

УДК 621.564.2

Т.Б. Столевич, канд. техн. наук, доц., Одес. нац. політехн. ун-т,
М.М. Зацеркляний, канд. техн. наук, доц., Одес. нац. акад. харчових технологій

ОЦІНКА РИЗИКУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ АМІАКУ ЯК ХОЛОДОАГЕНТУ

Т.Б. Столевич, М.М. Зацеркляний. **Оцінка ризику при використанні аміаку як холодоагенту.** Проведено дослідження і аналіз відомих нещасних випадків, причиною яких став аміак холодильних установок. Установлено, що річний рівень смертності становить менше двох на 10 млрд осіб на рік. Аміак як холодильний агент досить безпечний для навколишнього природного середовища і здоров'я людини; він є ефективним робочим тілом холодильних установок.

Ключові слова: аміак, ризик, нещасні випадки, холодоагент, навколишнє природне середовище, здоров'я людини.

Т.Б. Столевич, М.М. Зацеркляний. **Оценка риска при использовании аммиака как хладагента.** Проведены исследования и анализ известных несчастных случаев, причиной которых стал аммиак холодильных установок. Установлено, что годовой уровень смертности составляет меньше двух на 10 млрд человек на год. Аммиак как холодильный агент достаточно безопасный для окружающей природной среды и здоровья человека, он является эффективным рабочим телом холодильных установок.

Ключевые слова: аммиак, риск, несчастные случаи, хладагент, окружающая природная среда, здоровье человека.

T.B. Stolevich, M.M. Zatserklianniy. **Risk assessment when using ammonia as a refrigerant.** Research and analysis of the known accident caused by the ammonia from refrigeration units are carried out it is established that the annual mortality rate is less that two per 10 billion persons a year. Ammonia as a refrigeration is safe enough for the natural environment and for human health: it is an efficient working fluid of refrigeration units.

Keywords: ammonia, risk, accident, refrigerant, the natural environment, human health.

Аміак (NH_3) — холодоагент, якій має гарні термодинамічні властивості та численні екологічні переваги. Серед звичайних холодоагентів NH_3 чи не єдиний, що має характерний різкий запах, досить токсичний та вибухонебезпечний. Проте саме запах і є великою перевагою, оскільки він дає змогу одразу ж розпізнати і усунути найменше протікання. Інші холодоагенти дуже небезпечні з причин відсутності запаху.

Проведений аналіз, який ґрунтується на відомих нещасних випадках, причиною яких став аміак, показав, що ймовірність вивільнення речовини, яка може призвести до матеріальної чи фізичної шкоди, є незначною [1...3]. Як це часто буває, досить важко зібрати велику кількість даних про витікання аміаку, про нещасні випадки у хімічній промисловості та сільському господарстві, а також про поломки холодильних установок, і та інформація, що є, майже не дає можливості кваліфіковано оцінити ризику.

Смертельні випадки внаслідок витікання аміаку відомі, проте якщо згадати, скільки їх трапляється внаслідок використання інших численних систем, то можна побачити, що у холодильній галузі вони є порівняно рідкісними.

При проведенні досліджень взято до уваги лише смертельні випадки, пов'язані з холодильними системами. На основі даних установлено, що річний рівень смертності становить менше двох на 10 млрд осіб на рік.

Дослідження нещасних випадків, пов'язаних із вивільненням аміаку, показали, що не постраждала жодна людина, яка була поза так званою мертвою зоною системи. Особи, що зазнали ушкоджень або загинули внаслідок цього, перебували в безпосередній близькості від місця витікання аміаку і, як правило, працювали з системою.

Ушкодження можна уникнути, для цього варто лише надягнути захисний костюм, рукавиці, захисну маску на обличчя та респіратор із фільтром.

Відсутність належних знань у більшості людей є причиною негативного ставлення до аміаку. Це незнання, на жаль, поширене у промисловості, де використовуються холодильні установки, оскільки 95 % працівників займаються іншими технічними проблемами. Багато установ і проєктувальників не ознайомлені з приписами щодо аміаку і розглядають його застосування як небезпечну альтернативу. Європейська директива щодо напірних резервуарів, директива про машини й установки та відповідні національні приписи різних країн, а також сучасні стандарти щодо техніки безпеки дають змогу виготовляти і експлуатувати безпечні та надійні аміачні системи.

Аміак деколи позначають як отруту. Але згідно з науковим визначенням речовина є отруйною, якщо вона у дуже малій дозі може завдати значної шкоди або призвести до загибелі живих організмів. Аміак – це єдиний холодоагент, який застерігає своїм запахом, до того ж ще задовго до того, як його концентрація стане небезпечною. Мінімальна концентрація, за якої люди сприймають аміак, становить 4...20 ppm. Життю ж людини загрожує концентрація від 700 до 1000 ppm в залежності від тривалості впливу [4].

Сценарій формування наслідків хімічного ураження людей і тварин мало задекларовані, їм не надано ймовірнісної трактовки, хоч випадковий характер подій тут також є природним. Нормативна методика прогнозування наслідків хімічного ураження розроблена. На перший погляд вона досить аргументована, враховує необхідні причинно-наслідкові зв'язки. Розлиття аміаку розглядається як "вільне" чи "розлиття в піддон", якщо поверхня розлиття попередньо обвалована. Далі залежно від метеоумов з таблиць беруться значення глибини зони розповсюдження аміако-повітряної хмари з поправками на наявність міської забудови, а також ширини цієї зони, обчислюється площа зони можливого хімічного забруднення. Разом з тим вважається (виходить з розрахункових співвідношень), що вся ця зона вкривається хмарою аміако-повітряної суміші протягом декількох хвилин після аварії, а звільниться від забруднення протягом однієї години й більше. Ці результати повністю розходяться з відомими показниками швидкості формування аміако-повітряної хмари, її розповсюдженням в атмосфері чи на ландшафті, а тим більше часу її перебування на ландшафті.

Наслідками дії хімічного чинника ураження є опіки шкіри, очей, легень, отруєння аміаком тощо, частка ж постраждалих не перевищуватиме 50% населення. Коли кількість населення в зоні забруднення становить 10375 осіб, то в разі аварії такої холодильної установки постраждає 519 осіб, а структура можливих уражень за Методикою прогнозування наслідків впливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових аваріях і транспорті має вигляд:

- легкі ураження — 130 осіб (25 %);
- ураження середньої важкості — 208 осіб (40 %);
- ураження зі смертельними випадками — 181 особа (35 %).

Очевидно, що така методика не дає об'єктивного прогнозу, не відповідає сучасному рівню вирішення проблеми розповсюдження небезпечних речовин в атмосфері, розходиться з загальноприйнятою методикою оцінювання ймовірності аварійних ситуацій та їх наслідків [5]. Розв'язання завдань моделювання процесу розповсюдження аміако-повітряної хмари в атмосфері в різних її станах, оцінка на цій основі ймовірності тих чи інших концентрацій за відстанями та висотами на конкретних ландшафтах є часткою більш широкої проблеми розроблення науково обґрунтованих методик створення й практичного використання декларації безпеки нових та діючих аміачних охолоджувальних систем [1].

Аміак можна класифікувати як вибухонебезпечний [1]. У кількісному відношенні вибух можливий у випадку поширення полум'я на швидкості кілька метрів на секунду. Згоряючи, аміак виділяє незначну кількість енергії, у декілька разів меншу, ніж вуглеводні. Відповідно до ISO 817 швидкість поширення полум'я від аміаку, що горить, також невелика — 8 см/с. Газ самозаймається за температурою вище 651 °С, відповідно до ISO 817 і ASHRAE 34 він належить до групи В2 (важко займистий). Діапазон займистості становить у середньому від 15 до 28 % та, залежно від методів тестування, доходять до 33 %. Аміак може горіти лише у закритих при-

міщеннях. Під відкритим небом це може бути лише за дуже сприятливих умов. Тому у випадку застосування під відкритим небом аміак класифікують як негорючий.

Для того щоб аміак загорівся потрібне джерело займання з мінімальною енергією у 680 мДж. Порівняно з іншими горючими субстанціями цей показник досить суттєвий. Мінімальна енергія займання метану, етану і пропану становить 0,21...0,26 мДж, а газоподібного водню достатньо 0,02 мДж.

Після витікання аміаку великі витрати та проблеми часто спричинені затримками щодо повторного запуску та поновлення виробництва. Запах аміаку приховати не можна, і засоби масової інформації неодмінно реагують на такі випадки. Але у випадках масштабних викидів відстань, на якій запах аміаку можуть сприймати органи чуття за несприятливих погодних умов і холодного клімату, становить кілька кілометрів.

Виникнення та подальший розвиток аварійної ситуації під час роботи холодильної установки можуть бути наслідком ослаблення уваги оператора-машиніста до виконання своїх обов'язків (людський чинник), а також випадкові чинники, пов'язані із надійністю роботи приладів захисної автоматики, наявністю термомеханічних, корозійних пошкоджень у трубопроводах, корпусах обладнання, випадковим припиненням електропостачання окремих елементів установки — водяних насосів, вентиляторів градирень, приладів захисної автоматики — чи їх поломкою. Ослаблення уваги обслуговуючого персоналу може виникнути не тільки за рахунок прояву халатного відношення до роботи.

Виникнення аварійної ситуації під час роботи аміачної холодильної установки можна вважати відхиленням від номінальних кількісних значень ряду параметрів (температури, тиску, витрат аміаку, води, мастила), що характеризують її номінальну роботу.

Чудові властивості аміаку як холодильного агента, завдяки чому його часто використовують у великих промислових установках, породжують упевненість у його застосуванні у майбутньому. У деяких випадках альтернативою аміаку може стати диоксид вуглецю, оскільки з точки зору безпеки з ним простіше працювати.

Отже статистичні дані щодо смертельних випадків, спричинених вивільненням аміаку, можна використати для того, щоб оцінити кількість випадків, коли шкоди не буде завдано. Ці дані необхідно використати під час оцінювання ступеня ризику аміачних холодильних систем.

Стосовно всіх промислових систем можна зробити наступні висновки:

- жодна технічна установка не може бути цілком безпечною;
- жодний технологічний процес не може бути цілком безпечним;
- ніхто не може абсолютно правильно і безпомилково діяти у всіх ситуаціях.

Якщо в ході спорудження і експлуатації аміачних установок були дотримані усі приписи і стандарти, а оператор належним чином зважає на можливу небезпеку чи ризики, то можна констатувати, що аміак як холодильний агент безпечний для навколишнього природного середовища і здоров'я людини; він є ефективним робочим тілом холодильних установок. Останнє вигідно відрізняє його серед інших варіантів, які можуть зацікавити потенційного користувача.

Функціонування холодильників та охолоджувальних систем з великою місткістю холодоагенту вимагає підвищеної уваги до експлуатації таких об'єктів. Сьогодні на цих об'єктах відбувається постійне навчання обслуговуючого персоналу Правилам безпечної експлуатації..., розроблення Плану ліквідації аварійних ситуацій для кожного підприємства, періодичне тренування персоналу відповідно до Плану ліквідації аварійних ситуацій і багато чого ще. Але цього надто мало, необхідно поступово вдосконалювати охолоджувальні системи, аби зменшити вплив людського чинника як найбільш ненадійного. Тому розглянуті деякі науково-технічні проблеми, суперечності різних методик та нормативних документів потребують дослідження і вирішення.

У роботі не проаналізовано багато інших аспектів безпеки аміачних охолоджувальних систем, зокрема стосовно механізмів горіння сумішей на основі аміаку, дії інших чинників ураження у разі виникнення аварій [6].

Дуже важливо детально проаналізувати випадок, коли аміакоемність системи менша ніж 50 кг. Тут увагу треба зосередити на забезпеченні надійної підтримки режимних параметрів процесів холодильного оброблення та зберігання харчової сировини та продуктів, вирішенні пов'язаних з цим проблем продовольчої безпеки. Оскільки навіть коли аварія не матиме тяжких наслідків, пов'язаних із втратою здоров'я людей, харчової сировини та продуктів неминучі. Не в меншій мірі ці ж проблеми актуальні для підприємств із промисловим масштабом виробництва холоду, які використовують холодоагент, відмінний від аміаку.

Таким чином, техногенну, продовольчу й технологічну безпеку має забезпечити вирішення ряду загальних науково-технічних завдань.

Науково обґрунтовані, прозорі методики декларування безпеки холодильних систем, холодильників для зберігання харчової сировини та продуктів треба практично використовувати як мінімум в трьох випадках: на стадії проектування; на стадії запуску в експлуатацію нової холодної системи (з новими технічними рішеннями, з конкретним переліком використаних під час побудови й монтажу матеріалів, обладнання, приладів); під час періодичної експертизи діючих систем, які є старішими й потенційно небезпечними об'єктами. Певною мірою зміст таких методик має бути відомий суспільству, викликати в нього довіру, а не відчуття псевдокомпетентної небезпеки.

Литература

1. Гогунский, В.Д. Факторы антропогенного воздействия на окружающую среду и зоны риска при аварии на Одесском припортовом заводе / В.Д. Гогунский, В.А. Кудинов, И.И. Шимолин // Укр. информ. корп. УкрНТИ. — Информ. листок. — Одесса: ОЦНТИЭИ, 1993. — С. 130 — 133.
2. Басиль, Е.Е. Риск сокращения продолжительности жизни: рабочая зона / Е.Е. Басиль, С.А. Изотов, В.Д. Гогунский // Тр. Одес. политехн. ун-та. — Одесса, 1997. — Вып. 2. — С. 133 — 135.
3. Методичні рекомендації „Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря” [Електронний ресурс]. — Наказ МОЗ України 13.04.2007 р. № 184. — <http://ua-info.biz/legal/baseuw/ua-qmwote/index.htm>
4. Руденко, С.В. Оценка экологической безопасности в проектах: Монография / С.В. Руденко, В.Д. Гогунский. — Одеса: Фенікс, 2006. — 144 с.
5. IEC/FDIS 31010:2009(E). Risk management — Risk assessment techniques: International standard. — Voting terminates on: 2009-10-09. — International Electrotechnical Commission, 2009. — 94 p.

References

1. Gogunskiy, V.D. Faktory antropogenogo vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu i zony riska pri avarii na Odesskom priportovom zavode [Factors of human impact on the environment and the risk zones in the accident at the Odessa Port Plant] / V.D. Gogunskiy, V.A. Kudinov, I.I. Shimolin // Ukr. inform. korp. UKRNTI. — Inform. listok. — Odessa, 1993. — pp. 130 — 133.
2. Basil', E.E. Risk sokrashcheniya prodolzhitel'nosti zhizni: rabochaya zona [The risk of reduced life expectancy: the work zone] / E.E. Basil', S.A. Izotov, V.D. Gogunskiy // Trudy Odes. politekhn. un-ta [Proc. of Odessa Polytech. Univ.]. — Issue 2. — 1997. — pp. 133 — 135.
3. Metodychni rekomendatsii “Otsinka ryzyku dlia zdorovia naseleennia vid zabrudnennia atmosfernoho povitria” [Guidelines “Assessment of risk to health from air pollution”] [Electronic resource]. — Zatv. nakazom MOZ Ukrainy 13.04.2007 r. # 184. — Available at: <http://ua-info.biz/legal/baseuw/ua-qmwote/index.htm>
4. Rudenko, S.V. Otsenka ekologicheskoy bezopasnosti v proektakh [Environmental safety assessment in projects]: monograph / S.V. Rudenko, V.D. Gogunskiy. — Odessa, 2006. — 144 p.
5. IEC/FDIS 31010:2009(E). Risk management — Risk assessment techniques : International standard [Text]. — Voting terminates on: 2009-10-09. — International Electrotechnical Commission, 2009. — 94 p.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. політехн. ун-ту Гогунський В.Д.

Надійшла до редакції 22 квітня 2013 р.