
9. Odpowietrzanie chłodniczych instalacji amoniakalnych - czy warto stosować automatyczne odpowietrzniki w zakładach mleczarskich?

Obecność w instalacji chłodniczej powietrza i innych gazów trudno skraplających się prowadzi do wzrostów ciśnienia skraplania i w konsekwencji zmniejszenia wydajności układu, zwiększenia zużycia prądu elektrycznego oraz zużycia sprężarek.

O ile w przypadku instalacji pracujących na podciśnieniu (tzn. w instalacjach gdzie ciśnienie parowania czynnika chłodniczego jest niższe od atmosferycznego), każda nieszczelność po stronie niskiego ciśnienia prowadzi do zapowietrzenia instalacji, o tyle w układach pracujących na nadciśnieniu, poprzez nieszczelności amoniak wydostaje się na zewnątrz. W rezultacie nie dochodzi do zapowietrzenia się układu.

Większość amoniakalnych instalacji chłodniczych w zakładach mleczarskich pracuje na nadciśnieniu. Czy więc stosowanie centralnych automatycznych odpowietrzników jest jedynie chwytem marketingowym producentów, czy faktyczną potrzebą mleczarni?

Przyczyny obecności gazów nie skraplających

Aby odpowiedzieć na pytanie postawione we wstępie niniejszego artykułu należy określić przyczyny powstawania i gromadzenia się gazów nie skraplających w instalacji chłodniczej. Wspomniany wyżej problem nieszczelności zaworów, połączeń kołnierzowych, spoin, gwintów lub innych pojawia się w chwili

obniżenia ciśnienia parowania poniżej atmosferycznego. W zakładach mleczarskich ma to miejsce w momencie odsysania części instalacji lub też w przypadku komór mroźniczych. Do "zapowietrzania" układu dochodzi także:

- skutek montażu dodatkowych urządzeń, wymiany części lub innych prac związanych z otwarciem instalacji,
- podczas wciągania do instalacji oleju lub amoniaku zawierającego nie skroplone gazy (zła jakość czynnika chłodniczego),
- skutek zachodzących wewnątrz układu reakcji chemicznych (rozpad amoniaku na azot i wodór szczególnie przy wysokich temperaturach). Także rozkład oleju sprężarkowego może prowadzić do powstawania niepożądanych produktów - między innymi trudno skraplających się gazów.

Instalacje w zakładach mleczarskich

Teoretyczne wyznaczenie ilości powietrza i innych niepożądanych gazów w instalacji jest zadaniem trudnym. W rzeczywistości ilość ta zależy od kwalifikacji personelu chłodniczego, układu instalacji, jej stanu czy nawet pory roku. Zgodnie z prawem Daltona ciśnienie w zbiorniku zawierającym kilka różnych gazów jest równe sumie cząstkowych ciśnień poszczególnych gazów. Znając temperaturę skraplania oraz odpowiadające jej ciśnienie nasycenia par amoniaku (do odczytania z tablicy) w prosty sposób możemy stwierdzić obecność gazów nie skraplających się w naszej instalacji. Przykładowo odczytane ciśnienie skraplania 14,5 bar (manometr na zbiorniku cieczy) oraz zmierzona temperatura skraplania 35°C oznacza, iż ciśnienie cząstkowe gazów nie skraplających wynosi 1 bar³⁶. Poprzez usunięcie gazów nie skraplających z instalacji, obniżymy ciśnienie skraplania o 1 bar. Oznacza to spadek poboru mocy sprężarek o około 7% oraz zwiększenie wydajności układu o 4%. Znając roczne zużycie energii elektrycznej przez sprężarki, w prosty sposób wyliczymy oszczędności związane ze skutecznym odpowietrzaniem instalacji chłodniczej.

Oddziaływanie gazów na pracę instalacji chłodniczej

Powietrze jest dobrym izolatorem. Gromadząc się w skraplaczu na zimniejszej powierzchni utrudnia wymianę ciepła pomiędzy gorącym amoniakiem a wodą chłodzącą skraplacz. Nawet cienka warstwa powietrza przyczynia się do znacznego wzrostu ciśnienia skraplania. W rezultacie zmieniają się warunki pracy

³⁶ Ciśnienie nasycenia par amoniaku przy temperaturze równej 35°C wynosi 13,5 bara.

sprężarek. Panuje zgodność co do tego iż należy usuwać z instalacji gazy nie skraplające. Częstotliwość odpowietrzania zależy od charakterystyki poszczególnych instalacji oraz umiejętności personelu. Sposoby odpowietrzania układu opisano poniżej.

Rozkład gazów nie skraplających się wewnątrz instalacji jest inny podczas postoju oraz inny w czasie pracy układu. Uogólniając, powietrze (oraz inne gazy nie skraplające) znajdują się po stronie wysokiego ciśnienia, tam gdzie jest najzimniej, w miejscach o najmniejszych prędkościach przepływu. Najczęściej jest to zbiornik amoniaku za skraplaczami. Podczas postoju urządzenia powstaje mieszanina powietrza z parami amoniaku, zajmując przestrzenie nie wypełnione cieczą. Wszelkie syfony po stronie cieczowej stanowią przeszkodę do przemieszczania się powietrza i par czynnika. Zachodzi więc konieczność odpowietrzania każdego potencjalnego miejsca gromadzenia się gazów nie skraplających. Stosując odpowietrzanie jednego tylko punktu, usuwamy nieznaczną część szkodliwych dla pracy układu gazów. Nawet cykliczne odpowietrzanie jednego punktu instalacji, choć zwiększa ilość usuwanego powietrza, nie pozwala jednak usunąć go całkowicie.

Sposoby usuwania gazów

Najczęściej stosowanym sposobem usunięcia powietrza z instalacji jest odpowietrzanie ręczne. Stosuje się je również podczas rozruchu instalacji lub też przeglądów okresowych. Jego skuteczność zależy od umiejętności przeprowadzającego je personelu oraz rozkładu zamontowanych odpowietrzników. Należy pamiętać o tym, iż odpowietrzenie ręczne jest skuteczne po odpowiednio długim postoju układu. Można włączyć na jakiś czas skraplacz, aby skroplić część amoniaku z mieszaniny z powietrzem. Odpowietrzamy skraplacz albo zbiornik cieczy, w zależności od rozkładu temperatur. Jeśli zimniejszy jest zbiornik, wykorzystujemy zamontowane na nim odpowietrzniki. Mieszaninę par amoniaku i innych gazów należy puścić węzem do zbiornika z wodą. O zakończeniu odpowietrzania świadczy zanik pęcherzy powietrza, pod warunkiem wystarczającej ilości wody oraz właściwej prędkości wypływu par (aby amoniak zdążył się rozpuścić).

Rzadziej stosowanym sposobem jest odpowietrzanie poprzez instalację odpowietrznika automatycznego. Najczęściej przeszkodą jest konieczność poniesienia pewnych nakładów finansowych w momencie inwestycji. Dla niewielkich zakładów mleczarskich są to znaczące koszty. Wydaje się jednak, iż zyski wynikające ze stosowania automatycznych odpowietrzników przynoszą szybki zwrot inwestycji. Kalkulację przedstawimy w dalszej części.

Do zalet stosowania odpowietrzników automatycznych należą:

- wysoka skuteczność i wydajność procesów odpowietrzania,
- możliwość odpowietrzania podczas pracy instalacji chłodniczej (eliminują ewentualne postoje),
- mniejsze ryzyko niekontrolowanego wycieku amoniaku związane z błędami obsługi,
- znaczne oszczędności amoniaku - dobre odpowietrzniki automatyczne skutecznie oddzielają amoniak z mieszaniny powietrznej,
- ochrona środowiska naturalnego dzięki znikomym stratom czynnika chłodniczego.

Dodatkowo, odpowietrzanie ręczne, ze względu na konieczność postojów instalacji jest przeprowadzane cyklicznie. Maszynista co pewien czas upuszcza do atmosfery mieszaninę powietrzno - amoniakalną. W przypadku pracy układu automatycznego odpowietrzania, ciągła praca zapewnia osiągnięcie najniższego możliwego ciśnienia skraplania dla danych warunków cieplnych instalacji. Odpowietrzniki automatyczne zastępują więc najlepszych maszynistów, pozwalając na ciągłe skuteczne odpowietrzanie instalacji w sposób bezpieczny.

Odpowietrzniki automatyczne dostępne na rynku

Od kilkunastu lat dominującą pozycję rynkową zdobyły urządzenia produkowane przez amerykańską korporację Hansen Technologies. Sukces zawdzięczają skuteczności i względnie niskiej cenie. W Polsce dostępne są głównie dwa typy odpowietrzników Hansen: automatyczny APM oraz w mniejszym stopniu zautomatyzowane NEAP. Oba doskonale pełnią swoją rolę w instalacjach odpowietrzających. Sprawdzają się zarówno w instalacjach małych jak i znacznie rozbudowanych. Ze względu na trudności z określeniem miejsca gromadzenia się gazów nie skraplających, odpowietrzniki Hansena pracują cyklicznie oraz wielopunktowo.

NEAP to prostsza wersja popularnych odpowietrzników AUTO - PURGER® Hansena. Nieelektryczny odpowietrznik łączy się jednak w sposób automatyczny. Po otwarciu zaworów, napełnia się ciekłym amoniakiem, ochładza mieszaninę parową, oczyszczając powietrze i usuwając je do atmosfery. Działa skutecznie na instalacjach o wydajności do 350 kW, w zależności od stopnia zapowietrzenia instalacji. Chcąc uzyskać dodatkowe korzyści ekonomiczne, można w oparciu o NEAP zbudować układ odpowietrzania wielopunktowego, sekwencyjnego - nawet

w przypadku średnich i dużych instalacji chłodniczych.

Alternatywą dla nieelektrycznego odpowietrznika NEAP jest automat odpowietrzający typu APM. Dzięki sterowaniu elektronicznemu, jest w stanie odpowietrzać te miejsca instalacji w których znajduje się aktualnie powietrze. Automat można włączać w trybie pracy "ręcznej", "automatycznej" lub "rozruchu nowej instalacji". Zależnie od ilości powietrza w instalacji oraz jego rozmieszczenia, operator może odpowietrzać w trybie ciągłym jeden punkt układu lub pozwolić, by automat sprawdzał poszczególne miejsca instalacji chłodniczej.

Stosowane sterowniki pozwalają określić czas odpowietrzania poszczególnych punktów instalacji. W sposób sekwencyjny układ usuwa powietrze z poszczególnych punktów instalacji, oczyszcza je z amoniaku (który wraca do swojego obiegu) i czyste usuwa do atmosfery. Niewątpliwą zaletą odpowietrzników Hansen jest ich wielopunktowość, sekwencyjność działania oraz świetna konstrukcja. Użytkownicy doceniają możliwość dokładnego i automatycznego usunięcia powietrza z instalacji. Wyłącznym dystrybutorem urządzeń Hansena w Polsce jest ZTCh w Bydgoszczy³⁷.

Wśród rozwiązań alternatywnych można wskazać odpowietrzniki produkowane przez firmę Grasso. Posiadają one agregat skraplający oparty na czynniku R404A. Pozwalają usunąć pewną część gazów nie skraplających obecnych w skraplaczu (pozostaje około 1-2% według danych producenta zawartych na www.grasso.pl). Zaletą jest prosty montaż nad punktem odpowietrzonym (oznaczający jednak brak wielopunktowego, cyklicznego odpowietrzania instalacji chłodniczej). Wadą, jest wydajność prawie dziesięciokrotnie mniejsza niż w przypadku najprostszego odpowietrznika Hansena - NEAP.

Decydując się na zakup odpowietrznika automatycznego oraz wykonanie instalacji odpowietrzania, warto wybrać rozwiązania sprawdzone i skuteczne. Tak, by faktycznie osiągnąć korzyści ekonomiczne związane z oszczędnością energii elektrycznej oraz zwiększyć bezpieczeństwo obsługi instalacji.

Zasada działania odpowietrzników automatycznych

Działanie automatycznych odpowietrzników opiera się na możliwości wykroplenia ciekłego amoniaku z mieszaniny powietrzno - amoniakalnej, doprowadzanej do urządzenia z poszczególnych punktów instalacji. Gazy nie skraplające się przepływają przez kąpiel skroplonego amoniaku i gromadzą w górnej części zbior-

³⁷ www.ztch.pl

nika. Dzięki zastosowaniu sondy poziomu lub zaworu pływakowego, w momencie zgromadzenia się odpowiedniej ilości powietrza, jest ono przepuszczane do barbotki wodnej. Do atmosfery wydostaje się już czyste powietrze. W zależności od typu urządzenia, mieszanina parowa może być schładzana w wężownicy lub przestrzeni zbiornika. Istotne znaczenie mają tutaj parametry pracy odpowietrznika. Właściwie dobrane poziomy, temperatury i ciśnienia gwarantują skuteczność odpowietrzania instalacji.

Kalkulacja ekonomiczna automatycznego odpowietrznika

Doświadczenie wskazuje, iż w przypadku instalacji pracujących na podciśnieniu, nadwyżka ciśnienia skraplania, spowodowana obecnością niepożądanych gazów wynosi około 1,5 bara. W instalacjach pracujących na nadciśnieniu (większość zakładów mleczarskich) około 0,7 bara. Są to wartości uśrednione, podawane przez ZTCh. W rzeczywistości nadwyżka ciśnienia może być znacznie większa³⁸. Dla obliczenia korzyści ze stosowania automatycznych odpowietrzników można skorzystać z następującego wzoru:

$$O_e = P_n/P_k \times C \times H \times T \times M$$

gdzie:

O_e - oszczędność energii elektrycznej w złotych/rok

P_n/P_k - iloraz nadwyżki ciśnienia w barach (związanej z obecnością gazów nie skraplających) oraz ciśnienia skraplania czystego czynnika chłodniczego (bar abs.)

C - wydajność instalacji chłodniczej w kW

H - współczynnik zużycia energii (proponowany przez Hansen)

T - czas pracy instalacji w ciągu roku (w godzinach)

M - koszt jednostkowy energii elektrycznej w PLN

³⁸ Zależna od czynników podanych na początku artykułu.

tabela 1. Współczynnik zużycia energii H dla temperatury skraplania równej 30°C

Czynnik chłodniczy	Temperatura parowania (°C)	Współczynnik H
Amoniak R717	- 30	0,32
	-20	0,24
	-10	0,18
	0	0,12

Przyjmując:

Oe - wartość liczona

Pn/Pk - 1bar/11,9 bar

C - 1100 kW

H - 0,24

T - 6500 godzin/ rok

M - 0,4 zł/kWh netto

Oe = 57 680,67 PLN netto

Przy rosnących cenach energii elektrycznej, wyliczone wyżej oszczędności są znaczące. Okazuje się więc iż inwestycja w skuteczną instalację odpowietrzającą zwróci się w stosunkowo krótkim czasie.

Wnioski

Pomimo, iż można skutecznie odpowietrzyć instalację chłodniczą ręcznie, warto zainwestować w układ zastępujący pracę obsługi. Osiągniemy w ten sposób wyższe bezpieczeństwo pracy, oraz większą skuteczność i ciągłość pracy od-

powietrznika. Decydując się na automatyzację warto rozważyć dokonanie wyboru urządzeń, opierając się na doświadczeniu innych zakładów. Tylko wtedy osiągniemy faktyczne korzyści ekonomiczne. Podstawowym kryterium powinna być skuteczność usunięcia gazów nie skraplających, wyższa niż w przypadku innych odpowietrzników, lub też stosowanie odpowietrzania ręcznego.