

NOWOCZESNE ROZWIĄZANIA SYSTEMÓW CHŁODZENIA W MLECZARNI NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO OBIEKTU

Część 1

mgr inż. Michał GLIŃSKI

Katedra Techniki Ciepłej
Politechnika Gdańska

Mleko jest pokarmem pełnowartościowym, doskonale przyswajalnym przez organizm ludzki, jednak wskutek działalności drobnoustrojów i enzymów, zarówno mleko jak i jego produkty ulegają szybkiemu psuciu. W celu zachowania wartości odżywczych w dłuższym okresie przechowywania, stosuje się m. in. chłodzenie i zamrażanie tych produktów. W zakładach mleczarskich mleko surowe przerabia się na mleko spożywcze, masło, sery, napoje mleczne, lody i koncentraty mleczne. Do realizacji tych procesów stosuje się urządzenia chłodnicze w pośrednim lub bezpośrednim systemie chłodzenia z czynnikami syntetycznymi lub naturalnymi. Chłodnictwo stosowane w transporcie, przetwórstwie i przechowywaniu produktów mlecznych nazywane jest **łańcuchem chłodniczym mleka**.

W zależności od wymagań inwestora i doświadczenia projektantów, obecnie budowane są instalacje przemysłowe na amoniak lub na tzw. freony. Każdy z tych czynników ma swoje wady i zalety podczas użytkowania instalacji. Amoniak posiada wiele ograniczeń w stosowaniu, a płyny syntetyczne są drogie i w niedalekiej przyszłości mogą zostać wycofane z użycia. Dlatego też wciąż aktualne jest pytanie, który czynnik będzie korzystniejszy do nowej instalacji przemysłowej, która ma wytwarzać wodę lodową oraz chłodzić produkty w komorach chłodniczych, w dłuższym okresie ich eksploatacji. I tak zrodził się pomysł opracowania projektu modernizacji instalacji chłodniczej w mleczarni. Obiektem, dla którego wykonano taki projekt jest Spółdzielnia Mleczarska „MLEKPOL” w Kolnie. Posiada ona przestarzały układ amoniakalny z bezpośrednim odparowaniem w komorach oraz nieefektywnym systemem chłodzenia wody lodowej. Takie rozwiązania

nie powinny być już wykorzystywane zarówno ze względów ekonomicznych jak i prawnych.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie poszczególnych etapów projektowania nowoczesnego systemu chłodzenia dla mleczarni. Aby poprawnie tego dokonać, na początku zostaną rozpatrzone wybrane syntetyczne czynniki chłodnicze grupy HFC z wyborem najodpowiedniejszego płynu dla instalacji przemysłowej. Następnie dokonane zostanie porównanie wybranego czynnika z amoniakiem, głównie pod względem własności termodynamicznych. Pókrótce przedstawiono kilka istniejących instalacji, budowanych w przeszłości i obecnie w tego typu obiektach. Zasadniczą częścią artykułu jest przedstawienie dwóch rozwiązań nowej instalacji chłodniczej. W końcowej jego części zamieszczono wyniki oceny techniczno – ekonomicznej obu rozwiązań systemów chłodzenia wraz z wnioskami.

1. WYBÓR SYNTETYCZNEGO CZYNNIKA CHŁODNICZEGO DO INSTALACJI MLECZARNI

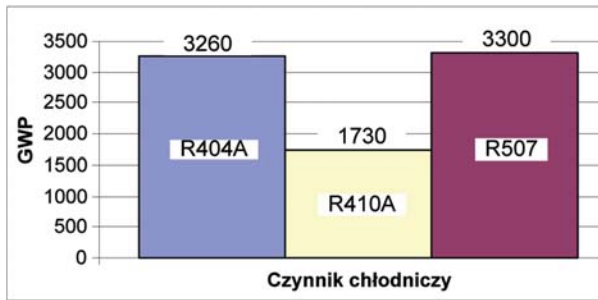
Na początku należy ocenić wpływ poszczególnych czynników na środowisko lokalne i globalne w oparciu o wskaźnik tworzenia efektu cieplarnianego GWP i potencjał niszczenia ozonu ODP. Wszystkie przyjęte do analizy czynniki chłodnicze posiadają zerowy ODP, co oznacza, że są one czynnikami długoterminowymi, jednak mieszaniny R 404A i R 507 mają prawie dwukrotnie większy wpływ na tworzenie efektu cieplarnianego w porównaniu do R 410A (rys. 1). Zgodnie z normą PN - EN 378 w zakresie ochrony środowiska, należy stosować czynniki o jak najmniejszych wskaźnikach ekologicznych przy zapewnieniu dostatecznie dużego

bezpieczeństwa ich użytkowania.

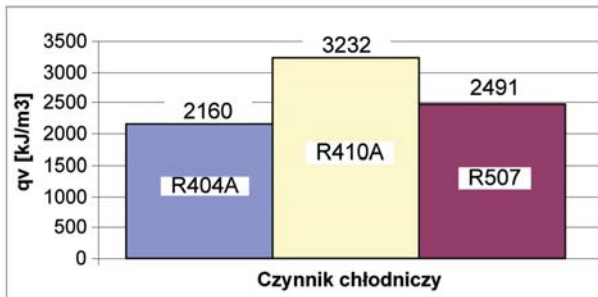
Drugim, ważnym wskaźnikiem wpływającym na wybór płynu roboczego jest zapotrzebowanie ilości czynnika dla zapewnienia identycznych warunków pracy. Zgodnie ze wspomnianą wyżej normą należy zmniejszyć do minimum napełnienie instalacji czynnikami, których wskaźniki ODP lub GWP mają wartości większe od 0. Jednym z takich wyróżników jest jednostkowa wydajność chłodnicza objętościowa q_v . Im większa jest wartość q_v , tym mniejsza jest objętość właściwa par danego czynnika na ssaniu sprężarki, czego efektem jest możliwość zastosowania sprężarki o mniejszej pojemności skokowej przy uzyskaniu identycznej wydajności chłodniczej [2]. Mniejsza objętość właściwa par czynnika oznacza również mniejsze średnice rurociągów, co korzystnie przekłada się na masę i cenę instalacji chłodniczej. Pod tym względem najlepszym czynnikiem jest mieszanina R 410A. Jej jednostkowa wydajność chłodnicza objętościowa jest o około 50% większa od R 404A i o 23% większa od R 507, czyli poważnie zmniejszają się wymiary całego systemu z zastosowaniem tego czynnika (rys. 2).

Duża wartość q_v decyduje także o wysokiej efektywności ekonomicznej sprężarki, szczególnie tej o dużej wydajności, co wpływa korzystnie na ogólne warunki jej pracy. Z powyższych zalet można wnioskować, że jeżeli zastosujemy czynnik R 410A, możemy w układzie zainstalować mniej sprężarek o większych wydajnościach, uzyskując żądane parametry pracy, co niewątpliwie korzystnie wpłynie na koszty inwestycyjne i eksploatacyjne systemu chłodzenia.

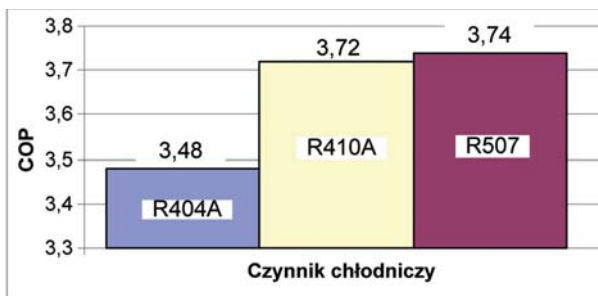
Ostatnim, a zarazem najważniejszym kryterium decydującym o wyborze czynnika chłodniczego jest wartość



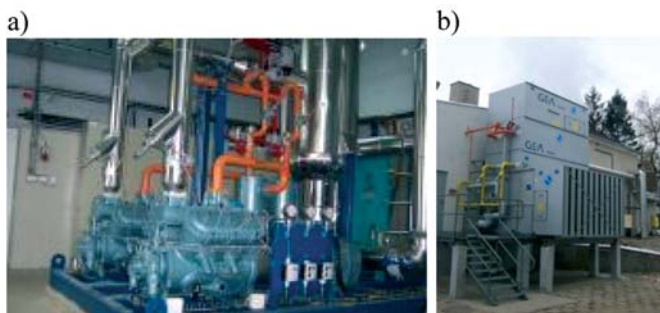
Rys. 1. Wartości wskaźnika tworzenia efektu cieplarnianego GWP dla analizowanych czynników w horyzoncie czasowym ITH = 100 lat



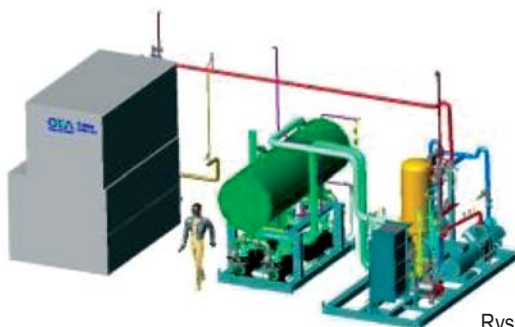
Rys. 2. Wartości jednostkowej wydajności chłodniczej objętościowej q_v [kJ/m³] wg [2]



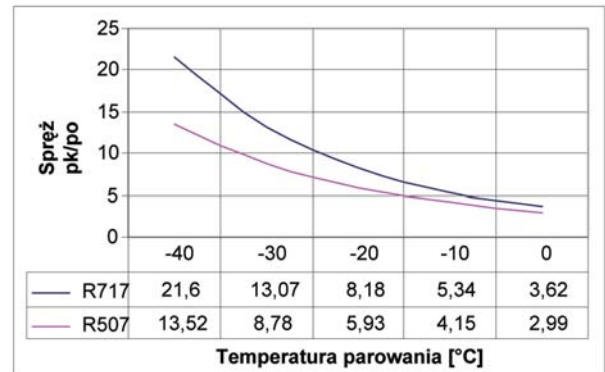
Rys. 3. Wartości współczynnika wydajności chłodniczej COP wg [3]



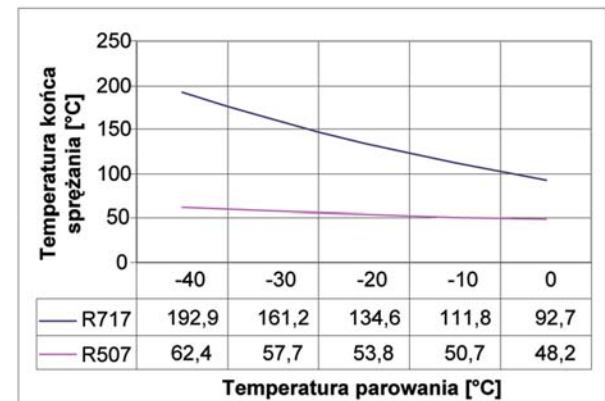
Rys. 8. Instalacja amoniakalna do wytwarzania wody lodowej w zakładzie Toska wg [8], gdzie: a) maszynownia chłodnicza; b) stacja skraplania



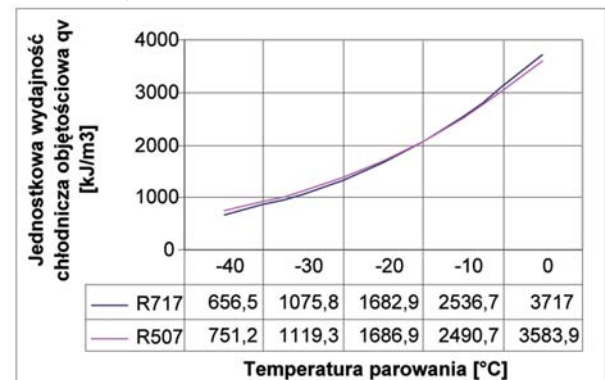
Rys. 9. Schemat instalacji do chłodzenia wody lodowej w zakładzie Toska wg [8]



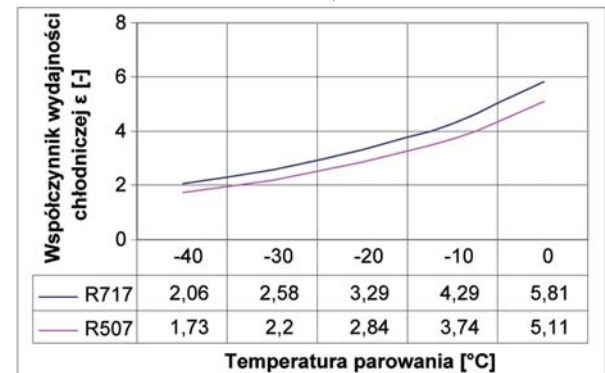
Rys.4. Zależność sprężu p_v/p_o od temperatury parowania (t_o) dla czynników R 717 i R 507 wg [3,4]



Rys. 5. Zależność temperatury końca sprężania (t_c) od temperatury parowania (t_o), wg [3,4]



Rys. 6. Zależność jednostkowej wydajności chłodniczej objętościowej q_v od temperatury parowania (t_o), wg [3,4]



Rys. 7. Zależność współczynnika wydajności chłodniczej (ϵ_o) od temperatury parowania (t_o), wg [3,4]

współczynnika wydajności chłodniczej COP (ϵ_o). Według rysunku 3, czynniki R410A i R507 osiągają najwyższe wartości tego współczynnika, co sprawia, że należałoby wybrać jeden z tych płynów do instalacji przemysłowej.

Przy ostatecznym wyborze czynnika należy pamiętać, że mieszanina R 410A jest substancją wysokociśnieniową. Cecha ta sprawia, że należy wziąć pod uwagę większe grubości ścianki rurociągów i wytrzymałość pozostałych elementów instalacji oraz spoin, ponieważ może się okazać, że przy wyższym ciśnieniu może dojść do rozszczelnienia instalacji i wycieku czynnika. Czynnik ten posiada wyższą od pozostałych płynów, temperaturę końca sprężania, co niesie za sobą poważne następstwa, wynikłe z oddziaływania wysokiej temperatury na olej. Innym powodem zaniechania wyboru tej mieszaniny do instalacji jest utrudniony dostęp do wymienników ciepła, takich jak skraplacze czy parowniki, a także pełnej gamy automatyki przemysłowej. Najbardziej nadającymi się czynnikami syntetycznymi dla nowoprojektowanej instalacji przemysłowej są R 404A i R 507. Płyny te są stosowane na szeroką skalę w chłodnictwie przemysłowym, jednak mieszanina azeotropowa R507 charakteryzuje się lepszymi własnościami termodynamicznymi, co zostało potwierdzone m. in. przez głównych producentów sprzętów chłodniczych [2]. Za wyborem R 507 przemawia także mniejsze napełnienie układu tym czynnikiem, co gwarantuje mniejsze gabaryty całej instalacji chłodniczej, a to wiąże się z niższym kosztem inwestycyjnym. W wyniku rozważenia powyższych argumentów można stwierdzić, że najlepszym syntetycznym płynem roboczym w instalacji w mleczarni będzie mieszanina azeotropowa **R 507**. Niska cena całej instalacji z tym czynnikiem i dłuższa gwarancja bezawaryjnej eksploatacji układu niewątpliwie winna spotkać się z aprobatą inwestora.

2. PORÓWNANIE WŁASNOŚCI AMONIAKU I CZYNNIKA R 507

Amoniak jest czynnikiem stworzonym przez naturę, która kreowała jego własności fizyczno-chemiczne w zgodzie z otaczającym środowiskiem, natomiast R 507 został wytworzony przez człowieka przez zmieszanie sztucznie wytwor-

zonych jednorodnych związków chemicznych w celu uzyskania jak najlepszych własności eksploatacyjnych przy jak najmniejszej szkodliwości dla środowiska naturalnego. Oba czynniki mają zerowy potencjał niszczenia ozonu, natomiast zerowym potencjałem tworzenia efektu cieplarnianego może poszczycić się tylko amoniak. Jednak jest on palny i wybuchowy (wg PN – EN 378 grupa L2), a także bardziej toksyczny w odróżnieniu do R 507. Według powyższych własności należałoby zastanowić się, **który czynnik byłby najlepszy dla instalacji chłodniczej w mleczarni?**

W porównaniu z czynnikiem R 507, amoniak charakteryzuje się wyższymi wartościami sprężu w całym zakresie analizowanych temperatur parowania (rys. 4). Wyższy spręż poprawia warunki transportu czynnika w instalacji, jednocześnie towarzyszy mu odpowiednio wyższy nakład energetyczny dla uzyskania tego samego efektu chłodniczego. Dla amoniaku spręż gwałtownie rośnie w zakresie niskich temperatur parowania, co zdecydowanie utrudnia jego zastosowanie, jako czynnika chłodniczego w jednostopniowych urządzeniach sprężarkowych. Z wielkością sprężu związana jest bezpośrednio temperatura końca procesu sprężania, która dla R 717 przyjmuje znacznie wyższe wartości niż dla czynnika R 507, co jest niewątpliwie wadą amoniaku (rys. 5). Wysoka temperatura sprężonych par wpływa na pogorszenie własności smarych olejów stosowanych w sprężarkach chłodniczych, co przy ich odpowiedzialnej funkcji ma ogromne znaczenie. W konsekwencji powoduje to m. in. konieczność intensywnego chłodzenia głowic sprężarek tłokowych, najczęściej za pomocą wody opuszczającej skraplacze, skraca żywotność poszczególnych części układu korbowo - tłokowego sprężarki, a w szczególności płytek zaworowych, wpływa na zwiększenie zużycia energii elektrycznej oraz na zmniejszenie wydajności objętościowej tych maszyn. Pod tym względem uzasadnione jest stosowanie czynnika syntetycznego, gdyż okres eksploatacji sprężarki z takim czynnikiem będzie dłuższy, a jej praca bardziej bezawaryjna.

Następną wielkością, za pomocą której można porównać oba czynniki jest jednostkowa wydajność chłodnicza objętościowa q_v [kJ/m³] (rys. 6). Dla obu czynników wartości q_v są zbliżone.

W mleczarniach wykorzystywane są zazwyczaj temperatury parowania na poziomie 0 i -10°C, dlatego amoniak ma niewielką przewagę nad czynnikiem syntetycznym.

Niezmiernie istotną wielkością dla energetycznej oceny zalet danej substancji, jako płynu roboczego jest współczynnik wydajności chłodniczej ϵ_o (rys. 7), definiowany jako proporcja wydajności chłodniczej do dostarczonej energii dla jej uzyskania. Oba analizowane czynniki charakteryzują się wysokimi wartościami tego współczynnika i w całym rozważanym zakresie temperatur parowania różnica jego wartości zawiera się w granicach 15%. Jest to na tyle wysoka wartość, że stanowi o wyższości amoniaku nad czynnikiem syntetycznym, w szczególności w dłuższym okresie eksploatacji instalacji. Wynika stąd, że amoniak jest płynem roboczym bardziej efektywnym od R 507, zatem wymaga doprowadzenia mniejszej ilości energii dla uzyskania wymaganej wydajności chłodniczej.

Uwzględniając jednocześnie wysokie ciepło parowania amoniaku, powoduje to, że jego ilość krążąca w instalacji, a niezbędna do odbioru określonego obciążenia cieplnego parownika, jest prawie o rząd wielkości mniejsza w porównaniu z czynnikiem R 507. Porównanie gęstości tych czynników wypada na korzyść amoniaku, a to rzutuje na wymiary rurociągów i występujące w nich straty ciśnienia. Mały ciężar cząsteczkowy oraz duże ciepło parowania, umożliwiają - przy tej samej wydajności - zmniejszenie strumieni masowych czynnika w instalacji, a w ślad za tym - zmniejszenie spadków ciśnienia wskutek oporu przepływu, średnic rurociągów i armatury, wielkości naczyń ciśnieniowych, pomp cyrkulacyjnych, sprężarek chłodniczych oraz zapotrzebowania na energię pompowania i sprężania czynnika. Wysokie współczynniki wnikania ciepła osiągane w parownikach i skraplaczach, prowadzą - przy tej samej wydajności - do mniejszych, a zatem materiałoszczędnych i tańszych wymienników ciepła [5].

Podsumowując wady i zalety amoniaku w odniesieniu do czynnika R 507 można stwierdzić, że R 717 jest trudniejszy w użytkowaniu i stwarza większe zagrożenie, jednak posiada on wiele zalet, m. in. zapewnia wysokie wartości współczynnika wydajności chłodniczej,

ponadto jest znacznie tańszy w porównaniu z syntetycznymi czynnikami chłodniczymi. R 507 jest bardzo obiecującym długoterminowym czynnikiem syntetycznym, ponieważ nie odbiega istotnie własnościami termodynamicznymi od amoniaku, a niektóre z nich są nawet korzystniejsze. Stwarza mniej problemów podczas eksploatacji, jednak jego potencjał tworzenia efektu cieplarnianego jest stosunkowo wysoki, co w przyszłości może wykluczyć go ze stosowania w urządzeniach chłodniczych. Rozpatrując za i przeciw stosowania powyższych czynników, skłaniałbym się do zastosowania **amoniaku** w instalacji chłodniczej mleczarni. Aby technicznie uzasadnić powyższy wybór, zaprojektowano dwa systemy chłodzenia na te czynniki i dokonano ich oceny techniczno-ekonomicznej. Zanim jednak zostanie to zrealizowane, przyjrzyjmy się już istniejącym instalacjom chłodniczym w obiektach typu mleczarnia.

3. PRZYKŁADY ROZWIĄZAŃ SYSTEMÓW CHŁODZENIA STOSOWANYCH W MLECZARNIACH

Dokonując przeglądu zrealizowanych inwestycji w mleczarniach, można zauważyć, że najczęściej stosowano w nich amoniakalne pompowe układy chłodzenia, ze względu na dużą powierzchnię zakładu, co powoduje występowanie dużych odległości między odbiornikami „chłodu” a maszynownią. Poprzez zastosowanie takiego rozwiązania, możliwe było jednoczesne chłodzenie komór z bezpośrednim odparowaniem czynnika oraz akumulacja „zimna” w zasobnikach wody lodowej, wykorzystywanej do procesów przetwórczych mleka. Agregaty sprężarkowe, pompowe oddzielacze cieczy i pompy NH₃ znajdują się w wydzielonej maszynowni, a do skraplania czynnika wykorzystywane są zwykle skraplacze natryskowo-wyparne. Umieszczenie urządzeń chłodniczych w maszynowni i aparatuwni zwiększyło możliwość bezpośredniego nadzoru nad instalacją. Dla podwyższenia bezpieczeństwa montowano obowiązkowo system detekcji amoniaku, który odpowiednio szybko reaguje na ewentualne wycieki tego czynnika. Przykładem takiego rozwiązania może być instalacja wykonana dla Spółdzielni Mleczarskiej w Mławie, w której wytwarza się sery

twarogowe, masło, mleko i śmietanę. Obciążenie cieplne komór chłodniczych w tym obiekcie wynosi 115 kW, i aby zapewnić taką wydajność chłodniczą, zainstalowano w nich lamelowe chłodnice powietrza o zasilaniu dolnym typu CL firmy „Mostostal” Wrocław, obsługiwane przez sprężarkę 6W92SA produkcji firmy WUCH Dębica o wydajności 130 kW. Założona temperatura parowania tego obiegu wynosi -10°C, a skraplania +35°C. Woda lodowa wykorzystywana do procesów chłodzenia produktów płynnych w wymiennikach ciepła jest schładzana w akumulacyjnym oziębiaczu wody AOW-780. Maksymalne obciążenie cieplne układu wody lodowej wynosi 1300 kW. Dla osiągnięcia tak wysokiej wydajności chłodniczej zastosowano 4 sprężarki 10W92SA o łącznej mocy 885 kW i temperaturze parowania -7°C (+35°C), reszta chłodu jest zakułowana w lodzie o grubości 30 mm namrożonym na ramach wymiennika AOW-780. Do skraplania czynnika zastosowano dwa skraplacze natryskowo – wyparne SND - 300 i jeden skraplacz SND - 200 produkcji firmy „Mostostal” Wrocław o łącznej wydajności 1220 kW, a skroplony czynnik spływa do zbiornika cieczy typu ZL-4,0 o pojemności 4,5 m³. W obiegu amoniaku o parametrach -7°C /+35°C zastosowano pompy oddzielacz cieczy POC 4,0 o pojemności 4 m³, a w obiegu -10°C /+35°C odpowiednio POC 6,3 o pojemności 6,3 m³. Do pompowania czynnika zastosowano pompy typu 5NH-1 i 5NH-2, które zapewniają 4 – krotny jego obieg przez parowniki w komorach. Przedstawiony układ pompowy bez większych zastrzeżeń sprawował się przez wieloletni okres jego eksploatacji. Zapewniał właściwe temperatury w komorach chłodniczych nawet przy ich maksymalnych obciążeniach cieplnych. Największą wadą tego rozwiązania było duże napelnienie instalacji amoniakiem i dodatkowe zużycie energii do napędu pomp.

Innym rozwiązaniem z użyciem amoniaku jest układu zrealizowany w OSM „Kurpie” w Baranowie. Ten system chłodzenia jest oparty na grawitacyjnym zasilaniu parowników w układzie chłodzenia wody lodowej i komór. W zakładzie produkowane są głównie sery twarde i masło. Zapotrzebowanie „zimna” dla wody lodowej użytej do pasteryzacji mleka, śmietany, maceczników i innych wymienników ciepła wynosi

300 kW, natomiast obciążenie cieplne komór 110 kW. Układ chłodzenia składa się z dwóch obiegów:

- obiegu o temperaturze parowania - 8°C i skraplania + 35°C, w którym zastosowano 4 sprężarki 6W92SA produkcji WUCH Dębica o łącznej wydajności chłodniczej 300 kW;
- obiegu o temperaturze parowania - 15°C i skraplania + 35°C, w którym zastosowano 1 sprężarkę 10W92SA o wydajności chłodniczej 160 kW, jako rezerwowa do układu pośredniego w okresie obciążenia szczytowego.

W celu akumulacji „zimna” zastosowano dwie chłodnice wody typu AWC-22, w których na parowniku narasta warstwa lodu o grubości 5 mm. Podczas szczytu następuje rozładowanie akumulatora w ilości 116 kW „chłodu”, a pozostała wydajność na poziomie 190 kW jest zapewniona przez pracę sprężarki 10W92SA. Do zasilania akumulatora użyto oddzielacza cieczy z grawitacyjnym zasilaniem parownika. Komory są chłodzone za pomocą chłodnic powietrza z zasilaniem dolnym typu CL firmy „Mostostal” Wrocław. Dwie chłodnice są zasilane w sposób grawitacyjny z jednego oddzielacza cieczy zamontowanego w komorze pomiędzy tymi parownikami. Odtajanie tych wymienników odbywa się gorącymi parami doprowadzonymi z tłoczenia sprężarki. Zaletą tego systemu w porównaniu z systemem pompowym jest mniejsze zapotrzebowanie energii, ponieważ nie wymaga on pomp do zapewnienia transportu amoniaku. Do schładzania serwatki w tym obiekcie zastosowano instalację amoniakalną w postaci chillera wody lodowej, w której skraplacz i parownik są wymiennikami płytowymi firmy ALFA – LAVAL typu M10BWFDR, zasilanymi przez sprężarkę 10W92SA. Jest to obieg grawitacyjny z pompowym oddzielaczem cieczy POC 6,3, w którym ciekły czynnik zostaje zdławiony w zaworze pływakowym wysokiego ciśnienia typu HF1040 firmy Danfoss. Całość zamontowano na wspólnej ramie w maszynowni chłodniczej.

Przedstawione powyżej amoniakalne systemy chłodzenia są przykładem wykonania instalacji według przestarzałej już technologii. Nowoczesnym rozwiązaniem może pochwalić się zakład produkcji mleczarskiej Toska w Głub-

czynach, który zajmuje się głównie produkcją serków Tartare i Turek. Zakład ten przeszedł modernizację w 2005 roku polegającą na wymianie systemu chłodzenia wody lodowej do przetwórstwa mleka. W nowym rozwiązaniu zastosowano układ amoniakalny z dwiema sprężarkami tłokowymi typu 610 firmy Grasso o łącznej wydajności chłodniczej 660 kW (rys. 8a). Zapotrzebowanie „zimna” do schłodzenia wody lodowej wynosi szczytowo 1000 kW. Niedobór mocy zapewniony jest poprzez zastosowanie sprzęgła wodnego typu GPC 6/6 (rys. 9). Jest to zbiornik buforowy wody lodowej, w którym zainstalowano perforowaną płytę oddzielającą wodę o dwóch temperaturach $+1^{\circ}\text{C}$ i $+20^{\circ}\text{C}$ w celu niwelowania gwałtownych wahań temperatur i przepływów.

Pompy firmy Grundfos tłoczą wodę o natężeniu przepływu $145\text{ m}^3/\text{h}$ ze zbiornika wody o temperaturze 20°C do płytowego wymiennika ciepła, w którym zostaje ona schłodzona do temperatury $+1^{\circ}\text{C}$ w wyniku odparowania amoniaku po drugiej stronie przepony, czyli w parowniku układu amoniakalnego z dolnym zasilaniem. Schłodzona woda tłoczona jest do komory zbiornika $+1^{\circ}\text{C}$. Następnie z tej komory zasilane są wymienniki ciepła, takie jak: pasteryzatory, mateczniki, itp. na linii produkcyjnej. Omawiana instalacja chłodnicza charakteryzuje się małym napełnieniem amoniaku. Wynika to z tego, że sprężarki, odolejacz, poziomy oddzielacz cieczy i parownik płytowy są zamontowane na wspólnej ramie, czyli bardzo blisko siebie (rys. 9).

Układ wyposażony został w pionowy oddzielacz cieczy typu POC-0,63 firmy „Mostostal” Wrocław i w zespół skraplaczy natryskowo – wyparnych GEA Küba o wydajności 700 kW (rys. 8b). Skraplacze te charakteryzują się niskim zużyciem energii i wody użytej do ich chłodzenia, a także niskim poziomem emitowanego hałasu w wyniku zainstalowania w ich konstrukcji specjalnych tłumików. Ilość czynnika chłodniczego zasilającego wymiennik ciepła jest zależna od obciążenia cieplnego, czyli od temperatury wody lodowej. Przed zamarznięciem wymiennika zabezpieczają elementy automatyki chłodniczej firmy Danfoss, a są to: przetworniki temperatury i ciśnienia oraz zawory sterowane pneumatycznie, które umożliwiają szybkie reagowanie na zmienne warunki pracy i pozwalają na stabilne utrzymanie temperatury wody na poziomie $+1^{\circ}\text{C}$. Urządzenie pracuje sprawnie w tej konfiguracji wspomagane przez system kontroli i sterowania „grassocontrol.pl”.

Całkowicie innym rozwiązaniem systemu chłodzenia jest instalacja chłodnicza obiektu magazynu logistycznego firmy „LACTIMA” w Morągu. Głównym przeznaczeniem tej instalacji jest chłodzenie serów twardej i zamrażanie masła w komorach chłodniczych. W tym przypadku nie ma chłodzenia wody lodowej wykorzystywanej do wytwarzania wymienionych produktów. Instalacja chłodnicza składa się z trzech niezależnych obiegów chłodniczych opartych na czynniku syntetycznym **R 404A**. Komory chłodnicze tego obiektu wykonane są z płyt warstwowych typu TP, które charakteryzują się małymi współczynnikami przenikania ciepła i nie posiadają mostków termicznych, dzięki czemu zmniejszono do minimum zapotrzebowanie wydajności chłodniczej dla tych pomieszczeń. Wymagane temperatury w poszczególnych komorach wynoszą od -25°C w mroźni przy obciążeniu 20 kW, $+4^{\circ}\text{C}$ w chłodni przy 60 kW, a w ekspedycji $+10^{\circ}\text{C}$ przy obciążeniu do 12 kW. W komorach umieszczono wentylatorowe chłodnice powietrza GEA Küba zasilane ciśnieniowo poprzez termostaticzne zawory rozprężne firmy Danfoss. Do odtajania parowników służą grzałki elektryczne umieszczone w konstrukcji parownika i w tacy ociekowej. Do zasilania parowników zastosowano zintegrowane agregaty chłodnicze firmy BITZER typu LH, w skład których wchodzi: sprężarka, skraplacz, zbiornik ciekłego czynnika oraz skrzynka elektryczna, wszystkie zamontowane na wspólnej ramie, a całość znajduje się w maszynowni za obiektem. Każda instalacja chłodnicza sterowana jest indywidualnie za pośrednictwem sterowników elektronicznych firmy ELIWELL typu EWXP i EWDR. Instalacja charakteryzuje się małym zapotrzebowaniem na energię elektryczną, ponieważ jest ona wykonana według zaleceń najnowszych dyrektyw z zastosowaniem długoterminowego czynnika chłodniczego R 404A i nie przynosi większych problemów w użytkowaniu.

Podsumowując przegląd powyższych rozwiązań systemów chłodzenia w mleczarniach, można stwierdzić, że najlepszym czynnikiem w tak dużych obiektach

jest **amoniak**. Wyższość amoniaku nad innymi czynnikami chłodniczymi wynika głównie z jego dobrych własności termodynamicznych i ceny, co w przypadku tak dużego napełnienia instalacji odgrywało największą rolę. W latach 80 - tych i 90 - tych do wytwarzania wody lodowej stosowano schładzacz typu AOW z akumulacją „zimna” w lodzie nawarstwianym w godzinach nocnych przy minimalnym obciążeniu wody lodowej. Obecnie zakłady mleczarskie pracują przez 24 godziny na dobę przy podwyższonych mocach produkcyjnych. W takiej sytuacji akumulacja „zimna” w AOW jest niemożliwa, dlatego ówczesne układy chłodzenia wody lodowej nie zapewniały wymaganej wydajności chłodniczej. W dzisiejszych rozwiązaniach stosuje się zintegrowane schładzacz wody lodowej o dużych wydajnościach chłodniczych bez akumulacji „zimna” (np. Toska). Układ taki zwiększa bezpieczeństwo użytkownika oraz spełnia warunki przedstawione w normie PN – EN 378. Charakteryzuje się on dużo mniejszym napełnieniem instalacji amoniakiem w porównaniu z układami pompowymi, które stwarzały niebezpieczeństwo wybuchu, co w niektórych

przypadkach się potwierdziło. Do układu chłodzenia komór stosowano różne czynniki chłodnicze, zarówno amoniak jak i czynniki syntetyczne. Amoniakalne układy pompowe sterowane i regulowane były ręcznie za pomocą zaworów w rozdzielni amoniaku, co wymagało zatrudnienia przynajmniej jednego wykwalifikowanego maszynisty chłodniczego, który sprawował nadzór nad całą instalacją. W obecnie budowanych układach stosuje się automatykę chłodniczą powiązaną z dziedziną informatyki, gdzie nadzór nad całą instalacją sprawują odpowiednie czujniki, a wszystkie dane wyświetlane są na pulpitych sterowniczych i zapisywane w bazie danych. Wszelkie warunki chłodzenia odbiegające od normy są automatycznie alarmowane i wyświetlane na pulpicie. Widzimy więc, że technika w automatyce chłodniczej i w wytwarzaniu nowych urządzeń chłodniczych bardzo się rozwinęła w ostatnich latach. Współczesne urządzenia chłodnicze oparte są na nowoczesnych rozwiązaniach konstrukcyjnych, które zapewniają większą ich trwałość i mniejsze zużycie energii.

W następnym punkcie przyjrzymy się dokładniej, jaki system chłodzenia

istnieje w SM „Mlekoop” w Kolnie, gdyż właśnie ta mleczarnia zostanie poddana modernizacji instalacji chłodniczej.

cdn...

LITERATURA:

- [1] PN - EN 378 – 1: 2000.: *Instalacje ziębnicze i pompy ciepła – wymagania dotyczące bezpieczeństwa i ochrony środowiska*
- [2] Praca zbiorowa pod redakcją Z. Boncy.: *Nowe czynniki chłodnicze i nośniki ciepła*. Wyd. MASTA, Gdańsk 2004.
- [3] Florek R.: *Substytuty ziębnika R 22 – analiza własności termodynamicznych i użytkowych (cz. I)*. „Chłodnictwo i Klimatyzacja”, 2005, nr 8.
- [4] Florek R., Reszewski S.: *Substytuty ziębnika R 22 – analiza własności termodynamicznych i użytkowych (cz. II)*. „Chłodnictwo i Klimatyzacja”, 2005, nr 9.
- [5] Kalinowski K.: *Amoniakalne urządzenia chłodnicze*. Tom II, Wyd. MASTA, Gdańsk 2005.
- [6] Gliński M.: *Praca dyplomowa magisterska*. Wydział Mechaniczny, Politechnika Gdańska, 2006
- [7] Czapp M., Charun H.: *Bilans cieplny pomieszczeń chłodni*. Wyd. Uczelniane WSI, Koszalin 1995
- [8] Materiały i katalogi informacyjne firmy GEA „Grasso”.
- [9] Dokumentacja techniczno - ruchowa instalacji amoniakalnej w OSM „Mlekoop” Kolno 