

dr inż. AGNIESZKA UBOWSKA
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Kontakt: agnieszka.ubowska@zut.edu.pl

Amoniak w instalacjach chłodniczych przemysłu rolno-spożywczego

Fot. Endomotion/Bigstockphoto



Amoniak jako czynnik chłodniczy stosowany jest już od ponad 150 lat. Jego właściwości toksyczne nie bez podstaw budzą obawy użytkowników, jednakże dostępne środki ochrony indywidualnej i zbiorowej, stosowane zabezpieczenia i procedury umożliwiają ograniczenie ryzyka związanego z jego użyciem do minimum. Niedopuszczenie do niekontrolowanego wycieku amoniaku z instalacji chłodniczej w przemyśle rolno-spożywczym jest istotną kwestią nie tylko ze względu na zdrowie i życie pracowników, ale również ze względu na możliwe straty magazynowanego towaru. Aby ułatwić pracę osobom odpowiedzialnym za bezpieczeństwo instalacji chłodniczych wykorzystujących jako czynnik chłodniczy amoniak, w artykule zaproponowano listę pytań kontrolnych. Pytania zawarte w liście pozwalają zapewnić bezpieczeństwo pracy instalacji, ale również sprostać wymaganiom ustawodawcy w tym zakresie.

Słowa kluczowe: amoniak, czynnik chłodniczy, zagrożenia, bezpieczeństwo

Ammonia in cooling installations for the agri-food industry

Ammonia as a refrigerant has been used for more than 150 years. Its toxic properties justifiably raise concerns of users, but the available means of individual and collective protection, as well as the security measures and procedures can mitigate the risks associated with its use to a minimum. To prevent the uncontrolled release of ammonia from the refrigeration system in such branches as the agri-food industry is an important issue not only because of the health and lives of employees, but also because of the possible loss of stored goods. To facilitate the work of those responsible for the safety of refrigeration systems using ammonia as a refrigerant, a suggested checklist is presented in this paper. The questions included on the list can help not only ensure the safety of the installation but also meet the demands of legislators in this regard.

Keywords: ammonia, refrigerant, hazard, safety

Wstęp

Amoniak, mimo że jest czynnikiem chłodniczym stosowanym od dawna, wciąż budzi kontrowersje. Jego toksyczność oraz związane z nią powikłania, choć budzą strach, są powszechnie lekceważone przez pracowników instalacji chłodniczych. Z drugiej strony dane dotyczące wypadków śmiertelnych związanych z uwolnieniem amoniaku z instalacji chłodniczych wykazują, iż ryzyko związane z ich eksploatacją jest niewielkie. W takich krajach jak Dania, Szwecja, Finlandia czy Francja do roku 2008 przez 40 lat nie odnotowano żadnego wypadku śmiertelnego związanego z eksploatacją amoniakalnych instalacji chłodniczych. Największą liczbę wypadków śmiertelnych zarejestrowano w Stanach Zjednoczonych (8 w latach 1994-2008), przy czym było ich o ponad 90% mniej, niż zgonów spowodowanych uderzeniem pioruna [1, 2].

W jaki sposób amoniak, obecny w amoniakalnych instalacjach chłodniczych, może zagrozić pracownikom przemysłu rolno-spożywczego? Do czego jest, w kontekście zagrożeń wywoływanych przez amoniak, zobowiązany przez ustawodawcę przedsiębiorca? Jakie środki może przedsięwziąć, aby zredukować zagrożenie do minimum?

Artykuł ten ma na celu przybliżyć odpowiedzi na te pytania, za pomocą m.in. przedstawienia wymagań dotyczących bezpiecznego funkcjonowania i obsługi amoniakalnych instalacji chłodniczych.

W publikacji zaprezentowano listę pytań kontrolnych, pomagającą zweryfikować kwalifikacje pracowników oraz wyposażenie instalacji i zakładu w nowo projektowanych bądź już funkcjonujących amoniakalnych instalacjach chłodniczych przemysłu rolno-spożywczego pod względem zagrożenia chemicznego.

Amoniak

Toksykologiczne właściwości amoniaku

Amoniak (NH_3) to substancja toksyczna, wykazująca szkodliwe działanie na organizm człowieka. Głównymi drogami narażenia są: błony śluzowe, drogi oddechowe oraz kontakt ze skórą. Jako substancja wykazująca właściwości żrące, amoniak już przy niewielkich stężeniach może powodować silne podrażnienia w kontakcie ze skórą. Z wodą amoniak tworzy słabozasadowy związek, który w wyniku kontaktu z tłuszczami znajdującymi się w naskórku może powodować proces zmydlania, niszcząc naturalną powłokę ochronną skóry, dzięki czemu możliwe jest dalsze wnikanie w głębsze jej partie powodujące denaturację białka, powstawanie oparzeń i w konsekwencji martwicę skóry. Szkodliwe działanie powstałego związku na tkanki uzależnione jest od czasu działania i stężenia. Przy bezpośrednim kontakcie skóry z ciekłym amoniakiem (np. podczas oblania) istnieje prawdopodobieństwo powstania odmrożeń ze względu na silnie endotermiczny charakter reakcji parowania amoniaku.

W kontakcie z gałką oczną, amoniak może powodować, w zależności od stężenia, zaczerwienienie i łzawienie oczu, uszkodzenie rogówki, a w ekstremalnych przypadkach także trwałe uszkodzenie narządu wzroku.

Równie szkodliwie może być, w zależności od stężenia, jego wdychanie. Amoniak w układzie oddechowym wywołuje kaszel, drapanie, pieczenie i ból gardła oraz ucisk nad mostkiem. Pojawiają się chrypka, duszność i trudności w mówieniu (tzw. bezgłos).

Próg wyczuwalności zapachu amoniaku oznacza jego stężenie na poziomie $0,4 \text{ mg/m}^3$. Lekkie podrażnienia mogą wystąpić już przy zawartości $50\text{--}100 \text{ mg/m}^3$, a stężenie $400\text{--}700 \text{ mg/m}^3$ powoduje natychmiastowe podrażnienie zarówno oczu, jak i górnych dróg oddechowych. Stężenie przekraczające 2000 mg/m^3 to już dawka śmiertelna, a zgon może nastąpić bardzo szybko, wskutek uszkodzenia płuc [3, 4].

Niekontrolowane uwolnienie do środowiska

Ciekły amoniak, w przypadku niekontrolowanego uwolnienia do środowiska, łączy się z wilgocią z powietrza, tworząc białą chmurę aerozolu. Ilość wypływającej substancji oraz warunki atmosferyczne determinują moment, w którym następuje jego przejście w stan gazowy. Przemiana ta może następować w niewielkiej odległości od miejsca wycieku, przy czym charakterystyczny zapach może być wyczuwalny nawet w odległości kilkuset metrów. W rezultacie, po uwolnieniu mamy do czynienia z przepływem gazu. Istotny wpływ na stopień zagrożenia uwalnianym amoniakiem ma odległość od źródła wycieku. Najbardziej zagrożone są osoby przebywające

w zasięgu ok. 20 m, a więc przede wszystkim personel obsługujący urządzenia chłodnicze. Osoby przebywające w tej odległości narażone są na poważne uszkodzenia ciała, a nawet śmierć. Wyczuwalność charakterystycznego zapachu amoniaku dotyczy obszaru do ok. 200 metrów od miejsca skażenia [5].

Amoniak jako czynnik chłodniczy

Amoniak jest jednym z najstarszych czynników chłodniczych (R717), stosowanym nieprzerwanie od ponad 150 lat. Jest zaliczany do grupy bezpieczeństwa B2 (zgodnie z klasyfikacją zawartą w PN EN378-1 [6]). Praktyczna granica stężenia amoniaku wynosi $0,00035 \text{ kg/m}^3$ (wg normy EN378-1, Załącznik E). Praktyczna granica stężenia określa poziom najwyższego stężenia danego czynnika chłodniczego w przestrzeni użytkowej, który nie powoduje jeszcze żadnych skutków utrudniających ewakuację czy ostrego zatrucia [6].

Podstawowe właściwości fizyczne i parametry termodynamiczne amoniaku są następujące:

- normalna temperatura wrzenia: $-33 \text{ }^\circ\text{C}$
- poślizg temperaturowy: $0 \text{ }^\circ\text{K}$
- temperatura krytyczna: $133 \text{ }^\circ\text{C}$
- temperatura skraplania przy 26 bar (abs.): $60 \text{ }^\circ\text{C}$
- najwyższa (po wodzie) masowa wydajność chłodnicza
- różnica temperatury tłoczenia: $+60 \text{ K}$ [7].

Z punktu widzenia bezpieczeństwa środowiskowego przewagą amoniaku nad wieloma innymi czynnikami chłodniczymi jest zerowy potencjał niszczenia warstwy ozonowej i brak bezpośredniego wpływu na powiększanie efektu cieplarnianego. Według Amerykańskiego Stowarzyszenia Inżynierów Ogrzewnictwa, Chłodnictwa i Klimatyzacji (ASHRAE) amoniak jest zaliczony do grupy B2 (niewielka łatwopalność).

Amoniakalne instalacje chłodnicze stosowane są w wielu gałęziach przemysłu, w tym rolno-spożywczym. Wiele elementów systemu chłodzenia zawiera amoniak skroplony pod ciśnieniem [1]. Uwolniony amoniak powoduje skażenie żywności, która po bezpośrednim kontakcie z czynnikiem chłodniczym nie nadaje się już do spożycia i dalszej przeróbki. Najbardziej wrażliwe na amoniak są produkty świeże i nieopakowane, mniej – mrożone i opakowane w folię polietylenową. Największą jednak wrażliwością charakteryzują się jajka, mleko, produkty mleczarskie oraz owoce i warzywa [8].

Zgodnie z opublikowanym w 2015 roku raportem amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska EPA (Environmental Protection Agency) wypadki w instalacjach chłodniczych, powodujące skażenie amoniakiem, wynikają z nieprzestrzegania zasad bhp [9].



Fot. Dario Lo Presti/Bigstockphoto

Bezpieczeństwo amoniakalnych instalacji chłodniczych

Uwarunkowania prawne

O konieczności podejmowania stosownych środków bezpieczeństwa przy wykorzystaniu amoniaku jako środka chłodniczego świadczy rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 12 maja 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy obsłudze amoniakalnych instalacji chłodniczych w zakładach przetwórstwa rolno-spożywczego [10]. Przepisy w nim zawarte określają wymagania zarówno w odniesieniu do pracowników zatrudnionych przy obsłudze amoniakalnych instalacji chłodniczych, jak również oznakowania i wyposażenia przedsiębiorstwa, w którym instalacja jest wykorzystywana.

Zgodnie z tym rozporządzeniem prace przy obsłudze amoniakalnych instalacji chłodniczych w zakładach przetwórstwa rolno-spożywczego zalicza się do prac szczególnie niebezpiecznych. Oprócz wspomnianego rozporządzenia, przepisami regulującymi wymagania związane z amoniakalnymi instalacjami chłodniczymi są:

- ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne (Dz.U. z 2012 r. poz. 1059, z późn. zm.) oraz wydane na podstawie art. 54 ust. 6 tej ustawy rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 kwietnia 2003 r. w sprawie szczegółowych zasad stwierdzania posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci (Dz.U. Nr 89, poz. 828, z późn. zm.)

Tabela. Lista pytań kontrolnych podczas okresowych przeglądów amoniakalnych instalacji chłodniczych w zakładach przetwórstwa rolno-spożywczego
 Table. A checklist during the periodic review of ammonia refrigeration plants in agri-food processing

Lp.	Lista kontrolna	Czy sprawdzono?			Komentarz
		Tak	Nie	Nie dotyczy	
A Dokumentacja					
1.	Czy jest dostępna karta charakterystyki amoniaku?				
2.	Czy jest dostępny schemat techniczny instalacji chłodniczej?				
3.	Czy jest dostępna instrukcja obsługi technicznej instalacji chłodniczej?				
4.	Czy jest dostępna instrukcja bezpieczeństwa pożarowego?				
B Kompetencje pracowników zatrudnionych przy obsłudze instalacji					
1.	Czy pracownicy mają wiedzę nt. ratownictwa chemicznego i sposobów postępowania w razie awarii, w szczególności niekontrolowanego wycieku amoniaku lub pożaru?				
2.	Czy pracownicy mają umiejętność udzielania pierwszej pomocy ze szczególnym uwzględnieniem poparzeń lub zatrucia amoniakiem?				
3.	Czy pracownicy znają schemat techniczny instalacji?				
4.	Czy pracownicy znają miejsce usytuowania głównych zaworów odcinających?				
5.	Czy pracownicy znają instrukcję obsługi technicznej?				
C. Wyposażenie					
1.	Czy zawory odcinające w instalacji chłodniczej oznakowane są w sposób widoczny i trwały?				
2.	Czy na terenie zakładu zainstalowany jest wiatrowskaz w widocznym miejscu?				
3.	Czy komora chłodnicza wyposażona jest w instalację sygnalizacyjną z napisem „Uwaga – człowiek w komorze” (dla komór chłodniczych, w których utrzymywana jest temperatura poniżej 5 °C)?				
4.	Czy drzwi komory otwierane są od wewnątrz i z zewnątrz (dla komór chłodniczych, w których utrzymywana jest temperatura poniżej 5 °C)?				
5.	Czy pomieszczenia maszynowni i aparatowni komór chłodniczych oraz drogi ewakuacyjne są wyposażone w oświetlenie awaryjne z własnym źródłem zasilania?				
6.	Czy system wentylacji ciągłej maszynowni i aparatowni umożliwia co najmniej 3-krotną wymianę powietrza w ciągu godziny?				
7.	Czy system wentylacji awaryjnej maszynowni i aparatowni (uruchamiany z zewnątrz i od wewnątrz) umożliwia co najmniej 10-krotną wymianę powietrza w ciągu godziny?				
8.	Czy maszynownia i aparatownia są wyposażone w aparaturę umożliwiającą ciągłą kontrolę stężeń amoniaku w powietrzu i sygnalizującą przekroczenia wartości NDS i NDSch amoniaku w powietrzu?				
9.	Czy temperatura w maszynowni jest ≥ 5 °C (dotyczy instalacji, w których sprężarki są chłodzone wodą)?				
10.	Czy sprężarki instalacji chłodniczej są wyposażone w manometry (od strony tłocznej i ssawnej sprężarek)?				
11.	Czy kolektory strony tłocznej i ssawnej sprężarek są wyposażone w manometry (dotyczy instalacji wyposażonej w sprężarki o łącznej wydajności > 150 m ³ /h)?				
12.	Czy na manometrach (pkt C 11) zaznaczono maksymalne ciśnienie robocze?				
13.	Czy miejsce przetaczania amoniaku z cystern do amoniakalnej instalacji chłodniczej jest wyposażone w co najmniej dwa hydranty pożarowe o średnicy 52 mm, wyposażone w prądownice wodne umożliwiające wytworzenie mgły wodnej?				
14.	Czy butle z amoniakiem składowane są w pomieszczeniu nieogrzewanym lub pod wiatą, w pozycji stojącej, oddzielnie od innych butli z gazami?				
15.	Czy miejsce składowania butli z amoniakiem jest zabezpieczone przed dostępem osób trzecich?				
16.	Czy miejsce składowania butli z amoniakiem jest oznaczone napisem „Uwaga – butle z amoniakiem”?				
17.	Czy instalacja jest wyposażona w system kontroli wycieku amoniaku?				
D. Kontrole, przeglądy, uzupełnianie czynnika chłodniczego					
1.	Czy okresowe czyszczenie i wymiana instalacji wykonywane są przez co najmniej dwóch pracowników?				
2.	Czy odolejanie urządzeń chłodniczych jest wykonywane przez co najmniej dwóch pracowników?				
3.	Czy przetaczanie amoniaku z butli lub cystern do instalacji odbywa się przy użyciu rurociągów stalowych, przez specjalny zawór kolektora cieczowego?				
4.	Czy przetaczanie amoniaku odbywa się przez co najmniej dwóch pracowników wyszkolonych w tym zakresie?				
E. Środki ochrony indywidualnej					
1.	Czy na wyposażeniu znajduje się kombinezon gazoszczelny?				
2.	Czy na wyposażeniu znajduje się izolujący aparat powietrzny butlowy ze sprężonym powietrzem, z otwartym obiegiem, wyposażony w maskę pełnotwarzową?				
3.	Czy dostępne są rękawice i odzież robocza?				

– ustawa z dnia 21 grudnia 2000 r. o dozorcze technicznym (Dz.U. z 2013 r. poz. 963, z późn. zm.), w szczególności art. 22 ust. 2 (dotyczący kwalifikacji) oraz wydane na podstawie art. 8 akty wykonawcze w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego, w tym rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 9 lipca 2003 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego w zakresie eksploatacji niektórych urządzeń ciśnieniowych (Dz.U. Nr 135, poz. 1269), dotyczące m.in. zbiorników ziębniczych.

Wymagania bezpieczeństwa i higieny pracy przy wykonywaniu tych czynności są określone w następujących aktach prawnych:

– rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U. z 2003 r. Nr 169, poz. 1650, z późn. zm.)

– rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 30 grudnia 2004 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy związanej z występowaniem w miejscu pracy czynników chemicznych (Dz.U. z 2005 r. Nr 11, poz. 86, z późn. zm.).

Po kontrolach Państwowej Inspekcji Pracy (2011 r.) w zakładach użytkujących amoniakalne instalacje chłodnicze rozpoczęto prace nad projektem kompleksowego rozporządzenia regulującego kwestie bhp przy ich obsłudze i konserwacji.

System monitoringu wycieków

Systemy kontroli wycieków amoniaku, mimo że niewymagane przepisami prawa, są często stosowane w przemyśle. Ich zasada działania opiera się na kontroli stężenia amoniaku w pomieszczeniu chłodniczym oraz w obiekcie. System taki wyposażony jest w sygnalizację optyczno-akustyczną, informującą o przekroczeniu zaprogramowanego progu stężenia. W zależności od poziomu stężenia może on uruchomić wentylację awaryjną, pozamykać zawory bezpieczeństwa lub wyłączyć całe urządzenie z użytku. Czujniki kontroli stężenia powinny być umieszczone w miejscach możliwego wycieku (w maszynowniach, aparatowniach, komorach chłodniczych i zamrażalnicach) oraz przy stropie kontrolowanego pomieszczenia (z uwagi na to, iż jest lżejszy od powietrza) [8].

W przypadku niekontrolowanego wycieku amoniaku z instalacji chłodniczych w zakładach przetwórstwa rolno-spożywczego należy:

- powiadomić pracodawcę
- ewakuować pracowników z zagrożonych pomieszczeń (w kierunku przeciwnym do kierunku wiatru)
- uruchomić wentylację awaryjną
- odciąć dopływ amoniaku do tej części instalacji, z której nastąpił wyciek



Fot. Endomotion/Bigstockphoto

– przystąpić do neutralizacji par amoniaku za pomocą mgły wodnej lub preparatów chemicznych

– opróżnić z amoniaku uszkodzony odcinek instalacji [10].

Środki ochrony indywidualnej

Podstawowe środki ochrony indywidualnej w kontekście amoniaku to kombinezon gazoszczelny oraz nakładany nań izolujący aparat powietrzny butlowy ze sprężonym powietrzem, które powinny być używane podczas awarii przez osoby ją usuwające oraz przeszkolone w zakresie ich użytkowania. Ponadto na wyposażeniu powinny znaleźć się: eksplozometr, mierniki stężenia amoniaku, rękawice i odzież robocza. Sprzęt ten powinien być przechowywany w przystosowanym pomieszczeniu zlokalizowanym poza strefą zagrożenia, w stanie gotowym do natychmiastowego użycia.

Listy kontrolne

Bezpieczeństwo eksploatacji instalacji chłodniczych sprowadza się do przestrzegania parametrów roboczych, zapewnienia i utrzymania odpowiedniego stanu technicznego urządzeń, przeszkolenia pracowników w kierunku bezawaryjnego użytkowania oraz właściwego postępowania w przypadku awarii. Nieocenionym narzędziem kontroli prawidłowości w tym zakresie są listy kontrolne. W tabeli obok zaproponowano listę kontrolną związaną z prawidłowym funkcjonowaniem amoniakalnej instalacji chłodniczej w zakładzie przetwórstwa rolno-spożywczego. Lista ta może być poszerzana w zależności od specyfiki zakładu.

Podsumowanie

Stosowanie amoniaku w instalacjach chłodniczych, w porównaniu z innymi czynnikami chłodniczymi przynosi same zalety. Eksplo-

atacja amoniakalnych instalacji chłodniczych zgodnie z zasadami opisanymi w tekście niesie niewielkie ryzyko zagrożenia dla człowieka.

Podstawą bezpieczeństwa eksploatacji amoniakalnych instalacji chłodniczych jest znajomość i przestrzeganie przepisów bhp. Odpowiednio przeszkoleni pracownicy oraz stosowane zabezpieczenia nie dopuszczą do narażenia na szwank zdrowia pracowników i, co równie ważne, powstania strat w magazynowanych artykułach rolno-spożywczych. Najprostszym sposobem utrzymania sprawności, a także poprawności funkcjonowania i obsługi instalacji jest weryfikowanie jej poszczególnych elementów przy wykorzystaniu listy pytań kontrolnych podczas okresowych przeglądów.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Rusowicz A., Grzebielc A., Ruciński A. *Ocena zagrożeń związanych z wykorzystaniem naturalnych czynników chłodniczych*. „Logistyka” 2014, 5:1310-1316
- [2] Lindborg A. *Probability in Ammonia Refrigeration Risk Assessment*, 31st Annual Meeting International Institute of Ammonia Refrigeration, Dallas, Texas 2009
- [3] Podstawy toksykologii: kompendium dla szkół wyższych. Red. Piotrowski J., Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2006
- [4] *Amoniak bezwodny. Karta charakterystyki*. Zakłady Chemiczne Police S.A. 2012 r.
- [5] Lindborg A. *Ocena ryzyka związanego z amoniakiem jako czynnikiem chłodniczym*. „Chłdnictwo i Klimatyzacja” 2010, 5:16-19
- [6] PN-EN 378-1+A2:2012 Instalacje ziębnicze i pompy ciepła. Wymagania dotyczące bezpieczeństwa i ochrony środowiska. Część 1: Wymagania podstawowe, definicje, klasyfikacja i kryteria wyboru
- [7] *Czynniki chłodnicze. Raport*. Schiessl Polska Sp. z o.o., wyd. 17, 2012 r.
- [8] Stęplewska U., Maćkowiak K., Kuleta P. *Uniwersalny system monitoringu niekontrolowanych wycieków amoniaku z instalacji chłodniczych*. „Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna” 2007, 5:2011-2014
- [9] *Anhydrous Ammonia at Refrigeration Facilities Under Scrutiny by U.S. EPA*. Office of Civil Enforcement, February 2015, 14:2
- [10] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 12 maja 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy obsłudze amoniakalnych instalacji chłodniczych w zakładach przetwórstwa rolno-spożywczego. Dz.U. 2003 Nr 98 poz. 902