

УДК 351.861

Д.В. Тарадуда

Національний університет цивільного захисту України, Харків

ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ АВАРІЙ НА ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ, ДО СКЛАДУ ЯКИХ ВХОДЯТЬ АМІАЧНІ ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ

Проведено аналіз відомих на сьогоднішній день визначень й формулювань ризику виникнення аварій. Запропоновано новий підхід до формування складових ризику. На базі попереднього аналізу технологічного процесу аміачної холодильної установки (АХУ), небезпек, що призводять до виходу аміаку із системи визначено сумарну «технічну» складову ризику виникнення аварійної ситуації на АХУ.

Ключові слова: аміак, холодильна установка, оцінка ризику, потенційно небезпечний об'єкт, теорія імовірності, наробіток до першої відмови, технічна складова ризику.

Вступ

Постановка проблеми. Аварії й катастрофи останніх десятиліть – хімічне забруднення навколишнього середовища, пожежі й вибухи – закономірно приводять до висновку: рухаючись шляхом технічного прогресу суспільство піддає себе все більшому ризику. Завдяки вдосконаленню штучного середовища перебування (техносфери) значно зростає якість життя людини. Але створена для захисту людини від зовнішніх впливів, у наш час техносфера сама стає джерелом небезпеки: росте потужність промислових установок, ускладнюються технології, зростає вплив підприємств один на одного. Ризик і масштаби аварій значно зросли. Необхідні заходи щодо захисту людини та навколишнього середовища від небезпек породжених техносферою (техногенних аварій і катастроф).

Однак, для здійснення вищезазначених заходів необхідно оцінити рівень небезпеки об'єктів техносфери в загалі, та потенційно небезпечних об'єктів (ПНО) зокрема.

Існуючі на сьогодні підходи до оцінки ризику виникнення аварійних ситуацій мають переважно декларативний характер та базуються на статистичних даних, що унеможливує їх використання для дієвої оцінки розгалуженої системи об'єктів з АХУ, які перебувають в експлуатації понад установлені (нормативно передбачені) строки. Прогнозуючи у подальшому відсутність суттєвого зростання та оздоровлення економіки держави, гостро постає проблема об'єктивного оцінювання небезпеки подальшої експлуатації об'єктів з АХУ, що в свою чергу потребує удосконалення процедури оцінки ризику аварій на зазначених об'єктах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз світової практики свідчить про те, що з цією метою використовуються методи оцінки ризику виникнення аварій. В хімічній промисловості Європи, наприклад, набув широкого розповсюдження метод

Hazard and Operability Study (HAZOP) [1] Однак, при застосуванні цього табличного методу, мова йде про ідентифікацію загрози й оцінку наслідків. Сам ризик виникнення аварій при цьому не розраховується. В Сполучених Штатах Америки та Японії наряду з вищезазначеним застосовуються також і методи Fault Trees та МОРНА [2], які вигідно відрізняються тим, що крім ідентифікації небезпек і їхнього ранжирування дозволяють виявити певні неточності в інструкціях з безпеки, що сприяє їхньому подальшому вдосконалюванню. Але недоліки цих методів пов'язані зі складністю їхнього застосування для аналізу комбінацій подій, що найчастіше і являються причиною аварій.

В Росії та Україні для визначення рівня небезпеки ПНО розроблені методики [5– 8]. Але деякі з них, а саме [5 – 7], мають декларативний характер та розроблені у вигляді рекомендацій, керуючись якими не можливо оцінити фактичний рівень небезпеки ПНО. Стосовно методики [8], то вона не дає інформації про реальний стан безпеки об'єкта, а лише вказує на можливі наслідки аварій.

Постановка завдання та його вирішення.

Метою даної роботи є формування базової математичної моделі з визначення ризику аварій, яка б максимально розкривала фізику процесу виникнення небезпеки на об'єктах, до складу яких входять АХУ

Класичне формулювання ризику – це добуток імовірності виникнення несприятливих явищ P і величини збитку від їхнього впливу Q :

$$R = P \cdot Q . \quad (1)$$

Для управління ризиками вираз (1) представляють у вигляді функцій (2), де перший множник – це технічна складова, а другий – економічна складова ризику:

$$R = P(X_1 \dots X_n) \cdot Q(X_1 \dots X_n) , \quad (2)$$

де перший множник – це технічна складова, а другий – економічна складова ризику.

Вираз (2) досить широко використовується для визначення потенційної небезпеки при оцінці впливу об'єкта на навколишню територію й населення. Але для визначення потенційної небезпеки виникнення аварійних ситуацій на об'єкті вираз (2) потребує суттєвого

доповнення, що у свою чергу потребує зміни фізичного змісту ризику виникнення аварії. Для розв'язання поставленого завдання нами був проведений аналіз відомих на сьогоднішній день визначень й формулювань ризику, узагальнені дані якого представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Узагальнені дані визначень ризику техногенного характеру

№	Вид ризику	Формулювання	Формула	Компоненти формули
1.	Класичне формулювання ризику	Характеризується значеннями ймовірностей можливих несприятливих явищ і показниками ваги їх очікуваних наслідків	$R = P \cdot Q$	P – ймовірність можливих несприятливих явищ; Q – показник ваги їх очікуваних наслідків.
2.	Ризик виникнення надзвичайних ситуацій	–	$R = 1 - P(0, t)$ або $R = 1 - \exp(-\lambda t)$	$P(0, t)$ – ймовірність того, що не відбудеться ні однієї надзвичайної ситуації - $N = 0$; t – часовий інтервал; λ – середнє число подій в одиницю часу (щільність НС).
3.	Ризик аварії	Математичне сподівання ймовірності виникнення аварійної ситуації й можливого збитку від аварії	$r_A^i = p_A^i(Y) \cdot u^i$	$p_A^i(Y)$ – ймовірність виникнення аварійної ситуації; u^i – величина збитку від аварії.
4.	Техногенний ризик	Ймовірність настання певної комбінації небажаних подій	$R = \sum_{i=1}^n P_i$	P_i – ймовірність небажаної події
		При необхідності можна використовувати визначення ризику як ймовірності перевищення межі x	$R = P\{\xi > x\}$	ξ – випадкова величина. x – припустима межа.

Виходячи з результату аналізу, були сформовані наступні припущення:

– величина ризику внутрішніх впливів на об'єкт контролю – це певна комбінація технічних (P) та матеріальних (Q) складових ризику виникнення небажаних подій:

$$R_{\text{вн}} = \begin{cases} \sum_{i=1}^n P_i(X) \cdot Q_i(X); \\ \prod_{i=1}^n P_i(X) \cdot Q_i(X); \end{cases} \quad (3)$$

– для визначення ризику виникнення аварій від зовнішніх впливів доцільно застосовувати вираз (4), який для загального випадку в повній мірі відображає ступінь небезпечного впливу зовнішніх факторів:

$$R_{\text{зовн}} = 1 - \exp(-\lambda t). \quad (4)$$

Наступним кроком оцінки ризику є проведення аналізу небезпек, характерних для технологічного процесу на об'єкті в цілому та для кожного елементу установки зокрема. Розгорнутий аналіз для типового об'єкту з АХУ проведено у роботі [11].

Таким чином, проаналізувавши технологічний процес на АХУ та безпеки, що призводять до формування попередніх умов аварійної ситуації, сумарну «технічну» складову ризику виникнення небезпечної ситуації на АХУ можна представити у вигляді функціоналу, що пов'язує ймовірність виникнення аварії з ймовірністю ініціюючих подій [11]. Який,

зважаючи на наступне припущення, а саме: вірогідність ініціюючих подій має накопичувальний експоненціальний характер, приймає вигляд:

$$P_{\text{ініц}} = \begin{cases} P_1 = e^{-\lambda_1 \cdot (1/\tau)}; \\ P_2 = e^{-\lambda_2 \cdot (1/\tau)}; \\ P_3 = \begin{cases} P_{3,1} = e^{-\lambda_{3,1} \cdot (1/\tau)}; \\ P_{3,2} = e^{-\lambda_{3,2} \cdot (1/\tau)}; \\ P_{3,3} = e^{-\lambda_{3,3} \cdot (1/\tau)}; \\ P_{3,4} = e^{-\lambda_{3,4} \cdot (1/\tau)}; \\ P_{3,5} = e^{-\lambda_{3,5} \cdot (1/\tau)}; \\ P_{3,6} = e^{-\lambda_{3,6} \cdot (1/\tau)}; \end{cases} \\ P_4 = e^{-\lambda_4 \cdot (1/\tau)}; \\ P_5 = e^{-\lambda_5 \cdot (1/\tau)}; \\ P_6 = 1 - e^{-\frac{n \cdot \tau}{N \cdot \Delta t}}; \end{cases} \quad (5)$$

де $P_{\text{ініц}}$ – це ймовірність виникнення аварійної ситуації; P_i – ймовірності виникнення небезпечних (ініціюючих) факторів; λ_i – наробіток до першої відмови і-того елемента системи.

Враховуючи взаємовплив усіх складових функціоналу 5 та відповідну залежність (або її відсутність) елементів логіко-ймовірнісних схем технологічного процесу [11], функціонал (5) має вид виразу

$$P_{\text{дв}} = \sum_{i=1}^i P_i = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6) = \left(e^{-\lambda_1 \cdot (1/\tau)} + e^{-\lambda_2 \cdot (1/\tau)} + e^{-\lambda_{3,1} \cdot (1/\tau)} + e^{-\lambda_{3,2} \cdot (1/\tau)} + e^{-\lambda_{3,3} \cdot (1/\tau)} + e^{-\lambda_{3,4} \cdot (1/\tau)} + e^{-\lambda_{3,5} \cdot (1/\tau)} + e^{-\lambda_{3,6} \cdot (1/\tau)} + e^{-\lambda_4 \cdot (1/\tau)} + e^{-\lambda_5 \cdot (1/\tau)} + \left(1 - e^{-\delta} \left(-n \cdot \tau / (N \cdot \Delta \tau) \right) \right) \right), \quad (6)$$

який у свою чергу є математичним відображенням «технічної» складової ризику виникнення небезпечної ситуації на аміачній холодильній установці.

Надалі процедуру подібного характеру необхідно застосовувати для розгляду «матеріальної» складової ризику виникнення аварійної ситуації на об'єктах з аміачними холодильними установками з подальшим її узгодженням та апробацією.

Висновки

Не зважаючи на значні наукові досягнення в сфері методологічних підходів до вирішення проблеми оцінки потенційної небезпеки виникнення аварій існуючий понятійний апарат визначення ризику вимагає узгодження й уточнення. Використання ідентичних визначень «ризик» з різним фізичним змістом істотно гальмує розвиток наукових досліджень у даній сфері.

В даній роботі, для визначення ризику виникнення аварій, нами запропоновано використання технічної та матеріальної складових ризику. При детальному розгляді технічної складової зроблено висновки про те, що для визначення внутрішніх впливів на об'єкт контролю більш доцільно використовувати математичну модель (3), а для зовнішніх – у вигляді (4), так як вони максимально розкривають фізику процесу виникнення небезпечних факторів на об'єктах з АХУ та в подальшому дозволять сформулювати процедуру з попередження аварії.

Список літератури

1. Mock R., Van Mahnen J. (1999): Risk Analysis Methods in Processing Industry. In: Risk Analysis: Opening

the Process. Proceedings of the SRA-E 8th Conference Paris, Vol 2. ISPN, Fontenay-aux-Roses, S. 1145-1156.

2. Nakagawa M., Shiraо T., Kawasaki Y.: The New Methodology of Quantitative Process Hazard Analysis (MQPHA). In: PSAM 5 – Proceedings of the 5th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management Vol 1. Universal Academy Press, Inc., Tokyo. – S. 307-313.

3. Кунин П.П. Безопасность технологических процессов и производств / П.П. Кунин, В.Л. Лапин. – М.: Высшая школа, 2002. – 327 с.

4. Маршал В. Основные опасности химических производств / В. Маршал. – М.: Мир. – 1989. – 672 с.

5. Методики оценки аварий на опасных производственных объектах. Госгортехнадзор России. НТЦ "Промышленная безопасность". Сб. док. Серия 27. Декларирование промышленной безопасности и оценка риска. Вып. 2. – 2001.

6. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. Утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 10.07.01 № 30.

7. Наказ Міністерства праці та соціальної політики України №637 від 04.12.2002 «Про затвердження Методики визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки».

8. Наказ Міністерства надзвичайних ситуацій України від 27 березня 2001 року №73/82/64/122 «Про затвердження Методики прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті».

9. Про надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру в Україні за період з 1997 по 2006 роки (державний рівень) // Інформ. бюлетень. – 2008. – №2. – 212 с.

10. Проблеми прогнозування та попередження надзвичайних ситуацій природного, природно-техногенного та техногенного походження: зб. наук. праць за матеріалами міжнар. НПК, 5 – 9 жовтня. 2009 р. // Ялта: НПЦ «Екологія наука техніка», 2009. – 127 с.

11. Тарадуда Д.В. Формування алгоритму оцінки ризику виникнення аварій на потенційно небезпечних об'єктах, до складу яких входять аміачні холодильні установки / Д.В. Тарадуда, Р.І. Шевченко // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2009. – № 10. – С. 161-170.

Надійшла до редколегії 10.03.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.М. Фоменко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙ НА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ, В СОСТАВ КОТОРЫХ ВХОДЯТ АММИАЧНЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Д.В. Тарадуда

Проведен анализ известных на сегодняшний день определений и формулировок риска возникновения аварий. Предложен новый подход к формированию составляющих риска. На базе предварительного анализа технологического процесса аммиачной холодильной установки (АХУ) и опасностей, которые приводят к выходу аммиака из системы, определена суммарная «техническая» составляющая риска возникновения аварийной ситуации на АХУ.

Ключевые слова: аммиак, холодильная установка, оценка риска, потенциально опасный объект, теория вероятности, техническая составляющая риска.

ON INCREASE OF EFFICIENCY DETERMINATION OF RISK OCCURRENCE OF ACCIDENTS ON POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS AMMONIA-CONTAINING REFRIGERATING INSTALLATIONS

D.V. Taraduda

The analysis of formulations of risk of the occurrence of accidents is lead. The new approach to formation of components of risk is offered. On the basis of the preliminary analysis of technological process of an ammonia-containing refrigerating installations and dangers which lead to an output of ammonia from system, the total "technical" component of risk of occurrence of an emergency on ammonia-containing refrigerating installations is certain.

Keywords: ammonia, refrigerating installations, an estimation of the risk, potentially dangerous object, the theory of probability, time between failures, technical component of risk.