

*Тарадуда Д.В., ад'юнкт, НУЦЗУ,
Шевченко Р.І., канд. техн. наук, нач. лаб., НУЦЗУ,
Щербак С.М., викл., НУЦЗУ*

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НЕБЕЗПЕКИ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ АМІАЧНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ЗА ДОПОМОГОЮ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ТА УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ВИНИКНЕННЯ АВАРІЙ

(представлено д-ром техн. наук Туркіним І.Б.)

Розроблено підхід до створення багатокритеріальної методики оцінки та управління ризиком виникнення аварії на об'єктах, до складу яких входять аміачні холодильні установки та запропоновано процедуру визначення показників небезпеки основних вузлів аміачної холодильної установки, як основи процедури визначення пріоритетів та управління ризиком виникнення аварії на об'єкті контролю

Ключові слова: аміак, холодильна установка, оцінка ризику, потенційно небезпечний об'єкт, «дерево відмов», експертна оцінка

Постановка проблеми. Не зважаючи на розгалужені заходи з безпеки, ризик виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру в усіх країнах постійно зростає. Про це свідчать аварії й катастрофи останніх років – хімічне забруднення навколишнього середовища, пожежі, вибухи та ін. У зв'язку з цим виникає потреба формування обґрунтованої процедури оцінки існуючих загроз з метою подальшого визначення попереджувальних заходів та заходів зі зниження рівня ризику аварій на потенційно небезпечних промислових об'єктах (ПНО).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз останніх досліджень з даної тематики [1,2,5–7] доводить, що зростання показників ризику виникнення надзвичайних ситуацій в Україні має додаткові підстави через неефективну економічну та політичну структуру: збільшується частка застарілих технологій і зношення обладнання, скорочується фінансування заходів із модернізації виробничих фондів, знижується рівень виконавчої і технологічної дисципліни та ін. Заходи запобігання техногенним над-

звичайним ситуаціям в Україні [8] також є не достатньо ефективними.

Аналіз останніх досліджень з питань управління ризиком виникнення аварій різної природи довів, що на даний час існують статистичні, імовірнісні, експертні, соціологічні та модельні методи оцінки техногенного ризику [11]. Але слід зауважити, що в Україні переважно розвиваються лише методи оцінки наслідків ризику техногенних аварій [10].

Постановка завдання та його вирішення. Враховуючи вищенаведене, завданням безпосереднього наукового дослідження є розробка нової методологічної бази в сфері визначення та управління ризиками виникнення аварій на промислових об'єктах.

Саме тому для цілей оцінки небезпеки під час моніторингу споріднених підприємств однієї галузі нами пропонується єдина багатокритеріальна методика оцінки ризику на основі моделі, яка формується з: середньостатистичних даних галузі, «типового» обладнання, «типових» систем ПНО, фізіологічних показників тощо. Як правило, набір обладнання та систем визначається функціями (призначенням) підприємства, що дає можливість створення відповідної узагальненої моделі. В даній роботі пропонується підхід до створення багатокритеріальної методики оцінки ризику виникнення аварійної ситуації на об'єкті, до складу якого входить типова аміачна холодильна установка (АХУ).

Запропонована методика являє собою оцінку небезпеки об'єкта за критеріями трьох рівнів (рис 1.).

До критеріїв першого рівня відносяться:

- технічна надійність системи;
- зовнішній вплив;
- вплив суб'єкта.

Критерії першого рівня являються критеріями абсолютного ризику і відображають фактичний рівень небезпеки об'єкта. Вони включають фактори небезпеки, що здійснюють основний негативний вплив на об'єкт контролю. Фактори небезпеки визначаються при детальному аналізі технологічного процесу на установці та статистичних даних її аварійності.

Критерієм другого рівня є «взаємовплив» основних елементів установки при впливі на них факторів небезпеки (ФН) критеріїв першого рівня, що визначаються на I етапі та призводять до виникнення аварійної ситуації.

Критеріями третього рівня є критерії відносного ризику:

- збиток від аварії;
- затрати на профілактику.

Розробка критеріїв третього рівня є важливим етапом методики, адже оцінка об'єкта за критеріями перших двох рівнів не дозволяє управляти ризиком виникнення аварій на об'єкті, так як дані критерії являються абсолютними. За допомогою критеріїв третього рівня управління ризиком виникнення аварій на об'єкті стає можливим. Це відбувається завдяки організації зворотного зв'язку між критеріями третього та першого рівнів.

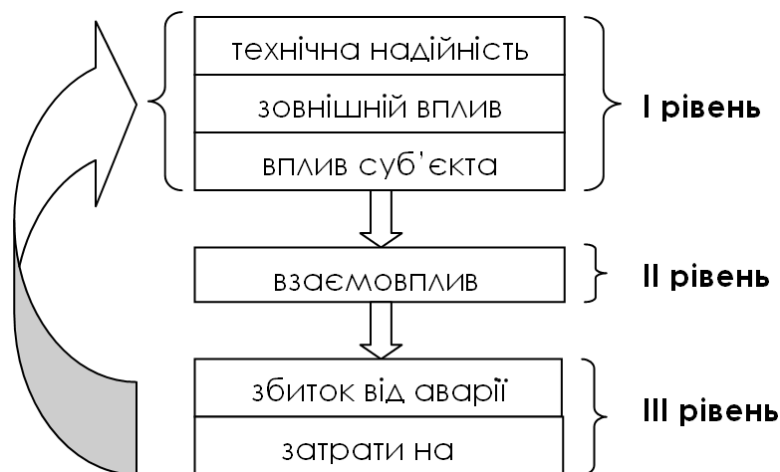


Рис. 1 – Запропонована схема управління ризиком виникнення аварії на об'єктах, до складу яких входять аміачні холодильні установки

Оцінка небезпеки об'єкта за критеріями першого рівня проводиться різними методами. Так оцінка «технічної надійності» установки проводиться на основі логіко-імовірнісної моделі причинно-наслідкових зв'язків аварійності досліджуваної системи з відмовами її елементів (дерева відмов) (рис. 2).

Дерево відмов складається з ініціюючих, проміжних та кінцевої події. Кінцевою подією є аварійна зупинка АХУ. Проміжними подіями є виникнення небезпечних ситуацій, що призводять до виникнення кінцевої події. Ініціюючими подіями являються відмови найменш надійних елементів системи. Об'єктивною характеристикою роботи таких елементів є середній наробіток до відмови λ .

Визначення показників небезпеки основних елементів аміачної холодильної установки за допомогою багатокритеріальної методики оцінки та управління ризиком виникнення аварій

Далі, шляхом застосування теорії імовірності та теорії надійності, за формулою (1) визначимо коефіцієнти абсолютних ризиків відмови основних елементів установки $P_1^1, P_2^1, P_3^1, \dots, P_a^1$ за критерієм «технічна надійність».

$$P_n^1 = 1 - \prod_{i=1}^a Q_i = 1 - \prod_{i=1}^a e^{-\frac{\tau_i}{\lambda_i}}, \quad (1)$$

де a – кількість основних елементів установки; Q_i – імовірність безвідмовної роботи i -го компоненту n -го елемента установки; λ_i – середній наробіток до відмови i -го компоненту n -го елемента установки, τ_i – час роботи i -го компоненту n -го елемента установки, [год].

Наприклад:

1) визначення коефіцієнта абсолютного ризику відмови продуктопроводу до проміжної ємності проводиться за наступною формулою

$$P_2^1 = 1 - Q_{2,1} = 1 - e^{-\frac{\tau_{2,1}}{\lambda_{2,1}}}, \quad (1.1)$$

так як відмова даного елемента обумовлена виникненням однієї ініціюючої події, яка характеризується середнім наробітком до відмови $\lambda_{2,1}$;

2) визначення коефіцієнта абсолютного ризику відмови проміжної ємності проводиться за формулою (1.2)

$$P_3^1 = 1 - Q_{3,1} \cdot Q_{3,2,1} \cdot Q_{3,2,2} \cdot Q_{3,2,3} \cdot Q_{3,2,4} \cdot Q_{3,3}, \quad (1.2)$$

а, враховуючи формулу (1), формулу (1.2) можна записати у наступному вигляді

$$P_3^1 = 1 - e^{-\frac{\tau_{3,1}}{\lambda_{3,1}}} \cdot e^{-\frac{\tau_{3,2,1}}{\lambda_{3,2,1}}} \cdot e^{-\frac{\tau_{3,2,2}}{\lambda_{3,2,2}}} \cdot e^{-\frac{\tau_{3,2,3}}{\lambda_{3,2,3}}} \cdot e^{-\frac{\tau_{3,2,4}}{\lambda_{3,2,4}}} \cdot e^{-\frac{\tau_{3,3}}{\lambda_{3,3}}}, \quad (1.3)$$

так як відмова даного елемента обумовлена виникненням не однієї, а декількох ініціюючих подій, які характеризується середніми наробітками до відмови $\lambda_{3,1}, \lambda_{3,2,1}, \lambda_{3,2,2}, \lambda_{3,2,3}, \lambda_{3,2,4}, \lambda_{3,3}$.

Стосовно ж оцінка небезпеки об'єкта за іншими критеріями першого рівня, а саме «зовнішній вплив» та «вплив суб'єкта», то, у зв'язку з відсутністю статистичних даних про вплив факторів небезпеки даних критеріїв на об'єкт контролю, її доцільно проводити шляхом поєднання методів експертних оцінок [3] та аналізу ієрархії Т.Сааті [9].

За допомогою елементу попарних порівнянь методу аналізу ієрархії Т.Сааті експертам пропонується оцінити вплив на кожен з основних елементів системи наступних факторів небезпеки:

1. За критерієм «зовнішній вплив»:

1.1. Знеструмлення в результаті зовнішнього впливу;

1.2. Припинення водопостачання до системи охолодження в результаті зовнішнього впливу;

1.3. Розгерметизація елементів установки в результаті зовнішнього впливу.

2. За критерієм «вплив суб'єкта»:

2.1. Помилки персоналу, пов'язані з відсутністю досвіду;

2.2. Помилки персоналу, пов'язані з професійним «вигоранням»;

2.3. Помилки персоналу, пов'язані з недосконалістю режиму праці.

Як основні ми виділили наступні елементи системи:

1. Компресорну машину першого ступеню (КМ-1);

2. Продуктопровід до проміжної ємності (ПП до ПЄ);

3. Проміжну ємність (ПЄ);

4. Продуктопровід до компресорної машини другого ступеню (ПП до КМ-2);

5. Компресорну машину другого ступеню (КМ-2);

6. Продуктопровід до конденсатору (ПП до К);

7. Конденсатор (К);

8. Продуктопровід до лінійного ресиверу (ПП до ЛР);

9. Лінійний ресивер (ЛР);

10. Продуктопровід до циркуляційного ресиверу (ПП до ЦР);

11. Циркуляційний ресивер (ЦР);

12. Продуктопровід до насоса для перекачування холодильного агента до холодильної камери (ПП до Н ХК);

13. Насос для перекачування холодильного агента до холодильної камери (Н до ХК);

14. Продуктопровід до розподільчого пристрою (ПП до РП);

15. Розподільчий пристрій (РП);

16. Продуктопровід до випаровувача (ПП до В);
17. Випаровувач (В);
18. Продуктопровід до насосу для перекачування холодильного агента до компресорної машини першого ступеню (ПП до Н КМ-1);
19. Насос для перекачування холодильного агента до компресорної машини першого ступеню (Н до КМ-1);
20. Продуктопровід до компресорної машини першого ступеню (ПП до КМ-1).

Вибір експертів пропонується проводити в декілька етапів. У якості експертів на першому етапі визначається N (для відповідного «дерева відмов» (рис.2) $N=6$ [3]) фахівців у сфері цивільного, протипожежного, екологічного та інформаційного захисту, а також фахівців у сфері холодильної промисловості та безпеки холодильних машин. Застосовуючи «лавиноподібний» підхід до визначення кількості експертів, їм у свою чергу пропонується вибрати, також по шість фахівців. Таким чином, отримується перелік у 36 осіб, з якого виключаються прізвища, що повторюються. Таким самим чином проводяться наступні етапи відбору експертів доти, поки вибрані експерти, в свою чергу, нових прізвищ не надали. На цьому вибір експертів закінчується.

Для фіксації результату порівняння пари факторів небезпеки пропонується використовувати шкалу наступного типу (шкалу ієрархії Сааті):

- 1 – рівноцінність;
- 3 – помірна перевага;
- 5 – сильна перевага;
- 7 – дуже сильна перевага;
- 9 – найбільша (крайня) перевага.

Значення 2, 4, 6 та 8 є перехідними. Особа, що приймає рішення (експерт), враховуючи свій досвід у даному питанні, попарно порівнює вплив факторів небезпеки відповідного критерію на кожен з основних елементів установки і ставить коефіцієнт k , використовуючи значення шкали ієрархії Сааті ($k=1,2,3,\dots,9$ або $1/1, 1/2, 1/3,\dots, 1/9$). Результати парних порівнянь впливу факторів небезпеки відповідного критерію окремо на кожен з основних елементів установки записуються у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати парних порівнянь впливу факторів небезпеки m -ого критерію на n -ий елемент установки

	Фактор небезпеки 1.	Фактор небезпеки 2.	Фактор небезпеки 3.	...	Фактор небезпеки l .	Сума рядка	Нормовані значення
Фактор небезпеки 1.	$k_n^{1,1,m}$	$k_n^{1,2,m}$	$k_n^{1,3,m}$	...	$k_n^{1,l,m}$	\sum_1^l	$w_n^{m,1}$
Фактор небезпеки 2.	$\frac{1}{k_n^{1,2,m}}$	$k_n^{2,2,m}$	$k_n^{2,3,m}$	...	$k_n^{2,l,m}$	\sum_2^l	$w_n^{m,2}$
Фактор небезпеки 3.	$\frac{1}{k_n^{1,3,m}}$	$\frac{1}{k_n^{2,3,m}}$	$k_n^{3,3,m}$	...	$k_n^{3,l,m}$	\sum_3^l	$w_n^{m,3}$
...
Фактор небезпеки l .	$\frac{1}{k_n^{1,l,m}}$	$\frac{1}{k_n^{2,l,m}}$	$\frac{1}{k_n^{3,l,m}}$	...	$k_n^{l,l,m}$	\sum_l^l	$w_n^{m,l}$
Сума передостаннього стовпчика						$\sum \sum_i^l$	

В таблиці 1 прості дроби переводяться в десяткові, рядки таблиці сумуються і суми записуються у передостанній стовпчик, значення якого також сумуються. В останній стовпчик таблиці 1 записуються нормовані значення коефіцієнтів впливу j -го фактору небезпеки m -ого критерію на n -ий елемент установки, які розраховуються за формулою

$$w_n^{m,j} = \frac{\sum_i^l}{\sum \sum_i^l}. \quad (2)$$

Отримані значення коефіцієнтів впливу факторів небезпеки m -ого критерію на n -ий елемент установки кожного експерта записуються в таблицю 2.

Таблиця 2 – Результати обробки експертної оцінки впливу факторів небезпеки m -ого критерію на n -ий елемент установки

	Фактор не-безпеки 1.	Фактор не-безпеки 2.	Фактор не-безпеки 3.	...	Фактор не-безпеки l .
Експерт 1.	$w_n^{1,m,1}$	$w_n^{1,m,2}$	$w_n^{1,m,3}$	...	$w_n^{1,m,l}$
Експерт 2.	$w_n^{2,m,1}$	$w_n^{2,m,2}$	$w_n^{2,m,3}$	...	$w_n^{2,m,l}$
Експерт 3.	$w_n^{3,m,1}$	$w_n^{3,m,2}$	$w_n^{3,m,3}$	...	$w_n^{3,m,l}$
...
Експерт c .	$w_n^{c,m,1}$	$w_n^{c,m,2}$	$w_n^{c,m,3}$	...	$w_n^{c,m,l}$
Середнє значення коефіцієнту впливу	$\bar{w}_n^{m,1}$	$\bar{w}_n^{m,2}$	$\bar{w}_n^{m,3}$	...	$\bar{w}_n^{m,l}$

Розрахунок величин середнього значення коефіцієнта впливу j -го фактору небезпеки m -ого критерію на n -ий елемент установки проводиться за формулою

$$\bar{w}_n^{m,j} = \frac{\sum_{i=1}^c w_n^{i,m,j}}{c}. \quad (3)$$

З метою виключення з загального числа оцінок, що суттєво відрізняються від середнього значення, доцільно проводити багатоступеневу процедуру дельфійського методу вирівнювання індивідуальних оцінок експертів і приведення їх до відповідного загального показника [3]. Для цього проводиться аналіз отриманих оцінок і виділення експертів, які дали оцінки, що суттєво відрізняються від загальної маси.

Сумарний коефіцієнт небезпеки n -го елемента установки за критеріями «зовнішній вплив» та «вплив суб'єкта» розраховується за формулою

$$P_n^m = \sum_{j=1}^l \bar{w}_n^{m,j}. \quad (4)$$

Отримані сумарні коефіцієнти небезпеки основних елементів установки за трьома критеріями запишемо у вигляді таблиці 3.

Таблиця 3 – Зведена таблиця коефіцієнтів небезпеки основних елементів установки за критеріями I-го рівня

	Елемент 1.	Елемент 2.	Елемент 3.	...	Елемент a.	Сума рядка
Критерій 1.	P_1^1	P_2^1	P_3^1	...	P_a^1	\sum_1^a
Критерій 2.	P_1^2	P_2^2	P_3^2	...	P_a^2	\sum_2^a
Критерій 3.	P_1^3	P_2^3	P_3^3	...	P_a^3	\sum_3^a

Для подальшого коректного застосування отриманих коефіцієнтів небезпеки при дослідженні взаємозв'язків елементів установки та визначенні загальних показників небезпеки цих елементів при впливі на них факторів небезпеки трьох критеріїв першого рівня отримані коефіцієнти небезпеки необхідно пронормувати таким чином, щоб їх сума по кожному критерію дорівнювала одиниці. Для цього необхідно просумувати кожен рядок таблиці 3, а отримані значення записати у останній стовпчик цієї ж таблиці. Після чого нормовані значення коефіцієнтів небезпеки визначимо за формулою

$$p_n^m = \frac{P_n^m}{\sum_i^a} \quad (5)$$

Отримані значення нормованих коефіцієнтів небезпеки є показниками небезпеки основних елементів аміачної холодильної установки за критеріями першого рівня, що мають наступний вигляд (таблиця 4).

Таблиця 4 – Показники небезпеки основних елементів установ-ки за критеріями I-го рівня

	Елемент 1.	Елемент 2.	Елемент 3.	...	Елемент a .
Критерій 1.	p_1^1	p_2^1	p_3^1	...	p_a^1
Критерій 2.	p_1^2	p_2^2	p_3^2	...	p_a^2
Критерій 3.	p_1^3	p_2^3	p_3^3	...	p_a^3

Висновки. В результаті роботи запропоновано підхід до визначення показників небезпеки основних вузлів аміачної холодильної установки за критеріями першого рівня, які є базовими показниками для визначення взаємовпливів між вузлами та пріоритетів при управлінні ризиком виникнення аварії на об'єкті контролю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аверин Г.В. Анализ опасностей аммиачных компрессорных установок / Г.В. Аверин, В.М. Москалец // Вестник Донецкого университета. Серия А. Естественные науки. – 2008. – №3. – С. 32 – 40.
2. Бахвалов О. А. Основные причины аварий при эксплуатации аммиачных холодильных систем / О. А. Бахвалов // Холодильная техника. – 2001. № 7. – С. 11 – 12.
3. Бурков В.Н. Получение и анализ экспертной информации / В.Н. Бурков, Л.А. Панкова, М.В. Шнейдерман – М.: ИПУ, 1980. – 50 с.
4. Диллон Б. Инженерные методы обеспечения надежности систем / Б. Диллон, Ч. Сингх ; пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 318 с.
5. Дрозд І.П., Охота А.С. До обґрунтування прийнятних рівнів ризику життєдіяльності в Україні // Матеріали науково-практичної конференції «Проблеми прогнозування та попередження надзвичайних ситуацій природного, природно-

- техногенного та техногенного походження». Ялта, 2009. – С. 20 – 23.
6. Лифар В.О. Моделі надзвичайних ситуацій та метод оцінки техногенного ризику в автоматизованій системі забезпечення безпеки виробництва : дис. кандидата технічних наук : 05.13.06 / Лифар Володимир Олексійович. – Х., 2007. – 278 с.
 7. Міхно Ю.О. Аналіз небезпечних режимів роботи холодильних машин / Ю.О. Міхно, О.В Кулаков // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2007. – №5. – С. 146 – 150.
 8. Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2008 році : Національна доповідь / [авт.–упоряд. Ю.Ю.Колесніченко]. – К.: Чорнобильінтерінформ, 2009. – 380 с.
 9. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Томас Саати ; пер.с англ. – М.: Радио и связь, 1989. – 316 с.
 10. Тарадуда Д.В., Шевченко Р.І. Аналіз існуючої прогностичної бази щодо ризику виникнення аварій на хімічно-небезпечних об'єктах // Матеріали науково-практичної конференції «Об'єднання теорії та практики – запорука підвищення боєздатності оперативно-рятувальних підрозділів». Х.: УЦЗУ, 2008. – С. 166 – 168.
 11. Тарадуда Д.В., Шевченко Р.І. Аналіз та класифікація науково-методичного забезпечення процесу визначення ризиків аварій на хімічно небезпечних об'єктах // Матеріали науково-практичної конференції «Актуальні проблеми наглядково-профілактичної діяльності МНС України». Х.: УЦЗУ, 2008. – С. 44 – 47.

Тарадуда Д.В., Шевченко Р.І., Щербак С.Н.

Определение показателей опасности основных элементов аммиачной холодильной установки с помощью многокритериальной методики оценки и управления риском возникновения аварий

Разработан подход к созданию многокритериальной методики оценки и управления риском возникновения аварии на объектах с аммиачными холодильными установками, и предложена процедура определения показателей опасности основных узлов аммиачной холодильной установки, которые в дальнейшем помогут при определении приоритетов во время процесса управления риском возникновения аварии на объекте контроля

Ключевые слова: аммиак, холодильная установка, оценка риска, потенциально опасный объект, «дерево отказов», экспертная оценка

Taraduda D.V., Shevchenko R.I., Sherbak S.N.

Determination indexes of danger basic elements of ammoniac refrigeration unit by the multicriterion method of estimation and management the risk origin of failures

Going near creation of multicriterion method estimation and management the risk of origin of failure is developed on objects with the ammoniac refrigeration settings and procedure of determination of indexes of danger of basic knots of ammoniac refrigeration unit, which in future will help at determination of priorities during the process of management the risk of origin of failure on the object of control, is offered

Key words: ammonia, a refrigerating machinery, an estimation of the risk, potentially dangerous object, «a tree of refusals», expert estimation

УДК 614.8

*Тесленко А.А., канд. физ.-мат. наук, доц., НУГЗУ,
Олейник В.В., канд. техн. наук, нач. каф., НУГЗУ,
Дудак С.А., преп., НУГЗУ*

ДВУШАГОВЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ

(представлено д-ром хим. наук Калугиным В.Д.)

Рассматривается методология оценки опасности объектов, состоящая из двух этапов. Сначала строится имитационная модель объекта. Затем модель изучается с целью определения опасности объекта, который она представляет. При необходимости возможна частичная оптимизация объекта с целью понижения его опасности.

Ключевые слова: модель, оптимизация, объект повышенной опасности, категория, взрывобезопасность, идентификация

Постановка проблемы. Бесперывное расширение масштабов хозяйственной деятельности человека сопровождается неуправляемой динамикой роста производства, которое приводит к частому возникновению техногенных ситуаций, что характеризуется резким отклонением от норм явлений и процессов. Они сопровождаются катастрофами и авариями с многочисленными человеческими жертвами, огромными материальными потерями и нарушением условий жизнедеятельности [1,2].