

УДК 351.861

В.В. Коврегін, Д.В. Тарадуда, Р.І. Шевченко

Національний університет цивільного захисту України, Харків

## ФОРМУВАННЯ МЕТОДОЛОГІЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ БЕЗПЕКИ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ АМІАЧНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ЗА КРИТЕРІЄМ «ВПЛИВ СУБ'ЄКТА»

На основі аналізу та узагальнення причин відмов технічних систем в результаті помилок людини, визначено фактори небезпеки, що можуть призвести до виникнення аварійної ситуації на аміачній холодильній установці. Формалізовано процедуру визначення коефіцієнтів безпеки основних вузлів аміачної холодильної установки за критерієм «вплив суб'єкта», як основи процесу визначення пріоритетів та управління ризиком виникнення аварії на об'єкті контролю.

**Ключові слова:** аміак, холодильна установка, оцінка ризику, потенційно небезпечний об'єкт, відмови в результаті помилок людини.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Технічні системи стають взаємопов'язаними тільки завдяки наявності такої основної ланки, як людина.

Приблизно 20 – 30% відмов на різних об'єктах прямо або побічно пов'язані з помилками людини [2]; понад 60% аварій на потенційно небезпечних об'єктах відбувається через помилки персоналу [6].

У зв'язку з цим, до процедури аналізу надійності технічних систем обов'язково повинна входити і оцінка впливу людського фактору. З погляду на існуючі наукові дослідження, одним з основних недоліків існуючої методологічної бази з оцінки потенційної небезпеки об'єктів є саме відсутність оцінки впливу людини на об'єкт контролю. Саме тому вирішення проблеми інтегрування існуючих досліджень з аналізу впливу людини на технічну систему в процес оцінки та управління ризиком виникнення аварій на потенційно небезпечних об'єктах є актуальним питанням.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Так автори у роботі [1] запропонована наступна класифікація помилок з вини людини:

1. Помилки проектування: обумовлені незадовільною якістю проектування. Наприклад, керуючі пристрої й індикатори можуть бути розташовані настільки далеко один від одного, що оператору буде незручно ними одночасно користуватися.

2. Операторські помилки: виникають при неправильному виконанні обслуговуючим персоналом встановлених процедур або в тих випадках, коли правильні процедури взагалі не передбачені.

3. Помилки виготовлення: мають місце на етапі виробництва внаслідок (а) незадовільної якості роботи, наприклад неправильного зварювання, (б) неправильного вибору матеріалу, (в) виготовлення виробу з відхиленнями від конструкторської документації.

4. Помилки технічного обслуговування: виникають у процесі експлуатації й зазвичай викликані неякісним ремонтом устаткування або неправильним монтажем.

5. Внесені помилки: як правило, це помилки, для яких важко встановити причину їх виникнення, тобто визначити, чи виникли вони з вини людини або ж – пов'язані з устаткуванням.

6. Помилки контролю: пов'язані з помилковим прийняттям як придатного елемента або пристрою, характеристики якого виходять за межі допусків, або з помилковим відбракуванням придатного пристрою або елемента з характеристиками в межах допусків.

7. Помилки користування: виникають внаслідок незадовільного зберігання виробів або їх транспортування з відхиленнями від рекомендацій виготовлювача.

В даній роботі увага буде приділятися лише помилкам людини, які можуть мати місце на аміачній холодильній установці (АХУ), що введена в експлуатацію. До таких помилок слід віднести: операторські помилки, помилки технічного обслуговування та помилки користування.

Серед основних причин зазначених помилок людини виділяють наступні [3]:

– незадовільна підготовка або низька кваліфікація обслуговуючого персоналу, коли оператори або фахівці з технічного обслуговування недостатньо підготовлені до виконання поставленого завдання;

– слідування обслуговуючим персоналом незадовільним процедурам технічного обслуговування або експлуатації;

– незадовільні умови роботи, пов'язані, наприклад, з обмеженою доступністю до устаткування, тісною робочого приміщення, незадовільним освітленням або надмірно високою температурою;

– незадовільне оснащення необхідною апаратурою й інструментами;

– недостатнє стимулювання операторів або фахівців з технічного обслуговування, що не дозволяє досягти оптимального рівня якості їх роботи.

Аналіз та узагальнення причини помилок визначив наступні фактори небезпеки, що можуть призвести до виникнення аварійної ситуації на аміачній холодильній установці:

– помилки персоналу, пов'язані з відсутністю досвіду;

– помилки персоналу, пов'язані з професійним «вигоранням»;

– помилки персоналу, пов'язані з недосконалістю режиму праці.

**Постановка завдання та його вирішення.** У зв'язку з відсутністю статистичних даних про вплив факторів небезпеки, які виникають при взаємовпливі елементів системи «людина-машина» на об'єкт

контролю, оцінку безпеки АХУ за критерієм «вплив суб'єкта» доцільно проводити за допомогою аналізу коефіцієнтів безпеки кожного елементу установки. Діапазон варіювання коефіцієнтів безпеки від 0 до 1, де значенню 1 відповідає абсолютна надійність установки при дії на неї факторів небезпеки за критерієм «вплив суб'єкта», а зниженню значення від 1 до 0 відповідає пониження надійності роботи системи «людина машина».

### Основний розділ

Для визначення коефіцієнтів безпеки елементів АХУ за критерієм «вплив суб'єкта» спершу необхідно визначити чутливість основних елементів аміачної холодильної установки до дії на них небезпечних факторів за вищезазначеним критерієм (табл. 1).

Таблиця 1

Чутливість елементів установки до дії факторів небезпеки за критерієм «вплив суб'єкта»

№ з/п	Елемент установки	Фактори небезпеки		
		Помилки персоналу, пов'язані з відсутністю досвіду	Помилки персоналу, пов'язані з професійним «вигоранням»	Помилки персоналу, пов'язані з недосконалістю режиму праці
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 конденсатора (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 насоса 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)	–	–	–

Кожному небезпечному фактору за критерієм «вплив суб'єкта» характерні певні психогенні чинники та середні значення стійкості персоналу до їх дії [4, 5] (табл. 2). Середні значення стійкості до дії психогенного чинника змінюється від 0 до 1, де

значення 0 означає, що оператор повністю піддається дії чинника, а значення 1 – відповідний психогенний чинник на оператора не діє, тобто він не допустить помилки в результаті дії на нього відповідного чинника.

Середні значення стійкості до дії психогенних чинників відповідних факторів небезпеки за критерієм «вплив суб'єкта»

№ з/п	Психогенні чинники	Сер. значення стійкості до дії психогенного чинника $\alpha_j^n$
<b>Причини помилок персоналу, пов'язаних з відсутністю досвіду</b>		
1.	Відповідальність	0,11
2.	Стан психічної напруги	0,21
3.	Небезпека, загроза життю та здоров'ю	0,31
<b>Причини помилок персоналу, пов'язаних з професійним «вигоранням»</b>		
1.	Непередбачуваність подій через надмірну самовпевненість	0,07
2.	Нестандартність обстановки	0,13
3.	Високий рівень несподіванки	0,22
<b>Причини помилок персоналу, пов'язаних з недосконалістю режиму праці</b>		
1.	Дефіцит часу	0,46
2.	Високий темп дій	0,61
3.	Сполучення декількох напрямків діяльності	0,66
4.	Дефіцит інформації	0,68

Знаючи психогенні та середні значення стійкості персоналу до їх дії по кожному фактору небезпеки, для визначення коефіцієнтів безпеки елементів установки за критерієм «вплив суб'єкта» ми пропонуємо застосування показника стійкості персоналу до дії  $j$ -го фактору небезпеки  $\alpha_j$ , який обчислюється за формулою (1):

$$\alpha_j = \varphi_k \cdot \frac{\sum_{i=1}^z \alpha_j^z}{z}, \quad (1)$$

де  $z$  – кількість психогенних чинників  $j$ -го фактору небезпеки;  $\varphi_k$  – коефіцієнт зміни стійкості на  $k$ -тій ділянці графіку.

На основі статистичних даних, що представлені у роботах А.В.Невського, нами була запропонована наступна залежність помилок персоналу від їхнього виробничого стажу (рис. 1).

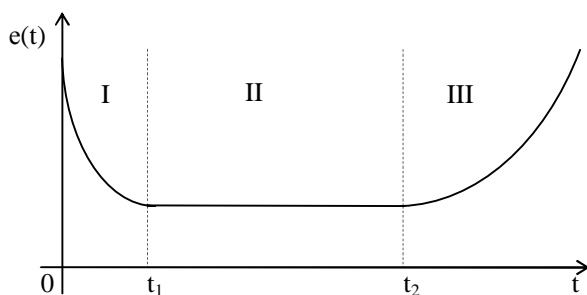


Рис. 1. Графік залежності частоти виникнення помилок оператора  $e$  від часу (стажу) його роботи  $t$

Характер зміни частоти помилок на початковому етапі трудової діяльності (I) ( $t_1 \approx 0,5 - 1$  рік) обумовлений відсутністю достатніх знань і навичок безпечної роботи з наступним придбанням цих навичок (підвищення стійкості до дії психогенних чинників). Для цієї ділянки характерні такі фактори небезпеки як помилки персоналу, пов'язані з відсутністю досвіду та недосконалістю режиму праці. Коефіцієнт зміни стійкості  $\varphi_I$  на даній ділянці графіку буде визначатися в залежності від стажу роботи за формулою (2):

$$\varphi_I = t^2 / t_1^2, \quad (2)$$

При стажі від  $t_1$  до  $t_2$  ( $t_2 \approx 4-6$  років) динаміка частоти помилок (II) визначається набуттям професійних навичок, обачністю, правильним відношенням працюючих до вимог безпеки. Фактично, на цьому етапі лінія графіка буде не прямою, так як частота допущення помилок буде коливатися в залежності від психофізичного стану оператора в продовж робочої зміни, але, з огляду на незначний діапазон та певну циклічність цих коливань, графік на цьому етапі можна представити у вигляді прямої лінії. Для цього етапу трудової діяльності для оператора ще характерні такі фактори небезпеки як помилки, пов'язані з відсутністю досвіду та недосконалістю режиму праці, але також і можливі помилки, пов'язані з професійним «вигоранням». Коефіцієнт зміни стійкості  $\varphi_{II}$  на даній ділянці графіку буде дорівнювати 1.

Ріст частоти помилок при стажі понад  $t_2$  (III) пояснюється багато в чому свідомим порушенням вимог безпеки, це також обумовлено і погіршенням психофізичного стану працюючих (професійним «вигоранням»). На роботу оператора на даному етапі трудової діяльності впливають фактор безпеки, що характерний для усіх етапів, а саме помилки, пов'язані з недосконалістю режиму праці, а також такий фактор безпеки як помилки, пов'язані з професійним «вигоранням». Коефіцієнт зміни стійкості  $\Phi_{II}$  на даній ділянці графіку буде визначатися за формулою (3):

$$\Phi_I = \frac{t_2^2}{t^2}. \quad (3)$$

Таким чином, коефіцієнт безпеки  $n$ -го елемента АХУ за критерієм «вплив суб'єкта» визначимо за формулою (4) в залежності від його чутливості до дії факторів безпеки (якщо елемент не чутливий до дії відповідного фактору безпеки, то показник стійкості персоналу до дії цього фактору слід приймати рівним 1) та етапу трудової діяльності, на якому знаходиться оператор установки.

$$P_n = \frac{\sum_{i=1}^c \alpha_j}{c}, \quad (4)$$

де  $c$  – кількість факторів безпеки, до яких чутливий  $n$ -ий елемент АХУ, та які впливають на оператора на даному етапі його трудової діяльності.

### Висновки

В результаті роботи нами проведено аналіз та узагальнення відмов технічних систем в результаті помилок оператора, на основі чого визначено фактори безпеки, що можуть призвести до виникнення аварійної ситуації на аміачній холодильній уста-

новці. Запропоновано процедуру визначення коефіцієнтів безпеки основних вузлів аміачної холодильної установки за критерієм «вплив суб'єкта», які є базовими показниками для визначення взаємовпливів між вузлами та пріоритетів при управлінні ризиком виникнення аварії на об'єкті контролю.

### Список літератури

1. Meister D. *The Problem of Human-Initiated Failures, Eighth National Symposium on Reliability and Quality Control*, 1962.
2. *Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов* / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др.; под общ. ред. С.В. Белова. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 1999. – 448 с.: ил.
3. Диллон Б. *Инженерные методы обеспечения надежности систем* / Б. Диллон, Ч. Сингх; пер. с англ. Е.Г. Коваленко; под ред. Е.К. Масловского. – М.: Мир, 1984. – 318 с.: ил.
4. Дмитриева М.А. *Психологический анализ системы человек – профессиональная среда* / М.А. Дмитриева // *Вестник ЛГУ. – Серия 6. «Психология»*. – 1996. – Вып. 1. – С. 82-90.
5. Дмитриева М.А. *Человеческий фактор на производстве* / М.А. Дмитриева. – Л.: Ленингр. орг. о-ва "Знание" РСФСР. 1989 – 18 с.
6. *Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): Учеб. пособие для вузов* / П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Е.А. Подгорных и др. – М.: Высш. шк., 1999. – 318 с.: ил.
7. Тарадуда Д.В. *Визначення показників безпеки основних елементів аміачної холодильної установки за допомогою базатокритеріальної методики оцінки та управління ризиком виникнення аварій* / Тарадуда Д.В., Шевченко Р.І., Щербак С.М. // *Проблеми надзвичайних ситуацій: сб. наук. пр.* – Х.: НУЦЗУ, 2010. – Вып. 12 – С. 155-167.

Надійшла до редколегії 4.12.2010

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

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ БЕЗОПАСНОСТИ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АММИАЧНОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПО КРИТЕРИЮ «ВЛИЯНИЕ СУБЪЕКТА» КАК ОДИН ИЗ ЭТАПОВ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙ

В.В. Коврегин, Д.В. Тарадуда, Р.И. Шевченко

На основе анализа и обобщения причин отказов технических систем в результате ошибок человека, определены факторы опасности, которые могут привести к возникновению аварийной ситуации на аммиачной холодильной установке. Формализована процедура определения коэффициентов безопасности основных узлов аммиачной холодильной установки по критерию «влияние субъекта», как основы процесса определения приоритетов и управление риском возникновения аварии на объекте контроля.

**Ключевые слова:** аммиак, холодильная установка, оценка риска, потенциально опасный объект, отказы из-за ошибок человека.

### DETERMINATION INDEXES OF SAFETY BASIC ELEMENTS OF AMMONIAC REFRIGERATION MACHINERY BY CRITERION «INFLUENCE OF THE SUBJECT» AS ONE EVALUATION STAGES AND MANAGEMENT THE RISK ORIGIN OF FAILURES

V.V. Kovregin, D.V. Taraduda, R.I. Shevchenko

On the basis of the analysis and generalization causes of failures technical systems as a result of errors of the person, factors of danger which can lead to emergency occurrence on the ammoniac refrigerating machinery are defined. Procedure of definition of factors safety basic knots of the ammoniac refrigerating machinery by criterion «influence of the subject», as bases of process definition of priorities and management of risk occurrence of failure on object control is offered.

**Keywords:** ammonia, a refrigerating machinery, an estimation of the risk, potentially dangerous object, Human-initiated Failures.