

8. Іванов С.Г., Іванов Л.С., Руденко В.М., Шило С.Г. Основи технічної експлуатації АСУ // Навчальний посібник. - Х.: ХУ ПС, 2007. – 308 с.
9. Шило С.Г., Борозенець І.О., Феценко А.Б. Модель оцінки оперативної обстановки надзвичайної ситуації оперативно-диспетчерською службою МНС. Збірник наукових праць. УЦЗ України. Вип. 9. – Х.: УЦЗУ, 2009. С.170-176.

УДК 504.056

*Яковлева І.О., канд. техн. наук, проф., УЦЗУ,
Паніна О.О., викл., УЦЗУ,
Гусева Л.В., викл., УЦЗУ*

МЕТОДИКА ОЦІНКИ РИЗИКУ МЕТОДАМИ ТЕОРІЇ НАДІЙНОСТІ (представлено д-ром техн. наук Бодянським Е.В.)

Запропонована методика дозволяє визначити інтегральний параметр, який як комплексний критерій дає оцінку потенційної небезпеки різної фізичної природи (пожежонебезпечність, токсичність, вибухонебезпечність, чинники відмови устаткування, т.д.). Інтегральний параметр дає можливість порівнювати потенційну небезпеку одного об'єкту з потенційною небезпекою іншого.

Ключові слова: методика, оцінка ризику аварій, інтегральний критерій

Постановка проблеми. У існуючому українському законодавстві в області промислової безпеки відсутня єдина методологія для визначення і порівняння небезпек різних небезпечних виробничих об'єктів і небезпек різної фізичної природи. Визначення узагальнюючого параметра як комплексного критерію оцінки потенційної небезпеки дозволить обґрунтувати ухвалення рішення по зосередженню і нормуванню на виробничих площах великих об'ємів вибуховопожежонебезпечних і токсичних продуктів, розміщенню небезпечних об'єктів (НО) щодо населених пунктів і зрештою, дозволить управляти небезпекою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З погляду перспективи подальшого розвитку суспільства слід передбачати майбутні загрози, комплексно вивчати існуючі техногенні небезпеки,

Яковлева І.О., Паніна О.О., Гусева Л.В.

в подальшому нормувати і регулювати небезпеку [8]. У світовій спільноті, особливо в країнах з розвинутою економікою, починаючи з 1980-х років, відбулася зміна акцентів державної політики у бік вирішення завдань по зниженню природних і техногенних ризиків, пом'якшенню наслідків ЧС. По розрахунках міжнародних експертів і вчених РАН, необхідні витрати на прогнозування і забезпечення готовності до катастроф в 10-15 разів менше величини збитку від них [9].

Для кількісної характеристики безпеки об'єктів введений показник ризику [10-11]. Ризик - міра небезпеки. Небезпека (техногенна) - стан, що внутрішньо властивий технічній системі, промисловому об'єкту, реалізовується у вигляді вражаючих дій джерела техногенної надзвичайної ситуації на людину і навколишнє середовище при його виникненні, або у вигляді прямого або непрямого збитку для людини і навколишнього середовища в процесі нормальної експлуатації цих об'єктів [1] або, іншими словами, небезпека - можливість спричинення збитку кому-небудь або чому-небудь. Кількісно ризик оцінюється показниками: індивідуальний ризик; колективний ризик; соціальний ризик; потенційний територіальний ризик.

Постановка завдання та його вирішення. Початковим етапом оцінки ризику є аналіз технології, специфіки його окремих елементів, а також ідентифікація характерних джерел потенційної небезпеки, здатних привести до нештатної ситуації. Оцінка небезпеки при експлуатації технологічних установок НО безпосередньо пов'язана з показниками надійності і залишкового ресурсу окремих апаратів і всієї установки в цілому. Найбільш важливим питанням є визначення допустимих термінів подальшої експлуатації небезпечного об'єкту [2].

Одним з основних показників надійності об'єкту є вірогідність безвідмовної роботи на деякому тимчасовому інтервалі або функція надійності [3]. Безвідмовність – це властивість устаткування безперервна зберігати працездатність протягом деякого періоду часу або безперервного напрацювання. Основним показником безвідмовності виробу є вірогідність безвідмовної роботи $P(t)$ – вірогідність того, що в заданому проміжку часу, рівному t не виникне відмови.

Функцією ризику аварії із-за відмови нормального функціонування об'єкту називають вірогідність відмови $F(t)$

$$F(t) = 1 - P(t). \quad (1)$$

Вірогідність безвідмовної роботи $P(t)$ і вірогідність відмови $F(t)$ утворюють повну групу подій

$$P(t) + F(t) = 1, \quad (2)$$

$$P(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(\xi) d(\xi)\right), \quad (3)$$

$$\lambda(t) = -P'(t)/P(t), \quad (4)$$

де $\lambda(t)$ – інтенсивність відмов, яка дорівнює вірогідності того, що після безвідмовної праці до моменту часу роботи t аварія відбудеться в подальшому малому відрізку часу [3].

Досвід показує, що після невеликого початкового періоду експлуатації функція $\lambda(t)$ тривалий період достатньо стабільна. Вплив корозійного зносу, втоми, повзучості і інших пошкоджень виключається регламентацією термінів служби устаткування.

Враховуючи період нормального функціонування $\lambda(t) = \text{const}$, з (3) отримуємо експоненціальний розподіл

$$P(t) = \exp(-\lambda t). \quad (5)$$

Причому, $\bar{\theta} = 1/\lambda$ – математичне очікування терміну служби (ресурсу) або середнє напрацювання на відмову. Функцію ризику можна записати у вигляді

$$F(t) = 1 - \exp(-\lambda/\bar{\theta}). \quad (6)$$

При функції надійності у вигляді (5) частота відмов в системі однотипних об'єктів відповідає дискретному розподілу Пуассона

$$Q(N, \lambda t) = \frac{(\lambda t)^N}{N!} \exp(-\lambda t). \quad (7)$$

Згідно даній формулі, аварії на тимчасовому інтервалі відбудуться N разів з вірогідністю $Q(N, \lambda t)$, а відсутність аварійних ситуацій – з вірогідністю

$$Q(0, \lambda\tau) = \exp(-\lambda\tau). \quad (8)$$

Отже, прогнозування аварійних ситуацій методами теорії надійності можливо на основі статистики. Інформаційними джерелами статистики відмов устаткування нафтозаводу є журнали обліку напрацювань, пошкоджень і відмов, дані первинних і звітних хронокарт, технологічні і звітні документи підрозділів. У табл. 1 приведена статистика відмов при нормальній роботі елементів промислового устаткування.

Оцінка ризику аварій виконується згідно [4] шляхом визначення вигляду, наслідків і категорії відмов, розглядаються варіанти найбільш небезпечної по наслідках аварійної події і найбільш вірогідної аварійної події. По конкретному виду устаткування знаходиться сумарний по НО ресурс безаварійної роботи. Величина параметра потоку аварійної відмови, таким чином, дорівнює

$$\lambda = 1/\tau, \quad (9)$$

де τ – час безаварійної роботи об'єкту.

Таблиця 1 – Середні значення параметра λ для устаткування підприємств вибухонебезпечних виробництв [2]

Елемент устаткування	$\lambda \cdot 10^6, \text{ч}^{-1}$
Засувки клапанів	5,1
Клапани важелі	4,5
Клапани дренажні	0,224
Манометри	1,3
Мотори гідравлічні	4,3
Насоси з машинним приводом	8,74
Прокладки пластмасові	0,05
Прокладки гумові	0,02
Регулятори тиску	4,25
Резервуари гідравлічні	0,15
Сильфони	2,287
З'єднання гідравлічні	0,03
З'єднання пневматичні	0,04
Трубопроводи	1,1
Шланги високого тиску	3,93
Запобіжні мембрани	0,0112

Припустимо, є НО, що має в складі різне устаткування: колонне, пічне, теплообмінне, насосне. Вважатимемо, що технологічна установка знаходиться в справному стані, коли справні всі апарати. Таким чином, відмова всієї установки настає тоді, коли відмовить хоч би один апарат.

Основою розрахунків критеріїв надійності апаратів і технологічних ліній (установок) є статистична обробка результатів спостережень за розподілами відмов і часу ремонту апаратів одного вигляду, умови експлуатації яких приблизно однакові [5]. Отримання даних по n апаратах або технологічних лініях, де n – достатньо для статистичних розрахунків, надзвичайно важке завдання. Перед статистичною обробкою необхідно провести угруповання отриманих даних за умовами експлуатації і відпрацьованим часом початку експлуатації.

Приведемо показники надійності устаткування (табл. 2). Ці дані були зібрані і отримані М.А. Шаталіною [6] на основі аналізу журналів пробігів устаткування, ремонтних карт. Приведені показники надійності (табл. 2) дають уявлення про те, наскільки конструкція, технологія і умови експлуатації забезпечили бажані показники надійності і можуть бути застосовані до аналогічного устаткування. Визначення вагомості чинників, які складають інтегральний параметр, можливо методом експертних оцінок.

Таблиця 2 – Показники надійності устаткування

Устаткування	Вірогідність безвідмовної роботи	Середнє напрацювання на відмову, добу
Колонне	0,705	735
Теплообмінне	0,309	721
Пічне	0,319	386
Насосне	0,524	154

Зрозуміло, що небезпека при експлуатації технологічних установок нерівнозначна. Одні об'єкти пожежонебезпечні, інші – вибухонебезпечні. Товарні парки з нафтопродуктами більшою мірою пожежонебезпечні, в той же час токсичне навантаження складів і парків хімічних реагентів представляє ще більшу небезпеку в порівнянні з пожежною небезпекою.

Для визначення вагомості кожного з цих чинників був використаний метод експертних оцінок – метод апіорного ранжирування (опитування експертів-фахівців з певної теми, причому число експертів повинно бути таке, щоб можна було застосувати методи статистики для обробки результатів опитування). У анкеті для опитування зазвичай указуються найменування чинників, їх розмірності, способи визначення, можливі області вимірювання. Фахівців просять проранжувати чинники по ступеню їх важливості так, щоб найважливіший (перший з погляду фахівця) чинник отримав ранг 1, наступний за ним – ранг 2, і так далі [7].

Якщо фахівець вважає два або декілька чинників рівнозначними, він ставить їм однакові ранги. В цьому випадку вводять, так звані, «зв'язані ранги» і проводять переформовування рангів. Суми рангів будуть основними показниками сили впливу чинників на властивість, що вивчається. Первинні і переформовані результати опитів повинні бути адекватні. В цьому випадку можна користуватися будь-якими з них. Якщо результати неадекватні, необхідно провести анкетування знову.

Наступним етапом є перевірка наявності узгодженості в думках фахівців. Перш за все, перевіряють гіпотезу про рівномірність розподілу думок фахівців. Гіпотеза про рівномірний розподіл думок експертів відкидатиметься у тому випадку, коли $\chi^2_{розрах}$, буде більше $\chi^2_{табл}$ при вибраному рівні значущості α і числі мір свободи $f = J - 1$.

Гіпотезу про наявність згоди в думках фахівців перевіряють за допомогою коефіцієнта конкордації Кендела

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^n \Delta_j^2}{m^2 (K^3 - K)}, \quad (10)$$

де $\sum_{j=1}^n \Delta_j^2$ – сума квадратів відхилень суми рангів кожного експерта від загальної середньої суми рангів; m – число фахівців.

Коефіцієнт конкордації міняється від 0 (відсутність якої-небудь згоди в думках привернутих експертів) до 1 (повна згода) [7].

У опитуванні беруть участь фахівці різної кваліфікації, тому необхідно врахувати їх компетентність. Для цього існують різні

прийоми, але, найпоширеніший з них – ранжування фахівців, що брали участь в опитуванні. При цьому враховується кваліфікація, стаж і досвід роботи. Пропорційно сумі рангів, яку отримує той або інший фахівець, для кожного з них встановлюють його «вагу» – δ . Самий досвідчений експерт отримує вагу $\delta = 2$, найменш досвідчений – $\delta = 1$.

Для встановлення ваги решти експертів використовуємо вирішення лінійного рівняння

$$\delta_i = a + b \sum_{h=1}^m \alpha_{ih} . \quad (11)$$

Підраховуємо по цьому виразу «ваги» експертів (δ_i). Тепер основними показниками сили впливу чинників на досліджувану властивість можна буде рахувати «зважені» суми рангів $\sum_{i=1}^m \alpha_{ij} \delta_i$. З урахуванням ваги фахівців коефіцієнт конкордації підраховують по формулі

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^n \Delta_j^2}{m^2 (K^3 - K) \left(\sum_{i=1}^m \delta_i \right)} . \quad (12)$$

Результатом дослідження повинен стати узагальнюючий параметр, що характеризує конкретну установку конкретного підприємства отриманий з виразу

$$J_0 = \sum J_i * g_i / 25 , \quad (13)$$

де J_i – бал i - того чинника ($1 < J < 5$); g_i – значущість i - того чинника, який оцінює фахівець (експерт).

Висновки. Інтегральний критерій враховує вибухонебезпеку, пожежонебезпеку, токсичність речовин, що переробляються, експлуатаційну надійність устаткування. Ваговитості кожного чинника, які визначаються експертним шляхом, дозволять обґрунтовувати ухвалення рішення по зосередженню і нормуванню на виробничих площах великих об'ємів вибуховопожежонебезпечних

і токсичних продуктів, розміщенню небезпечних об'єктів щодо населених пунктів і зрештою, дозволять управляти безпекою.

ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 22.0.05-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения.
2. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Под ред. Кочетова К.Е., Котляревского В.А., Забегаева А.В. Кн.1. М.: Изд. Ассоциации строительных ВУЗов, 1995 г. с. 159, 165, 193.
3. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Под ред. Кочетова К.Е., Котляревского В.А., Забегаева А.В. Кн. 2, М: Изд. Ассоциации строительных ВУЗов, 1996 г. с. 6, 19, 179, 183.
4. Методические указания по проведению анализа риска опасных промышленных объектов. РД 03-418-01 . М: 2001
5. Зубова А.Ф. Надежность машин и аппаратов химических производств. Л.: Машиностроение, 1978. с215
6. Шаталина М.А. Экономическая оценка повышения надежности функционирования технических систем, дисс. канд. техн. наук. Уфа,: УГНТУ, 2000.
7. Новик Ф.С, Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. М.: Машиностроение, 1980г. 35-58,282.
8. Белов СВ., Ильницкая А.В., Козьяков А.Ф. и др. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов. М.: Высшая школа. 1999.
9. Шахраманьян М. А. и др. Комплексная оценка риска от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Безопасность жизнедеятельности. №12. 2001.
10. Методика оценки последствий химических аварий (Методика «Ток-си»). М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 1993.
11. Методические рекомендации по идентификации опасных производственных объектов. М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 1999.
nuczu.edu.ua