+1,i}P_{i+1} - \\ &-(\lambda_{i-1,i} + \lambda_{i,i+1})P_i(t), \quad i = \overline{2, n-1}; \\ &\dots\dots\dots \\ \frac{dP_n(t)}{dt} &= \lambda_{n-1,n}P_{n-1}(t) - \lambda_{n,n-1}P_n(t), \end{aligned}$$

де $\lambda_{i,j}$ – густина ймовірності (інтенсивність) переходу.

Прогноз, порівняльна оцінка та управління аварійним ризиком. Визначення величини аварійного ризику, породжуваного ОПН, і розробка рекомендацій щодо його зниження грають виключно важливу роль у всій методології аналізу ризику, пов'язаного з аваріями. Ці процедури логічно завершують множину різних підходів, методів і прийомів, що входять до арсеналу методології аналізу аварійного ризику.

Цей етап аналізу ризику можна умовно розбити на дві частини: 1) прогноз і порівняльна оцінка ризику та 2) управління аварійним ризиком. У першому випадку необхідно зробити прогноз величини сукупного аварійного ризику з урахуванням можли-

вого збитку від кожної окремої аварії та її інтенсивності і порівняти її з допустимим критичним значенням. У другому випадку необхідно розробляти в ході проведення всіх попередніх етапів аналізу ризику рекомендації щодо зниження можливого збитку та інтенсивностей прогнозованих аварій, щоб досягти прийняттого критичного значення сукупного аварійного ризику при обмежених економічних витратах. Заключний етап аналізу аварійного ризику містить ряд послідовно виконуваних процедур.

Перш за все передбачається, що повинен бути вибраний тип або вид аварійного ризику і відповідна йому міра. Ризик – багатогранне поняття, і, навіть, якщо обмежитися ризиком, породжуваним аваріями на підприємстві, можна розрізняти ризики за видом небезпеки, за характером джерел ризику, за реципієнтами ризику, за масштабами зони ураження та одиниць вимірювання. Відповідно до видів ризику існують і міри ризику. Найбільше поширення отримав аварійний ризик для однієї людини – локальний та індивідуальний ризик, ризик для групи людей – груповий ризик, та індекси ризику.

Після того, як форма подання ризику обрана, складають модель прогнозу і виконують необхідні обчислення. Потім виконується процедура порівняльної оцінки рівня аварійного ризику, коли дослідник повинен прийняти рішення, прийнятний ризик чи ні. Це рішення приймається на основі зіставлення знайдених значень ризику з фоновими та критичними значеннями. Під фоновим ризиком для людини, наприклад, мається на увазі ризик, якому піддається людина за безаварійних умов від різних природних, побутових небезпечних подій у даній місцевості. Фоновий ризик служить відправною точкою для призначення критичного рівня ризику. Критичний рівень визначає межу, перевищення якої недопустиме. Величина критичного рівня базується на міжнародному досвіді і закладається в нормативні документи.

Якщо рівень аварійного ризику прийнятний, аналіз аварійного ризику закінчується. В іншому випадку, коли ризик або можливі втрати визнаються недопустимо високими, виконується дослідження чутливості, ступеня невизначеності і значущості складових аварійного ризику. Визначається «найбільш вузька ланка» у системі забезпечення безпеки об'єкта. І відповідно до цього, а також з урахуванням економічних аспектів, розробляються рекомендації щодо зниження рівня ризику. Реалізація подібних рекомендацій дозволить знизити рівень небезпеки об'єкта. Проте, до її фактичного здійснення повинна бути знову проведена процедура аналізу аварійного ризику, включаючи попередній аналіз небезпек, математичне моделювання наслідків, частотний аналіз, і, нарешті, прогноз аварійного ризику і його порівняльну оцінку. Передбачається, що процедура аналізу ризику в загальному випадку повинна мати ітераційний характер.

Для виконання описаних вище завдань необхідно: розробити банк верифікованих математичних моделей, що використовуються при аналізі ризику; розвинути методологію математичного моделювання аварійних подій в умовах дефіциту вихідної інформації; створити інформаційне забезпечення, що містить, зокрема, відомості про параметри математичних моделей прогнозу аварійних ситуацій і умов їх застосування; розробити сучасне програмне забезпечення для вирішення завдань прогнозу техногенних аварій.

Висновки. Результати аналізу ризику використовуються при декларуванні об'єктів промислової безпеки небезпечних виробничих об'єктів, експертизі промислової безпеки. Необхідно відзначити, що загальноприйнятих значень рівня ризику в світі поки немає. Розкид порогових значень ступеня ризику (ізолініями на карті виділяють зони з різним ступенем небезпеки і вимірюють її в заданій точці ймовірністю ураження) пояснюється різним ставленням до ризику (добровільний або примусовий), рівнем розвитку промислової безпеки в країні, а також відмінностями в методології аналізу ризику. Одним з найважливіших підходів при визначенні прийняттого ризику є підхід, що полягає у визначенні ризику загинути протягом року людині будь-якого віку (як від

різних окремих причин, так і їх сукупності). Зокрема вважається, що максимально допустимою величиною ризику (критерієм небезпеки за рівнем ризику) є очікувана частота загибелі людини $5 \cdot 10^{-5}$ на рік. Залежно від очікуваних вигод може обговорюватися рівень ризику в діапазоні $10^{-3} \div 10^{-6}$.

Стратегія управління ризиком не є однозначною і багато в чому залежить від загального стану, пріоритетів і тенденцій розвитку економіки країни, від існуючої законодавчої та нормативної бази, налагодженості механізмів економічного і правового управління безпеки й охорони навколишнього середовища в промисловості та від ряду інших факторів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Качинський А.Б. Безпека, загрози і ризик: наукові концепції та математичні методи / А.Б.Качинський. – Київ, 2004. – 472с.
2. Управління техногенною безпекою об'єктів підвищеної небезпеки / [В.Ф.Стоєцький, Л.В.Дранишников, А.Д.Есипенко та ін.]. – Тернопіль: Видавництво Астон, 2006. – 408с.
3. Дранишников Л.В. Системний ризик-аналіз техногенних аварій / Л.В.Дранишников // Математичне моделювання. – Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2015. – №1(32). – С.22-28.
4. Теоретические основы техногенной и экологической безопасности. Часть 2. Методы анализа и оценки риска аварий / Л.В.Дранишников, Ю.Н.Матвеев, Б.В.Палюх, В.Н.Богатиков. – Тверь: ТвГТУ, 2013. – 160с.
5. Стоєцький В.Ф. Оцінка ризику при аваріях техногенного характеру / В.Ф.Стоєцький, Л.В.Дранишников, В.И.Голинько // Науковий вісник НГУ. – 2014. – №3 – С.117-124.
6. Егоров А.Ф. Анализ риска, оценка последствий аварий и управление безопасностью химических, нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств / А.Ф.Егоров, Т.В.Савицкая. – Москва: КолосС, 2010. – 626с.

Надійшла до редколегії 27.02.2017.

УДК 004.432

ЖУЛЬКОВСКАЯ И.И., к.т.н., доцент
ЖУЛЬКОВСКИЙ О.А., к.т.н., доцент
БИЛЬО В.В., студент

Днепропетровский государственный технический университет, г. Камянское

ТИПИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Введение. Эффективность машинных алгоритмов во многом зависит от используемых языков и систем программирования. При этом повышение эффективности языков и систем программирования тесно связано с совершенствованием следующих средств: анализа и обработки информации; информационного обеспечения, организации обработки и управления данными, процедурами, моделями, декомпозиции больших программ, семантических, синтаксических и морфологических возможностей языка; адаптации к внутренним и внешним условиям использования языка; технологии программирования и т.п.

Прогресс компьютерных технологий сопровождается созданием новых и совершенствованием существующих средств общения программистов с ЭВМ – языков программирования (ЯП). Со времени создания первых компьютеров человечество придумало уже более восьми с половиной тысяч ЯП.

Чтобы разобраться во всем многообразии ЯП, нужно знать их классификацию, историю создания, эволюцию и тенденции развития.