

# Bezpieczeństwo instalacji freonowych w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej

Jacek MISIŃSKI, Adrian SCHWITALLA<sup>\*)</sup>

**W**artykule opisano problemy bezpieczeństwa instalacji freonowych stosowanych w systemach klimatyzacyjnych z bezpośrednim odparowaniem czynnika. Rozważania oparto na obowiązujących wymogach zawartych w normie EN-378. Podano wyniki przykładowych obliczeń dla typowego pomieszczenia mieszkalnego oraz zaproponowano dwa rodzaje instalacji monitorujących stan powietrza w pomieszczeniu.

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego 2037/2000 – W sprawie substancji zubażających warstwę ozonową, które weszło w życie 1.10.2000 r., postuluje konieczność podejmowania wszelkich dostępnych kroków zapobiegawczych w celu uniknięcia i minimalizacji wycieków czynników chłodniczych z instalacji chłodniczych i klimatyzacyjnych. Nie oznacza to jedynie podejmowania działań w kierunku zubożenia warstwy ozonowej, ale także zapewnienia bezpieczeństwa użytkownikom instalacji. Stosowane w nich czynniki oprócz potencjału zubożenia warstwy ozonowej mogą charakteryzować się toksycznością, łatwopalnością lub innymi cechami groźnymi dla użytkownika lub innych osób, znajdujących się w zasięgu oddziaływania tych instalacji. Dlatego nowa norma europejska EN-378 traktuje temat szerzej, uwzględniając potencjalne zagrożenia wynikające z nie szczelności instalacji czynników chłodniczych. W niniejszym artykule zajmiemy się jednym z obszarów stosowania normy EN-378. Dotyczy on zagadnień bezpieczeństwa instalacji chłodniczych wprowadzanych do budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej. Problem nie dotyczy kwestii zubożenia warstwy ozonowej, globalnego ocieplenia itp., ale zapobiegania bezpośredniemu zagrożeniu zdrowia i życia użytkowników.

## Wymagania dotyczące bezpieczeństwa instalacji w klimatyzacji

Poszukiwanie rozwiązań o najwyższej efektywności energetycznej kończy się coraz częściej wyborem systemów bezpośredniego chłodzenia powietrza (systemy z bezpośrednim odparowaniem czynnika chłodniczego w wymiennikach

klimakonwektora). Coraz częściej też projektanci proponują systemy z odwracalnym obiegiem chłodniczym – pompy ciepła, które oprócz chłodzenia umożliwiają ogrzewanie pomieszczeń. W tej grupie rozwiązań znajdujemy systemy VRV (Variable Refrigerant Volume) czy VRF (Variable Refrigerant Flow). Bez względu na nazwę systemy te proponują doprowadzenie czynnika chłodniczego (freonu) bezpośrednio do wymiennika klimakonwektora znajdującego się w klimatyzowanym pomieszczeniu. Takie rozwiązanie stanowi modyfikację systemów znanych pod nazwą „multisplit” i pozwala podłączyć do jednostki zewnętrznej wiele jednostek wewnętrz-

ni palność). Przykładowa klasyfikacja konkretnych czynników chłodniczych została podana w tabeli.

Powszechnie stosowane w tych systemach czynniki chłodnicze R407C i R410A zaliczane są do grupy L1. Grupa L1 oznacza jednocześnie kombinację stopnia toksyczności i palności czynnika. Czyli toksyczność w grupie A i palność w grupie 1. Grupa A oznacza czynniki nie mające szkodliwego wpływu przy codziennym narażeniu na ich działanie w ciągu 8 godzinnego dnia pracy i 40 godzinowego tygodnia pracy, przy średnim ważonym względem czasu stężeniu równym 400 ml/m<sup>3</sup>. Grupa 1 dotyczy czynników chłodniczych niepalnych w postaci pary przy dowolnym stężeniu w powietrzu. Prosta interpretacja tych klasyfikacji prowadzi do wniosku, że mamy do czynienia z substancją kompletnie nieszkodliwą dla człowieka. Rzeczywistość jest jednak inna. Jednocześnie z powyższą „niegroźną” klasyfikacją istnieje w uregulowaniach normatywnych coś takiego jak definicja praktycznej granicy stężenia freonu w powietrzu (np.

Tabela 1. Przykładowa klasyfikacja czynników chłodniczych

Czynnik	R22	R134a	R407C	R410A	R32	R290
Praktyczna granica (g/m <sup>3</sup> )	300	250	310	440	54	8
Grupa, L...	1	1	1	1	2	3
Grupa bezpieczeństwa	A1	A1	A1/A1	A1/A1	A2	A3

*Mieszanie chłodnicze, których palność i/lub toksyczność może się zmieniać w zależności od składu powinny być opisane z punktu widzenia klasyfikacji grupy bezpieczeństwa podwójnie (opis oddzielony „/”). Pierwsza klasyfikacja dotyczy typowego składu mieszaniny. Druga dotyczy „najgorszego” składu mieszaniny substancji tworzących czynnik chłodniczy.*

nych. W konsekwencji powstaje system, którego istotną cechą jest znacząca objętość zładu – załadunek freonu wypełniającego wspólną dla wszystkich obsługiwanych pomieszczeń instalację. W rozbudowanych instalacjach załadunek freonu może sięgać kilkudziesięciu kilogramów. Rozszczelnienie takiej instalacji w jednym punkcie oznacza imisję znaczącej ilości freonu do jednego z pomieszczeń obsługiwanych przez instalację klimatyzacyjną. W przypadku małych pomieszczeń (biura, pomieszczenia mieszkalne) jest to ilość, która wypełni całą jego objętość. Jakie będą tego konsekwencje zależy od cech charakterystycznych czynnika chłodniczego.

Systemy VRF i VRV zaliczają się w świetle klasyfikacji podanej przez normę PN-EN 378 do grupy systemów bezpośrednich. Norma podaje także klasyfikację czynników chłodniczych ze względu na ich bezpieczeństwo użytkowania (toksyczność

R410A, 440 g/m<sup>3</sup>). Praktyczna granica stężenia nie jest związana z pojęciem toksyczności związku chemicznego. „Toksyczność” tej substancji polega na tym, że osiągnięcie wartości praktycznej granicy stężenia freonu oznacza wyparcie tlenu z atmosfery tak skuteczne, że prawidłowe oddychanie może stać się niemożliwe. W konsekwencji człowiek przebywający w takiej atmosferze może stracić przytomność i udusić się.

Zagrożenie nie jest postrzegane przez człowieka, ponieważ freon R410A jest gazem o słabym eterycznym zapachu, bez smaku, bezbarwnym, na dodatek cięższym od powietrza.

Warto przyjrzeć się także Kartce Charakterystyki Preparatu Chemicznego – dokumentowi dostarczanemu z pojemnikiem zawierającym jakikolwiek czynnik chłodniczy. Przykładowo, dla czynnika R-410A napisano w niej:

*Oddziaływanie na organizm: przy wdychaniu w wysokich stężeniach działa dusząco, powoduje utratę zdolności poruszania się i świadomości. Objawy: zawroty i bóle głowy, mdłości i zakłócenia koordynacji ruchu, brak zauważalnych objawów duszenia się, w niskich stężeniach wykazuje działanie odurzające. Pomimo tego zapisu mamy doczynienia z substancją nietoksyczną. Uwzględniamy zatem jedynie jej potencjał wypierania tlenu z powietrza atmosferycznego.*

Zagrożenia dla życia człowieka, związane z wyparciem tlenu przewiduje norma PN-EN 378 klasyfikując pomieszczenia w zależności od sposobu ich użytkowania. Spośród nich kategoria A dotycząca pomieszczeń, w których ludzie mogą spać lub mają ograniczone możliwości poruszania się, lub istnieje możliwość obecności niekontrolowanej liczby osób, lub dostępu osób nie zapoznanych z wymogami bezpieczeństwa (szpitale, więzienia, teatry, supermarkety, szkoły, sale wykładowe, terminale transportu publicznego, hotele, restauracje, pomieszczenia mieszkalne – to tylko przykłady), związana jest z najostrejszymi wymogami bezpieczeństwa instalacji freonowych. Nawet z grupy czynników L1=A1. Dla tych pomieszczeń określa się dopuszczalne napełnienie instalacji czynnikiem chłodniczym. Napełnienie to nie może przekraczać iloczynu:

$$N = PL \cdot V \quad (1)$$

gdzie:

- N – napełnienie, kg,
  - PL – praktyczna granica stężenia, kg/m<sup>3</sup>,
  - V – kubatura najmniejszego pomieszczenia obsługiwane przez instalację, m<sup>3</sup>.
- Praktyczna granica stężenia dla przykładowych czynników chłodniczych wynosi:
- R407C – PL = 0,33 kg/m<sup>3</sup>,
  - R410A – PL = 0,44 kg/m<sup>3</sup>.

Wpływ na dopuszczalną wielkość zładu ma również wentylacja mechaniczna. Zgodnie z normą wpływ wymiany powietrza może być uwzględniany w obliczeniach wartości N. Przepisy nie precyzują jednak, w jaki sposób uwzględniać wentylację mechaniczną. Różnicę dopuszczalnego napełnienia zładu dla pomieszczeń wentylowanych i nie wentylowanych zobrazowano na przedstawionym przykładzie.

### PRZYKŁAD OBLICZENIOWY

Instalacja chłodnicza obsługuje 16 mieszkań. W każdym mieszkaniu, w przedpokoju zainstalowana jest jedna jednostka wewnętrzna kanałowa. Pomieszczenia kategorii A. Podstawowe parametry instalacji chłodniczej:

- jednostka zewnętrzna o mocy chłodniczej 56 kW (2 moduły o mocy 28 kW każdy),
- czynnik chłodniczy R410A, zaliczony do grupy klasyfikacyjnej L1,
- napełnienie czynnikiem chłodniczym:
- jednostka zewnętrzna – 16,8 kg,
- instalacja – 7,6 kg (łącznie z jednostkami wewnętrznymi), łącznie – 24,4 kg,
- kubatura najmniejszego obsługiwane pomieszczenia: V = 34,2 m<sup>3</sup> (pow. 12,2 m<sup>2</sup>, h = 2,8 m),
- praktyczna granica stężenia: PL = 0,44 kg/m<sup>3</sup>,
- dopuszczalne napełnienie instalacji chłodniczej czynnikiem: PL\*V= 15,0 kg.

W analizowanym przypadku napełnienie czynnikiem chłodniczym przekracza dopuszczalną wartość.

Przy rozdzieleniu instalacji chłodniczej na 2 mniejsze obiegi napełnienie wyniesie 16,2 kg, ale dalej przekracza wartość dopuszczalną.

W dalszych obliczeniach przyjęto wentylację mechaniczną 2 wymiany na godzinę. Założono, że wyciek freonu nastąpi w ciągu t = 10 minut.

Dla tych warunków obliczenia będą wyglądały następująco:

- kubatura najmniejszego obsługiwane pomieszczenia zostaje powiększona o objętość powietrza, jaka zostanie „wymieniona” przez wentylację mechaniczną: V = 34,2 m<sup>3</sup> + 2 wym/h•1/6=45,6 m<sup>3</sup>
- dopuszczalne napełnienie instalacji chłodniczej czynnikiem : PL\*V= 20,1 kg.

### Zabezpieczenie instalacji freonowych

Jednym ze sposobów zabezpieczania instalacji freonowych jest wyposażenie układu automatycznej regulacji w system detekcji gazów. Niektóre firmy oferują urządzenia z fabryczną możliwością podłączenia urządzeń zabezpieczających. Gwałtowny wyciek czynnika w pomieszczeniu powstały w wyniku uszkodzenia mechanicznego instalacji przez użytkownika, powoduje zadziałanie takiego czujnika i wysłanie sygnału do jednostki zewnętrznej. Następnie całość czynnika z instalacji zostaje

odpompowana do zbiornika cieczy w agregacie. Wszystkie wentylatory jednostek wewnętrznych w systemie zostają przełączone w tryb wentylacji oraz zablokowana zostaje funkcja ogrzewania i chłodzenia. Schemat instalacji czujników czynnika do systemu automatycznej regulacji przedstawiono na rysunku nr 1.

Dla projektanta pozostaje dylemat, jaką przyjmując wielkość emisji czynnika chłodniczego do pomieszczenia, w którym wystąpił wyciek. Propozycyjny system zabezpieczenia realizuje ograniczenie tej emisji do minimum. Jednakże naszym zdaniem nie upoważnia to projektanta do zmiany postaci wzoru [1].

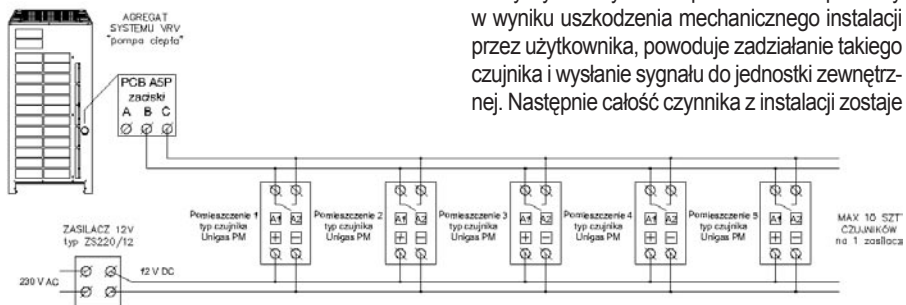
Innym sposobem zabezpieczenia instalacji jest jej podział na strefy. Schemat takiego układu przedstawiono na rysunku 2. W przypadku wycieku freonu system monitoringu wysłał sygnał zamknięcia zaworów elektromagnetycznych zamontowanych na rurociągu cieczowym i gazowym przed danym parownikiem lub grupą. W wyniku zamknięcia zaworów odcinających dalszy wyciek czynnika chłodniczego zostaje powstrzymany w danym pomieszczeniu. Zamykanie poszczególnych par zaworów odcinających na pojedynczym parowniku lub grupie parowników powoduje zabezpieczenie strefy wycieku przed wzrostem stężenia czynnika chłodniczego i jednoczesną pracę urządzeń w strefach, w których nie przekroczono dopuszczalnego stężenia. Zawór zwrotny zamontowany na przewodzie ssawnym równoległe do zaworu elektromagnetycznego zabezpiecza zamkniętą część instalacji przed wzrostem ciśnienia.

W tym rozwiązaniu należy zwrócić uwagę na miejsce montażu zaworów odcinających. Nieszczelność może wystąpić na odcinku pomiędzy zaworami odcinającymi a jednostką zewnętrzną. Wówczas, pomimo zadziałania systemu zabezpieczającego, większość freonu może wydostać się na zewnątrz np. do szachtu, w którym prowadzona jest instalacja freonowa lub nawet do pojedynczego pomieszczenia obsługiwane przez instalację klimatyzacyjną.

W obu wyżej opisanych systemach zabezpieczenia można zastosować czujniki freonu, czujniki analizujące skład powietrza lub czujniki atmosfery beztlenuowej.

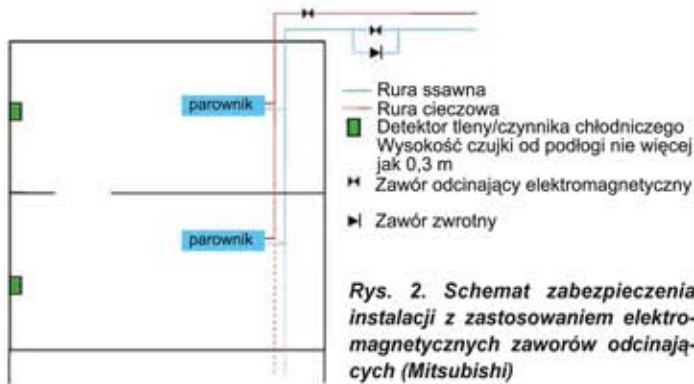
Oprócz przedstawionych wyżej systemów zabezpieczania przed wyciekami freonu powinno się zamontować także system alarmowy, informujący o niebezpieczeństwie, nakazujący natychmiastowe opuszczenie pomieszczenia, w którym mogło dojść do wycieku czynnika chłodniczego. Niezbędne jest również przeszkolenie osób przebywających w klimatyzowanych pomieszczeniach o sposobie zachowania w przypadku wystąpienia stanu alarmowego.

Standardowe podejście do problemu potencjalnego przekroczenia dopuszczalnego stężenia freonu w pomieszczeniu może prowadzić do poważnych błędów. Wzór (1) dotyczy sytuacji idealnego mieszania strumienia wyciekającego czynnika chłodniczego z powietrzem w pomieszczeniu. Wyobraźmy sobie sytuację, w której wyciek następuje z przyłącza klimakonwektora stojącego



Rys. 1. Schemat połączenia czujników freonu z automatyką systemu VRV (Daikin)

przy podłodze, a więc w dolnej strefie pomieszczenia. Prawdopodobne jest zjawisko wypełniania przez czynnik chłodniczy przestrzeni nad podłogą. Średnie stężenie tego czynnika w pomieszczeniu nie przekroczy wartości praktycznej granicy stężenia obliczanej ze wzoru (1). Natomiast w warstwie przypodłogowej zawartość tlenu w atmosferze może być bliska zera. Stąd wniosek, że bez względu na fakt nie przekroczenia dopuszczalnej pojemności zbiórki powinno się przewidywać zainstalowanie czynnika freonu/atmosfery beztlenowej w strefie przebywania ludzi. Dla pomieszczeń typu pokój hotelowy, sypialnia w mieszkaniu oznacza to wysokość montażu około 0,3 m nad podłogą.



Warto też pomyśleć o sprzężeniu wspomnianego systemu detekcji z alarmem akustycznym, który skutecznie oznajmi konieczność natychmiastowego opuszczenia pomieszczenia. Powszechnie dostępne detektory charakteryzują się dużymi rozmiarami i „nieatrakcyjnym” wyglądem (rys. 3a i 3b). Próba umieszczenia ich poza pomieszczeniem sypialni powinna wiązać się z zapewnieniem swobodnego przepływu gazu pomiędzy sypialnią a miejscem zainstalowania czujnika. Montaż w przestrzeni ponad sufitem podwieszonym jest niedopuszczalny.

etapie wstępnego doboru systemu klimatyzacji trzeba przewidzieć konieczność zastosowania odpowiednich zabezpieczeń i instalacji alarmowych. Należy jednocześnie uświadomić przyszłych użytkowników instalacji o możliwych zagrożeniach i sposobie postępowania w przypadku awarii.

Należy zaznaczyć, iż na etapie projektowania opisywanych tutaj systemów klimatyzacyjnych projektant powinien uzgodnić z dostawcą urządzeń sposób zabezpieczenia instalacji przed nadmiernym wyciekem czynnika. Zwróćmy tutaj uwagę na fakt, iż niektórzy dostawcy, czy też producenci urządzeń nie są w ogóle przygotowani na takie rozwiązania.

Ważnym jest, aby projektanta z konieczności zastosowania odpowiednich systemów zabezpieczających, a przede wszystkim detekcji i alarmu.

Warto również podkreślić, iż systemy kontroli stanu powietrza powinny bezpośrednio oddziaływać na elementy zabezpieczające instalację przed całkowitym wypływem freonu.

W budynkach mieszkalnych i hotelowych nierzadko rezygnuje się z wentylacji mechanicznej przyjmując system klimatyzatorów pracujących na powietrzu obiegowym i wentylację grawitacyjną lub mechaniczną wentylację wywiewną z dopływem powietrza zewnętrznego przez nawiewniki okienne. W tej sytuacji, jak wykazano w przykładzie obliczeniowym, często wielkość napełnienia zbiórki freonem przekracza bezpieczną objętość. Dlatego wydaje się być zasadnym postulat wprowadzenia wymogu wentylacji mechanicznej, co najmniej wywiewnej w budynkach kategorii A.

## Podsumowanie

Chociaż, jak dotąd nie odnotowano spektakularnych awarii, wymogi bezpieczeństwa instalacji freonowych nie mogą być lekceważone. Już na



Rys. 3a. Detektor gazu

Rys. 3b. Detektor atmosfery beztlenowej

## LITERATURA

- [1] PN-EN 378-1:2002/A1:2004 - Instalacje chłodnicze i pompy ciepła – Wymagania dotyczące bezpieczeństwa i ochrony środowiska – Część 1: Wymagania podstawowe, definicje, klasyfikacja i kryteria wyboru.
- [2] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego 2037/2000
- [3] Katalogi techniczne firmy Daikin, Mitsubishi, SAPEL-EX, NANOSENS.
- [4] Karta charakterystyki preparatu chemicznego R410A.
- [5] MISIŃSKI J., SCHWITALLA A.: Bezpieczeństwo instalacji freonowych. Air Conditioning Protection & District Heating 2008. XII International conference, Wrocław-Szklarska Poręba, 26-29 June 2008.