
7. Komory chłodnicze produktów nabiałowych - systemy chłodzenia oraz problemy eksploatacyjne

Chłodzenie i mrożenie żywności zajmuje od prawie 40 lat czołowe miejsce wśród sposobów konserwacji w przemyśle spożywczym. Ze względu na minimalny wpływ na smak, barwę, kształt czy też zawarte w produktach witaminy, białka czy tłuszcze, chłodzenie i mrożenie żywności określa się mianem najbardziej racjonalnej metody utrwalania żywności.

Poniższy tekst stanowi zwięzłe omówienie podstawowych spraw związanych ze składowaniem produktów mleczarskich. Pominiemy tu cały szereg zagadnień wynikających z technologii produkcji. Przede wszystkim zaprezentujemy najczęściej spotykane rozwiązania oraz podstawowe problemy z którymi spotykają się nasi klienci. W pierwszej części ukážemy systemy schładzania pomieszczeń magazynowych, w drugiej podejmiemy kilka zagadnień eksploatacyjnych, między innymi sposobu odtajania chłdnic.

Systemy schładzania produktów mleczarskich

Ze względu na kolejne ograniczenia i wymogi dotyczące stosowania freonów, liczne zakłady stają przed problemem wyboru sposobu chłodzenia przestrzeni magazynowych. Choć w większości mleczarni, chłodzenie komór to około 10% całkowitej wydajności chłodniczej, warto wskazać rozwiązania ekonomiczne i skuteczne. Problemy z uzyskaniem niskiej temperatury pojawiają się na przełomie wiosny i lata, kiedy wyższe temperatury zewnętrzne przekładają się na większe zyski ciepła w schładzanych pomieszczeniach. Urządzenia chłodnicze powinny zapewnić stabilne warunki klimatyczne przez cały rok, przy korzystnym ilorazie nakładu inwestycyjnego i kosztu eksploatacji.

Podobnie jak w przypadku schładzania wody do celów technologicznych, w zależności od zastosowanego czynnika należy liczyć się z różnymi kosztami odebrania każdej kcal ciepła. W przypadku tradycyjnych oziębiaczy wody lodowej (akumulacyjnych czy też innego typu), substancją pośredniczącą w przekazywaniu ciepła jest woda. W razie ewentualnych nieszczelności instalacji, nie dochodzi do skażenia produktów mleczarskich, ponieważ nie mają one najczęściej bezpośredniej styczności z wodą lodową. W przypadku rozszczelnienia instalacji w komorze, może dojść do kontaktu żywności i chłodziwa, lub czynnika chłodniczego. Pomimo, iż w przypadku nowoczesnej instalacji wykonanej zgodnie z obowiązującymi przepisami i sztuką inżynierską, ryzyko wycieku czynnika chłodniczego jest minimalne, popularne staje się chłodzenie komór w układzie pośrednim. Do zalet takiego rozwiązania należy prostsza konstrukcja i wynikająca z tego regulacja temperatury w komorach, wyższe bezpieczeństwo pracy oraz mniejsza wrażliwość na zakłócenia zewnętrzne pracy układu. Wśród wad najważniejszą jest większe o kilkanaście procent zapotrzebowanie na energię elektryczną, spowodowane dodatkowymi pompami chłodziwa oraz koniecznością obniżenia temperatury odparowania (co z kolei oznacza wyższy spręż i większą wymaganą wydajność sprężarki). Wśród kosztów inwestycyjnych wspomnieć trzeba dodatkowy wymiennik ciepła "chłodziwo - czynnik chłodniczy" oraz większe przekroje rurociągów. Wstępna charakterystyka wskazuje więc, iż nie ma systemu idealnego. Wybór rozwiązania musi być racjonalnym kompromisem opartym na doświadczeniu i wiedzy wykonawcy i inwestora.

Decydując się na wykonanie pośredniego systemu, należy wybrać chłodziwo - a więc czynnik pośredniczący w wymianie ciepła. W zależności od wymaganych temperatur, można wyróżnić dwie grupy chłodziw:

- systemy o temperaturach powyżej 0°C, gdzie stosuje się głównie wodę - ze względów termodynamicznych będącą najlepszym chłodziwem,
- systemy o temperaturach poniżej 0°C, w których jako chłodziwo stosuje się roztwory wodne soli, alkoholi czy glikoli.

W praktyce, chcąc uzyskać w komorze temperaturę około 5°C lub niższą, stosuje się chłodziwa z drugiej grupy. Najczęściej są to wodne roztwory glikoli propylenowych lub etylenowych. Zasadniczą różnicą jest tutaj toksyczność i parametry termodynamiczne. Powoli coraz powszechniejsze staje się stosowanie tzw. lodu binarnego, czyli dwufazowego (w stanie ciekłym z drobinami stałymi). Pozwala on osiągnąć wysoką wydajność układu przy pełnym bezpieczeństwie żywności. Ponieważ nie jest on jeszcze stosowany powszechnie, pominiemy szczegóły związane z jego zastosowaniem.

Podstawowy układ służący do chłodzenia pośredniego składa się z wspomnianego wyżej wymiennika ciepła pomiędzy chłodziwem a czynnikiem chłodniczym, pomp chłodziwa, odbiorników ciepła (na przykład chłodziw powietrza), rurociągów oraz armatury i elementów sterownia. Zagadnienie sieci przepływu chłodziwa, jego regulacji i obliczeń współpracy sieci z odbiornikami ciepła i parownikiem wybiega poza ramy tego opracowania. Warto jednak zwrócić uwagę na kilka podstawowych zagadnień:

- dobór układu sterowania
- sposób odtajania chłodziw powietrza,
- izolacja termiczna,

Przy doborze sterowania stajemy przed problemem poziomu scentralizowania układu. Układy centralne, a więc przestrzennie skoncentrowane mają swoich zwolenników i przeciwników. Łatwiej jest nadzorować system schładzania komór, przy zastosowaniu jednego sterownika. Można zastosować wtedy także komunikację i przepływ informacji przez sieć wewnętrzną lub internet. Z drugiej strony, niezależne układy sterujące poszczególnymi grupami parowników są mniej narażone na jednoczesne uszkodzenie. Niezależnie od przyjętego rozwiązania należy zwracać uwagę na prostotę obsługi sterownika oraz dostępne funkcje. Wygodnym rozwiązaniem jest dwupoziomowe menu. Poziom łatwiej dostępny pozwala zmieniać zadaną temperaturę, kolejne menu (tzw. inżynierskie) służy do ustawiania innych istotnych parametrów.

Powszechnym sposobem chłodzenia magazynów nabiałowych jest system bezpośredni. Spotykamy zarówno instalacje amoniakalne, jak i budowane licznie układy freonowe. Pomimo zdecydowanie wyższych kosztów eksploatacyjnych, zaletą układów freonowych jest ich zdecentralizowanie. Zdarza się, iż każdy magazyn ma odrębny układ chłodniczy. W razie awarii jednego z nich, pozostałe magazyny nie są zagrożone wzrostem temperatury. Stawiając kilka mniejszych urządzeń nie ma potrzeby wykonywać połączeń z oddaloną często od magazynów maszynownią chłodniczą. Eliminuje się więc znacznej długości rurociągi. Niestety, rozwiązanie takie ma wiele wad. Poza energochłonnością urządzeń, większa ilość elementów narażona jest na zużycie i uszkodzenie. Pojawiają się również dość często nieszczelności w poszczególnych układach. Okazuje się, że w tej sytuacji korzystniej jest zbudować układ oparty na przykład na dwóch agregatach, o wydajności zapewniającej utrzymanie zadanych parametrów w razie awarii lub przeglądu jednego z urządzeń.

Zastosowanie bezpośredniego chłodzenia amoniakalnego komór chłodniczych jest rozwiązaniem dobrym²⁸. Warunkiem bezpiecznego eksploataowania jest szczelność rurociągów i armatury. O ile same przewody rurowe, dobrze izolowane pozwalają na wieloletnią eksploatację, o tyle elementy zaworów narażone są na szczególne ryzyko rozszczelnienia. W takim przypadku pozostaje wymiana tzw. zespołu pokrywy zaworu. Kolejnym problemem związanym z zastosowaniem bezpośredniego schładzania komór amoniakiem, jest regulacja zadanych parametrów. Istotną rolę odgrywa tutaj precyzyjny dobór automatyki i sterowania.

Wybrane problemy eksploatacyjne

Oprócz temperatury, istotną rolę w składowaniu towarów spożywczych odgrywa także wilgotność powietrza. Od strony produktu, zagadnienie to znane jest doskonale zakładowym technologom. Należy jednak pamiętać, iż sam sposób uzyskiwania zakładanej temperatury w komorze, wpływa w sposób istotny na zawartość wody w powietrzu. Stąd jednym z podstawowych kryteriów oceny działania chłodnicy jest stan powietrza osiągniany po przejściu przez nią.

Należy wskazać dwa istotne momenty podczas obniżania się temperatury powierzchni chłodnicy. Gdy temperatura osiągnie punktu rosy, na jej powierzchni wykropli się woda. Podczas dalszego obniżania temperatury medium chłodzącego woda zacznie zamarzać. Szybkość schładzania powietrza oraz towaru w komorze zależy między innymi od różnicy temperatur między powierzchnią chłodnicy a temperaturą powietrza. Przykładowo, chcąc uzyskać w komorze temperaturę 5°C, możemy ustawić odparownie czynnika chłodniczego na poziomie 0°C, -5°C czy -10°C. W trzecim przypadku, proces schładzania będzie przebiegał szybciej. Równocześnie spadnie ilość wilgoci zawartej w powietrzu. Tak więc stan powietrza w komorze kształtuje się pod wpływem działania strumienia ciepła i masy (a więc wilgoci).

Problem odtajania chłodnic jest szeroki i wymaga obszernego opracowania. W tym artykule zasygnalizujemy problem. Z powodu różnicy temperatur, na powierzchni parownika dochodzi do wymrażania się wody zawartej w powietrzu. W rezultacie dochodzi często do powstawania warstwy lodu na powierzchni parownika. Skutkiem tego w znacznym stopniu zmniejsza się możliwość omywania lameli parownika powietrzem zasysanym lub tłoczonym przez wentylatory. Dochodzi więc do zmniejszenia współczynnika przenikania ciepła między powietrzem a czynnikiem a także zmniejszenia powierzchni wymiany ciepła a tym samym

²⁸ Wylączając sytuacje, w których regulacje prawne nie zezwalają na zastosowanie czynników toksycznych, do których należy amoniak.

do radykalnego spadku wydajności chłodnicy. Jest to sytuacja adekwatna do opisywanego w poprzednich numerach zamrożenia zbyt dużej ilości lodu na wężownicy akumulacyjnego oziębiacza wody lodowej. Proces narastania szronu i lodu jest złożony. Jego szybkość zależy od:

- różnicy temperatur między czynnikiem chłodzącym a powietrzem,
- rozkładu temperatury powierzchni chłodnicy,
- stanu powietrza,
- rozwiązań konstrukcyjnych chłodnicy (np. gęstość lamelowania)

W zależności od warunków planowanych w komorze, projektant dobiera odpowiednie rozwiązania chłodnicy powietrza. Zaszronienie zależy głównie od temperatury, wilgotności i prędkości przepływu powietrza. Wraz ze spadkiem temperatury szron staje się twardszy i cięższy. Ponieważ odszranianie jest procesem cyklicznym, głównym problemem jest wybór właściwego momentu rozpoczęcia odszraniania oraz czasu trwania. Należy pamiętać, że proces odtajania każdej chłodnicy jest zmienny i zależy od czynników zewnętrznych. Inna będzie szybkość narastania szronu w okresie zimowym, inna letnim. Istotne znaczenie ma także rotacja towaru, częstotliwość i czas otwarcia drzwi czy sposób opakowania towarów.

Zachodzi więc konieczność odtajania chłodnic powietrza, podczas którego należy doprowadzić ilość ciepła równą co najmniej ciepłu przemiany fazowej lodu. Najczęściej stosuje się jedną z trzech metod: odtajanie elektryczne, "gorącym gazem" oraz naturalne - powietrzem. W pierwszym przypadku wbudowane w lamele grzałki elektryczne, w określonym czasie podgrzewają powierzchnię chłodnicy powodując roztopienie wytworzonego lodu. Rozwiązanie to stosuje się często w przypadku niewielkich urządzeń freonowych oraz w systemach schładzania pośredniego. Zastosowanie "gorącego gazu" wymaga doprowadzenia do chłodnicy sprężonych par czynnika chłodniczego. Na czas odtajania zamknięty zostaje dopływ skroplonego czynnika chłodniczego, a obejściem doprowadzone zostają gorące pary. Trzecie rozwiązanie stosuje się najczęściej w przypadku pomieszczeń o wymaganej temperaturze powietrza powyżej 5°C. W momencie odtajania zawór elektromagnetyczny (lub ręczny) odcina dopływ chłodziwa. Równocześnie nadal pracują wentylatory, powodując omywanie powierzchni parownika powietrzem o temperaturze otoczenia. W rezultacie dochodzi do stopienia powstałego lodu.

Omawiając zagadnienie odtajania chłodnic powietrza należy zwrócić uwagę na dwa problemy. Pierwszym jest właściwa regulacja odtajania. Najczęściej można decydować o trzech parametrach: czas odtajania, przerwa między odtajaniem, temperatura końca odtajania. Dwa pierwsze wynikają z optymalizacji

czasu odtajania i czasu pracy urządzenia. Trzeci ma znaczenie ze względów bezpieczeństwa. Wraz ze wzrostem temperatur wzrasta bowiem w istotny sposób ciśnienie wewnątrz chłodnicy (przestrzeń odcięta zaworami na zasilaniu i powrocie). Są oczywiście także bardziej złożone algorytmy sterowania odtajaniem. Jest to jednak temat odrębny.

Pośrednio z tematem odtajania wiąże się temat izolacji. O ile w poprzednim artykule omawialiśmy zagadnienia izolacji zimnochronnej rurociągów, o tyle teraz warto popatrzeć na sprawę szerzej. W wielu zakładach komory chłodnicze spełniają jedynie kryteria magazynów. Brak bowiem pełnej izolacji ścian i stropu. Właściwa warstwa izolacyjna spełnia zarówno rolę bariery przepływu ciepła ale także wilgoci. W przypadku swobodnej wymiany powietrza z otoczeniem, na chłodnicy powietrza w komorze namarżnie zdecydowanie większa warstwa lodu. Oznacza to wyższy nakład energii elektrycznej (głównie przy odtajaniu grzałkami elektrycznymi) niezbędnej do jej stopienia. Wydłuża się także czas pracy urządzeń chłodniczych, niewłaściwa izolacja ścian i stropu czy zbyt często otwarte drzwi oznaczają więc znaczne straty ekonomiczne.

Podsumowanie

Czy można uogólnić powyższe rozważania tak, aby zaproponować najlepsze rozwiązanie do schładzania pomieszczeń magazynowych? Z pewnością można sformułować kilka tez, ułatwiających podjęcie decyzji.

W przypadku istniejących instalacji amoniakalnych, jeżeli ich stan jest wystarczająco dobry warto pozostawić układ chłodzenia bezpośredniego. W sytuacji gdy rurociągi wymagają wymiany, należy rozważyć ewentualne wykonanie układu pośredniego. Rozwiązanie to pozwala zachować wyższy poziom bezpieczeństwa ludzi i towarów. Wiele zależy od możliwości maszynowni chłodniczej zakładu. Koszt zakupu agregatu amoniakalnego jest wyższy od inwestycji w urządzenia freonowe. Szybko jednak oszczędności wynikające z mniejszego zużycia energii elektrycznej niwelują wyższy koszt początkowy. Jeżeli zakład ma zapas wydajności chłodniczej agregatów, warto wykonać nową instalację amoniakalną chłodzenia komór. Cena rurociągów i chłodnic powietrza jest bowiem zbliżona do zakupu nowych urządzeń pracujących na freonach.

Problematyka dotycząca warunków klimatycznych w komorach chłodniczych jest niezwykle szeroka. W tym krótkim opracowaniu pominięto takie zagadnienia jak sposób prowadzenia powietrza w pomieszczeniu (a więc układ i znaczenie wentylatorów lub ich braku), sposoby utrzymywania zadanej wilgotności powietrza czy rozwiązania konstrukcyjne chłodnic powietrza.