

NOWOCZESNE ROZWIĄZANIA SYSTEMÓW CHŁODZENIA W MLECZARNI NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO OBIEKTU

Część 2

mgr inż. Michał GLIŃSKI
Katedra Techniki Ciepłej
Politechnika Gdańska

4. SPÓŁDZIELNIA MLECZARSKA „MLEKPOL” W KOLNIE

Obiekt ten został wybudowany w latach 60-tych ubiegłego wieku pod nazwą Z.P.M. „Kurpianka” w Kolnie. W roku 1994 przeszedł w ręce Spółdzielni Mleczarskiej „Mlekpól” z siedzibą w Grajewie. Wytwarzane są w nim głównie sery twarde (Podlaski, Emmantaler) i masło (Łaciate), a przy większym zapotrzebowaniu spółdzielni, zaopatruje ją w mleko (Milko) i śmietanę (Łaciata). Istniejąca w tym obiekcie amoniakalna instalacja chłodnicza zaprojektowana została na dwie temperatury parowania czynnika:

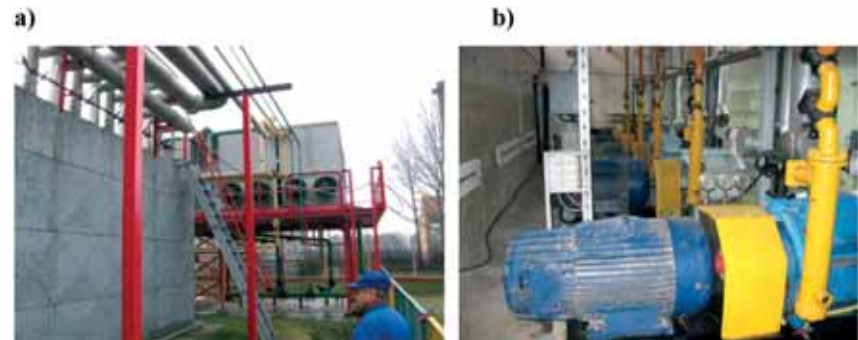
- a) obieg o temperaturze parowania $t_0 = -10^{\circ}\text{C}$ przeznaczony do zasilania:
- zasobnika wody lodowej AOW – 650,
 - magazynu masła,
 - magazynu mleka i śmietany.
- Zapotrzebowanie „zimna” w obiegu wody lodowej wynosi w szczycie ok. 930 kW, a w obiegu bezpośrednim dla komory ok. 104 kW;
- b) obieg o temperaturze parowania $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$ przeznaczony do zasilania:
- pakowni i ekspedycji sera,
 - dojrzewalni sera DS – 1,
 - dojrzewalni sera DS – 2,
 - dojrzewalni sera DS – 3.
- Zapotrzebowanie „zimna” w obiegu wynosi 170 kW, a maksymalnie 215 kW.

Obydwa obiegi chłodnicze są jedno-stopniowe z temperaturą skraplania $t_k = +35^{\circ}\text{C}$ w systemie pompowego zasilania parowników z 3 do 5 - krotnym nadmiarem pynu. W tym systemie wykorzystano parowniki z dolnym zasilaniem amoniaku. W maszynowni chłodniczej znajduje się 5 spręża-

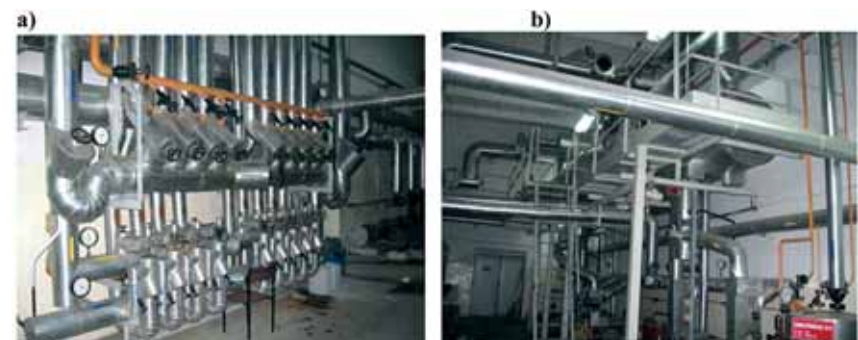
rek typu W92SA firmy WUCh Dębica o łącznej wydajności chłodniczej 900 kW (rys. 10b). Sprężają one pary czynnika i wtłaczają je do skraplaczy przez odolejacz OR-150, w którym następuje odseparowanie większych cząstek oleju od par amoniaku.

Stacja skraplania (rys. 10a) usytuowana jest na zewnątrz w odległości 11 m od maszynowni. W skład tej stacji wchodzi dwa skraplacze typu SND – 300 A/2 o łącznej wydajności cieplnej 1660 kW. Proces skraplania gorących par czynnika następuje poprzez chłodzenie skraplaczy wodą obiegową w lecie, a w zimie powietrzem,

oczywiście w zależności od poziomu ciśnienia skraplania. Pod skraplaczem ustawiony jest zbiornik pynu ZL-4 o pojemności 4,5 m³ oraz pompy wodnej obieguj doprowadzanej do skraplaczy i sprężarek. Za zbiornikiem cieczy amoniak zostaje zdławiony w zaworze pływakowym do temperatury parowania -10°C i trafia do poziomego oddzielacza cieczy POC - 6.3 w jednym obiegu, a w drugim do temperatury 0°C i trafia do POC-1,6 (rys. 11b). Poziome oddzielacze cieczy usytuowane są w aparatuwni, a pod nimi zostało zamontowanych 5 pomp typu 5NH-2, które odbierają amoniak z POC i prze-



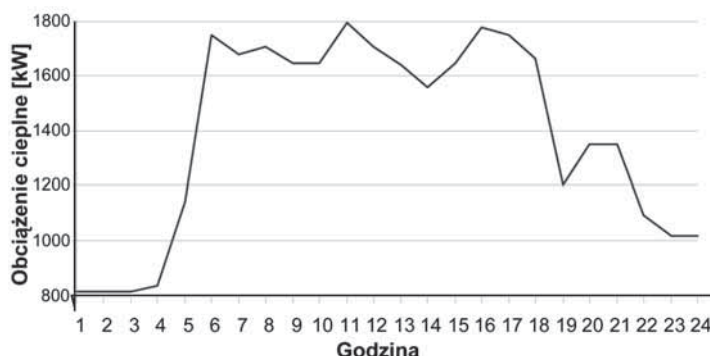
Rys. 10. Układ chłodniczy w OSM KOLNO [6]: a) stacja skraplania i zbiornik akumulacyjny AOW-650; b) maszynownia chłodnicza (sprężarki W92SA)



Rys. 11. Instalacja chłodnicza w OSM KOLNO [6]: a) rozdzielnia NH₃; b) aparatuwnia (POC-6,3)



Rys. 12. Sterownia chłodnicza w OSM Kolno [6]: a) szafki sterownicze, b) detektor amoniaku



Rys. 13. Zmiana obciążenia cieplnego wody lodowej w wymiennikach ciepła w cyklu dobowym [6]

tlaczają go do odbiorników „zimna”. Parowniki w dwóch obiegach można podzielić na dwie grupy:

- chłodnice lamelowe z dolnym zasilaniem parownika węzowniczego typu UOP firmy „Promarket” Wrocław i CLFm0 firmy „Mostostal” Wrocław;
- parownik rurowy w ochładzacz ciecchy z akumulacją zimna AOW - 650 (rys. 10a) o łącznej powierzchni wymiany ciepła $F = 650 \text{ m}^2$.

Nad wszystkimi urządzeniami i zabezpieczeniami oraz odpowiednimi temperaturami w komorach, kontrolę sprawuje odpowiednio wykwalifikowany maszynista chłodniczy, który zajmuje się także regulacją zaworów w rozdzielni (rys. 11a), w celu zapewnienia odpowiedniego rozdziału czynnika dostarczanego do parowników. Nad wyciekami amoniaku z instalacji kontrolę sprawuje system detekcji (rys. 12b) z czujnikami zamontowanymi we wszystkich komorach z bezpośrednim odparowaniem amoniaku oraz w maszynowni i aparatuwni chłodniczej. Detektor umieszczony jest razem ze skrzynkami sterowniczymi w sterowni (rys. 12a), gdzie przebywa maszynista sprawujący stałą kontrolę nad

całą instalacją.

Powyżej przedstawiono poszczególne elementy instalacji chłodniczej, a teraz należałoby sprawdzić, czy ten system chłodzenia jest wydajny przy obecnych mocach przerobowych zakładu. W tym celu należy opracować bilans sprężarkowy i parownikowy dla poszczególnych komór chłodniczych oraz dokonać analizy obciążenia cieplnego układu wody lodowej. Obciążenie cieplne komór zostało obliczone na podstawie zysków ciepła wg [7] i zestawione w tabeli 1 wraz z krótką charakterystyką każdej komory. Według danych zawartych w tej tabeli, należy zaprojektować układ chłodniczy, który zapewni uzyskanie wymaganego zapotrzebowania „zimna” i odpowiednich warunków klimatycznych w komorach.

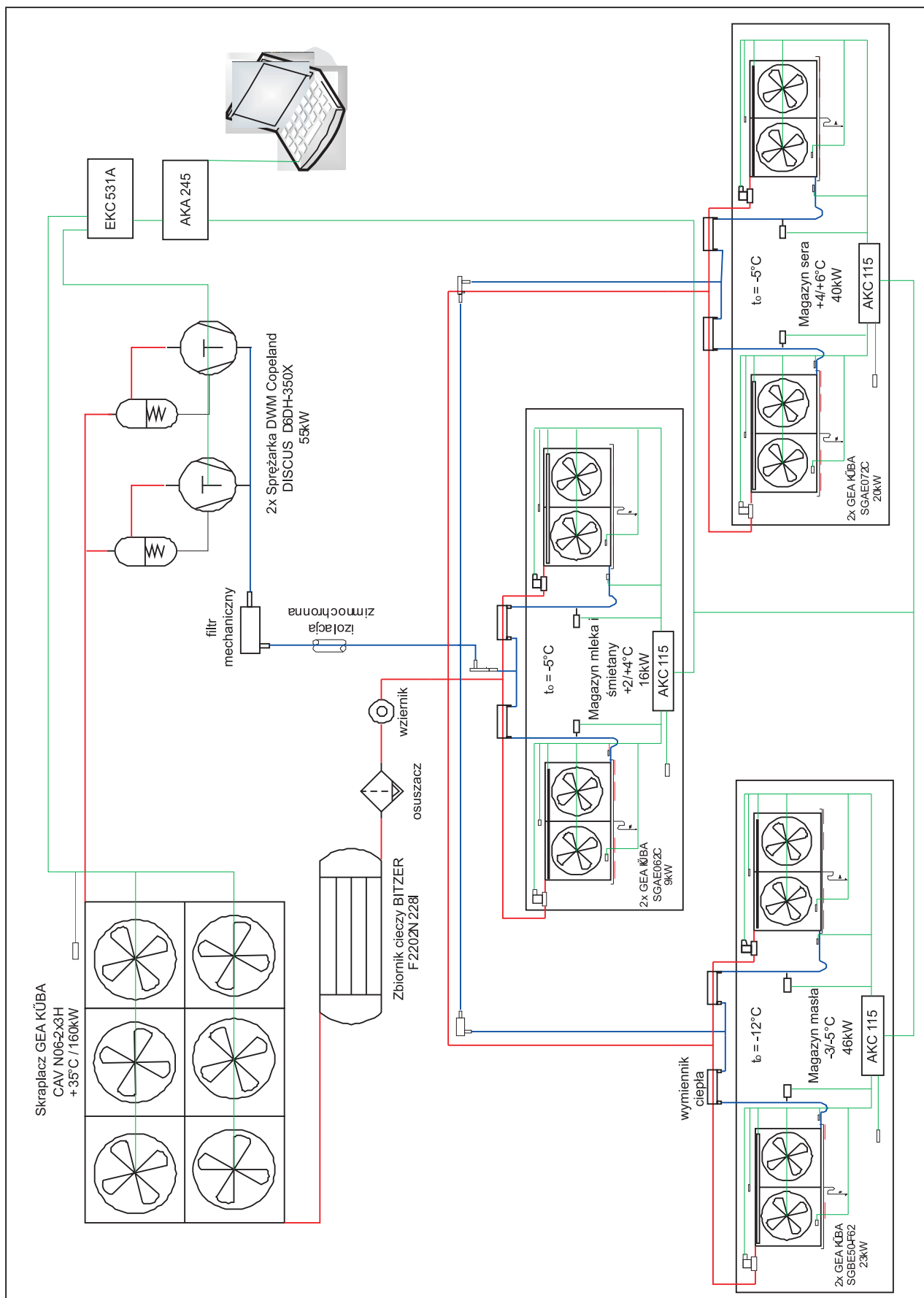
W cenie zapotrzebowania na chłód dla wody lodowej dokonano pomiaru temperatur i wielkości przepływu wody lodowej w wymiennikach ciepła w zależności od przepływu i wielkości schłodzenia artykułów płynnych z mleka, jak np. mleko, serwatka i śmietana w wymiennikach ciepła. Na podstawie obliczonych wydajności chłodniczych i mając podane czasy pracy poszczególnych wymienni-

ków, dokonano zestawienia obciążenia cieplnego wody lodowej w danej godzinie oraz wyznaczono przebieg obciążeń w cyklu dobowym (rys. 13). Z analizy tego obciążenia wynika, że maksymalna jego wartość w ciągu doby występuje około godziny 11⁰⁰ i wynosi ~1800 kW. Wartość ta znacznie odbiega od 930 kW założonej mocy chłodniczej. Wynika to z tego, że od roku 2000 wzrosła produkcja artykułów mleczarskich, a tym samym i obciążenie cieplne wymienników ciepła przeznaczonych do schładzania mleka. Powodem także było to, że praca zakładu odbywa się na trzy zmiany, w wyniku czego niemożliwa stała się pełna akumulacja „zimna” w oziębiaczu wody lodowej AOW-650.

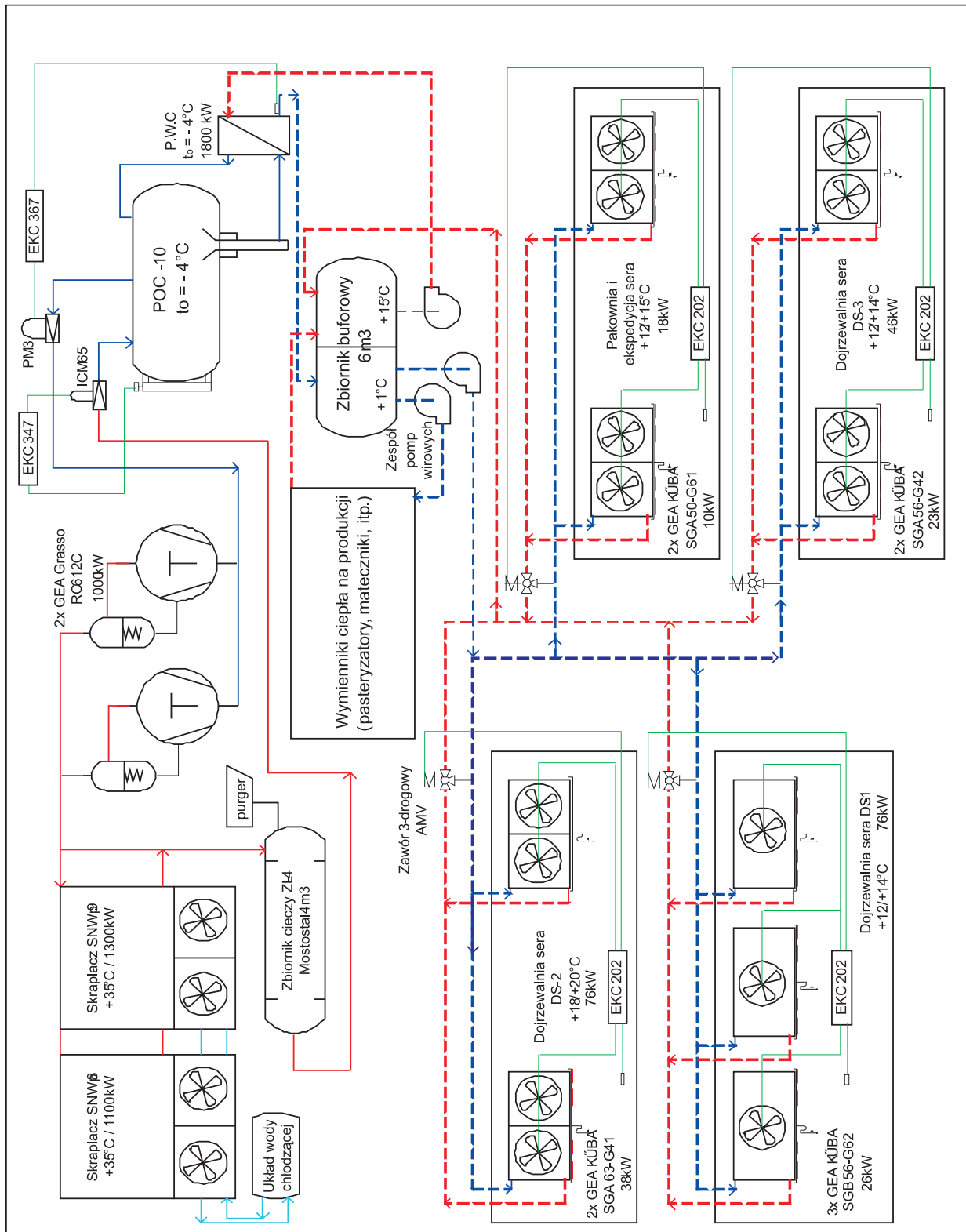
Po dokonaniu wyboru czynników chłodniczych, a są to **R 507** i **amoniak** oraz po analizie obciążeń cieplnych komór chłodniczych i układu wody lodowej, przystąpiono do opracowania projektu modernizacji instalacji chłodniczej w SM „Mlepol” w Kolnie.

5. PROPOZYCJA MODERNIZACJI INSTALACJI CHŁODNICZEJ

Modernizacja instalacji chłodniczej w obiekcie przemysłowym jest operacją bardzo kosztowną, dlatego należałoby wskazać główne przyczyny i cel modernizacji, aby zachęcić potencjalnego inwestora do podjęcia takiej inwestycji. Istniejący system chłodzenia w układzie pompowym sprawiał mało problemów podczas użytkowania obiektu, posiadał istotną zaletę ze względu na zastosowanie pomp, które zasilają parowniki na dużych odległościach. Jednak to też było jego wadą, ponieważ charakteryzował się dużym napełnieniem instalacji amoniakiem, co zwiększało między innymi poziom niebezpieczeństwa wybuchem (wg PN-EN 378 ilość amoniaku w istniejącej instalacji nie mieści się w dopuszczalnych granicach). Po wielu latach działania tego układu, pojawiły się problemy z utrzymaniem zakładanej wydajności chłodniczej, które są bardzo wyraźnie odczuwalne przy chłodzeniu wody lodowej oziębiaczem AOW-650. Wynika to głównie ze zwiększenia mocy produkcyjnych zakładu i wydłużenia czasu jego pracy. Istotną niedogodnością jest zwięks-



Rys. 14. Schemat instalacji chłodniczej R 507 komór średniotemperaturowych



Rys. 14. Schemat instalacji chłodniczej R 717 do wytworzenia wody lodowej i chłodzenia komór wysokotemperaturowych

szona awaryjność instalacji, ze względu na zastosowane w niej, a obecnie przestarzałe już urządzenia chłodnicze. Drugim problemem jest zaleganie szlamu pochodzenia mlecznego na dnie AOW. Warstwa ta jest na tyle

gruba, że pokrywa część parownika, powodując pogorszenie wymiany ciepła. Wobec powyższych wad pracy instalacji chłodniczej należałoby przeprowadzić dogłębną modernizację systemu chłodzenia.

Dlatego też podjęto dwa kroki w celu usprawnienia pracy zakładu i zwiększenia jego bezpieczeństwa, poprzez zaprojektowanie dwóch alternatywnych układów opartych na czynnikiem:

Tabela 1. Zestawienie zapotrzebowania „zimna” dla komór chłodniczych w SM „Mlepol” w Kolnie wg [11]

Lp.	Nazwa komory	Dane dotyczące komory			Zapotrzebowanie „zimna” [kW]	
		Powierzchnia	Kubatura	Temperatura	t _o = -10°C	t _o = 0°C
		[m ²]	[m ³]	[°C]		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
1	Magazyn Sera	250	1100	+4/+6	40	-
2	Magazyn Masła	140	500	-3/-5	46	-
3	Magazyn Mleka i Śmietany	70	250	+2/+4	18	-
4	Pakowania i Ekspedycja Sera	240	1000	+12/+15	-	18
5	Dojrzewalnia Sera DS - 1	680	3800	+12/+14	-	76
6	Dojrzewalnia Sera DS - 2	410	2300	+18/+20	-	76
7	Dojrzewalnia Sera DS - 3	630	3400	+12/+14	-	46
RAZEM					104	216

Tabela 2. Porównanie efektywności energetycznej zaprojektowanych systemów chłodzenia

Układ chłodniczy	Numer instalacji	Pobór mocy P _e [kW]			Σ P _e [kW]	Q _o [kW]	ε _o [-]
		Sprężarki	Wentylatory	Pompy			
R 507	R 507 - 1	64	23	-	690,4	2120	3,08
	R 507 - 2	43	11,4	-			
	R 507 - 3	450	60	39			
R 717	NH 3 - 1	390	82	39,75	559,6	2120	3,79
	NH 3 - 2	30	16	1,85			

Tabela 3. Porównanie kosztów wykonania instalacji chłodniczych

Czynnik chłodniczy	Koszt urządzeń chłodniczych	Koszt izolacji	Koszt wykonania instalacji	Koszt czynnika	Całkowity koszt
R 507	1 504 838 zł	15 000 zł	100 000 zł	200 000 zł	1 819 838 zł
R 717	1 494 299 zł	30 000 zł	110 000 zł	3 800 zł	1 638 099 zł

Tabela 4. Kryteria wyboru układu chłodniczego, gdzie: 1 ÷ 5 skala oceny, 1 – ocena negatywna, 5 – ocena pozytywna

Lp.	Kryteria wyboru	NH ₃	R 507
1	Współczynnik efektywności energetycznej - ε _o	5	3
2	Stopień napełnienia czynnikiem chłodniczym	4	3
3	Bezpieczeństwo użytkowania	2	4
4	Wpływ na środowisko	4	2
5	Awaryjność układu	2	3
6	Regulacja i kontrola układu chłodzenia	3	4
7	Stabilizacja parametrów pracy	3	4
8	Energooszczędność	5	2
9	Koszty eksploatacyjne	4	3
10	Koszty inwestycyjne	4	3
RAZEM		34	30

- **R 507** – bezpośredni system chłodzenia komór i wytwarzania wody lodowej,
 - **R 717** – pośredni system chłodzenia komór i wytwarzania wody lodowej.
- Celem zaprojektowania dwóch alternatywnych systemów dla wytypowanych czynników chłodniczych jest wykazanie, który układ będzie najbardziej ekonomiczny i efektywny w eksploatacji. Na podstawie oceny techniczno – ekonomicznej inwestor

będzie miał ułatwione zadanie, związane z wyborem jednego z nich. Ze względu na ograniczoną objętość artykułu, w dalszej jego części przedstawiono tylko dwa układy, z uwagi na ich techniczną i ekonomiczną zasadność, a są to:

- R 507 – bezpośrednie chłodzenie komór średniotemperaturowych (rys. 14),
- R 717 – wytwarzanie wody lodowej dla produkcji i dla chłodzenia

komór wysoko-temperaturowych w systemie pośrednim (rys. 15).

5.1. Projekt układu chłodzenia z czynnikiem R 507 (rys. 14)

Instalacja w systemie bezpośrednim obsługuje komory średniotemperaturowe, czyli Magazyn Sera, Magazyn Mleka i Śmietany oraz Magazyn Masła o łącznym obciążeniu cieplnym 104 kW. W tym układzie zastosowano dwa agregaty sprężarkowe typu **D6DH-**

350X DISCUS firmy Copeland o wydajności chłodniczej 55 kW, pracujące w obiegu chłodniczym o temperaturze parowania -12 °C i temperaturze skraplania +35 °C. Oba agregaty posiadają regulację wydajności przez podwieszanie płytek zaworowych w zakresie 33 i 66 % wydajności nominalnej. Układ odolejania oparty jest na podzespołach firmy Henry ze zbiornikiem oleju o pojemności 7 l. Do skraplania czynnika R 507 służy skraplacz lamelowy typu powietrznego **CAV N06 – 2x3 H** firmy GEA KÜBA o mocy 160 kW. Utrzymywanie stałego ciśnienia skraplania jest zapewnione poprzez sterownik EKC 531A, który steruje prędkością obrotową wentylatorów. Skroplony czynnik spływa do zbiornika cieczy firmy Bitzer typu F2202N o pojemności 220 litrów. Układ chłodzenia komór średiotemperaturowych wyposażony jest w system sterowania i kontroli typu **ADAP-KOOL®**. W **magazynie sera** należy utrzymywać temperaturę +2 do +4°C przy maksymalnym obciążeniu cieplnym wynoszącym 40 kW. Dla zapewnienia wymaganych warunków klimatycznych w tej komorze, zastosowano dwie chłodnice lamelowe firmy GEA KÜBA typu **SGAE 072C** o wydajności chłodniczej 20 kW i temperaturze parowania -5°C. Zasilanie parowników w odpowiednią ilość czynnika chłodniczego zapewnione jest przez elektroniczny zawór rozprężny typu **AKV 15-1**, który „wtryskuje” odpowiednią porcję czynnika w zależności od chwilowego obciążenia cieplnego komory. Sterowanie stopniem otwarcia tego zaworu zajmuje się sterownik AKC 115, który odczytuje parametry pracy parownika za pomocą czujników temperatury Pt 1000Ω i ciśnienia AKS 32R. Sygnały te są odpowiednio przetwarzane i zamieniane na sygnał sterujący zaworem modulatoryjnym AKV 15-1. Sterownik AKC 115 pracuje z dwiema chłodnicami i zapewnia również sterowanie pracą ich wentylatorów oraz elektryczne odszranianie parowników. W **magazynie mleka i śmietany** zastosowano identyczny system chłodzenia, wykorzystując dwie chłodnice o mocy 9 kW firmy GEA KÜBA typu **SGAE 062C** z temperaturą parowania -5°C. Sterownik AKC 115 steruje

modulatoryjnym zaworem rozprężnym AKV 10-1. W **magazynie masła** wymagane są warunki temperaturowe pomiędzy -3 a -5°C, stąd też temperaturę parowania należałoby utrzymywać na poziomie -12°C. W tym układzie chłodzenia występują różne poziomy ciśnienia parowania czynnika, dlatego też zastosowano regulatory typu KVP i zawory zwrotne na rurociągach w odpowiedniej konfiguracji, aby zapewnić utrzymanie prawidłowych ciśnień parowania w każdej komorze. W **magazynie masła** maksymalne obciążenie cieplne wynosi 46 kW. Aby zapewnić wymagane chłodzenie zastosowano dwa parowniki o mocy 23 kW typu **SGBE 50-F62**. Przy takiej wydajności chłodniczej odpowiednim modulatoryjnym zaworem rozprężnym będzie zawór AKV 15-1 sterowany przez sterownik AKC 115. W przypadku awarii jednej z chłodnic można ją łatwo odciąć z układu chłodniczego za pomocą zaworów kulowych GBC. Wszystkie rurociągi ssawne należy zabezpieczyć otuliną zimnochronną „Thermafex”. Przed kolektorem ssawnym sprężarek zastosowano filtr blokowy DCR 04813s z wkładem mechanicznym 48 – F w celu ich zabezpieczenia przed zanieczyszczeniami stałymi, a za skraplaczem przewidziano montaż filtra - odwadniacza oraz wskaźnika zawilgocenia czynnika chłodniczego.

Przedstawiony powyżej system chłodzenia komór wysokotemperaturowych jest monitorowany i sterowany dodatkowymi modułami systemu **ADAP – KOOL®**. Moduł nadrzędny **AKA 245** zbiera wszystkie parametry ze sterowników serii AKC i EKC 531A, przetwarza je i wysyła do jednostki centralnej komputera z oprogramowaniem AKM. System taki pozwala na wgląd do danych informujących użytkownika lub odbiorcę towaru, w jakich warunkach klimatycznych przechowywane były produkty mleczarskie (system kontroli jakości HACCP).

5.2. Projekt amoniakalnego systemu chłodzenia (rys. 15)

Amoniakalna instalacja chłodnicza schładza wodę lodową wykorzystywaną w procesach mleczarskich, dla której maksymalne ob-

ciążenie cieplne w szczycie wynosi 1800 kW. Ta sama woda lodowa będzie wykorzystywana w pośrednim systemie chłodzenia komór wysokotemperaturowych o obciążeniu cieplnym 200 kW. Do sprężania par amoniaku użyto dwóch sprężarek typu **RC 612E** firmy Grasso o wydajności chłodniczej 1000 kW, przy czym jedna z nich jest rezerwowa i pracuje tylko przy maksymalnym obciążeniu chłodniczym. Agregaty te pracują w obiegu o temperaturze parowania -4°C i temperaturze skraplania +35°C. Sprężarki posiadają pełną automatykę zabezpieczającą oraz system chłodzenia oleju PAO. Praca agregatu **RC 612E** kontrolowana jest przy pomocy sterownika SIEMENS PLC, który odczytuje parametry pracy i dostosowuje jego wydajność do aktualnego obciążenia lub wyłącza jeden z agregatów przy minimalnych wydajnościach. Regulacja wydajności w tych sprężarkach następuje poprzez zmianę prędkości obrotowej silnika napędowego. W układzie zastosowano dwa skraplacze natryskowo – wyparne typu **SNWp 9** i **SNWp 8** firmy „Mostostal” Wrocław o mocy cieplnej 2 400 kW przy temperaturze skraplania +35°C. Do zasilania skraplaczy w wodę chłodzącą wykorzystano już istniejący system wodociągowy. Pod stacją skraplania znajduje się zbiornik cieczy typu **ZL – 4** również firmy „Mostostal” wraz z całym osprzętem i automatyką zabezpieczającą. Aby zapobiec negatywnemu oddziaływaniu gazów nieskrapających się na pracę instalacji chłodniczej, na zbiorniku cieczy zainstalowano układ automatycznego odpowietrzania typu PURGER firmy GEA Grasso. Do zasilania parownika wytwarzającego wodę lodową zastosowano poziomy oddzielnik cieczy typu **POC – 10** firmy „Mostostal” wraz z pełną automatyką zabezpieczającą. Na wejściu do oddzielnika znajduje się motorowy zawór rozprężny typu **ICM 65** z napędem ICAD 900, którego działanie regulowane jest za pomocą sterownika EKC 347. Zadaniem tego typu zaworów jest dławienie oraz wtryskiwanie odpowiedniej porcji czynnika chłodniczego do oddzielnika cieczy, w zależności od poziomu czynnika w oddzielniku, który monitorowany jest za pomocą sondy pojemnościowej AKS 48. Aby uprościć konstrukcję, zastoso-

wano system grawitacyjny z dolnym zasilaniem parownika, którym jest płytowy wymiennik ciepła firmy Alfa Laval. Parownik ten o wydajności chłodniczej 2000 kW pracuje w temperaturze parowania amoniaku -4°C schładzając wodę lodową z poziomu temperatury $+12^{\circ}\text{C}$ do $+1^{\circ}\text{C}$. Na rurociągu ssawnym za oddzielaczem POC zastosowano zawór główny serwo sterowany PM3-125 w celu otrzymania wody lodowej o temperaturze $+1^{\circ}\text{C}$ na wyjściu z wymiennika płytowego. Zawór PM 3 jest sterowany przy użyciu trzech pilotów i tak **CVP (LP)** utrzymuje ciśnienie parowania na odpowiednim poziomie, **CVQ** jest zaworem pilotowym elektronicznym sterowanym za pomocą sterownika typu EKC 366, który mierzy temperaturę wody lodowej na wylocie z parownika bezpośrednio regulując ciśnienie parowania amoniaku w zależności od obciążenia cieplnego parownika oraz zawór cewkowy **EVM – NC**. Przy normalnej pracy instalacji chłodniczej, zawór PM 3 reguluje ilości zasysanych par z oddzielacza do sprężarek. Instalacja amoniakalna wyposażona jest w zawory i filtry przed urządzeniami chłodniczymi, jej rurociągi ssawne i POC posiadają otulinę zimnochronną.

Za pomocą płytowego wymiennika ciepła, następuje chłodzenie wody lodowej po jednej stronie, w wyniku odparowania amoniaku po drugiej stronie przepony. Instalacja wodna składa się z obiegu wtórnego i dwóch obiegów pierwotnych, współpracujących ze zbiornikiem buforowym o pojemności 6 m^3 typu ZB – 6W firmy WUCH Dębica. Obieg wtórny jest instalacją tłoczącą wodę ze zbiornika buforowego do płytowego wymiennika ciepła, w celu jej schłodzenia, a obieg pierwotny zasilą w wodę lodową odbiorniki ciepła na produkcji i w komorach. W obiegu wtórnym pracują 3 pompy typu NK 125 – 250 firmy Grundfos o łącznej wydajności $750\text{ m}^3/\text{h}$. W obiegu pierwotnym na produkcję pracują pompy z istniejącej instalacji, natomiast w drugim obiegu pierwotnym do pośredniego systemu chłodzenia komór wysokotemperaturowych zastosowano 1 pompę typu NK 50 – 125 również firmy Grundfos o wydajności $30\text{ m}^3/\text{h}$ z dodatkową pompą rezerwową. Chłodzenie w komorach

realizowane jest za pomocą chłodnic firmy GEA KÜBA sterowanych przy pomocy sterownika typu EKC 202 firmy Danfoss, który mierzy temperaturę w komorze za pomocą czujnika Pt 1000 Ω i w zależności od jej wartości steruje zaworem trójdrożnym oraz wentylatorami chłodnicy. Zawór trójdrożny typu VF 3 jest regulowany za pomocą siłownika AMV (E) 35, który w zależności od sygnału ze sterownika zamyka lub otwiera przepływ wody lodowej do chłodnic. W dojrzewalni sera DS – 1 o maksymalnym obciążeniu cieplnym 76 kW, zamontowane zostały 3 chłodnice typu SGB 56-G82 firmy GEA KÜBA o wydajności chłodniczej 26 kW każda. W dojrzewalni sera DS – 2 o obciążeniu 76 kW przewidziano 2 chłodnice typu SGB 56-G62 o wydajności 39 kW. Natomiast w dojrzewalni sera DS – 3 o obciążeniu cieplnym 46 kW zastosowano 2 chłodnice typu SGA 56-G42 o wydajności 23 kW. Dla pakowni i ekspedycji sera użyto dwóch chłodnic typu SGA 50 – G61 o wydajności 10 kW. Ze względu na dużą odległość pomiędzy maszynownią a odbiornikami wody lodowej, założono spadek temperatury wody lodowej $\Delta t = 4\text{ K}$. Sterowanie pośrednim systemem chłodzenia komór oraz układem amoniakalnym przeznaczonym do chłodzenia wody lodowej odbywać się będzie za pomocą oprogramowania AKM firmy Danfoss.

6. OCENA TECHNICZNO - EKONOMICZNA PROPONOWANYCH SYSTEMÓW CHŁODZENIA

Po zaprojektowaniu instalacji chłodniczych, ostatnim, a zarazem najważniejszym elementem tych rozważań jest porównanie ogólnych warunków pracy obydwu układów oraz dokonanie ich oceny techniczno – ekonomicznej. Na początku wyznaczono współczynnik efektywności energetycznej układu chłodzenia z czynnikiem R 507 i układu R 717. Wyniki obliczeń oraz zestawienie poboru mocy napędowych i wydajności chłodniczych przedstawione zostały w tabeli 2.

Biorąc pod uwagę efektywność pracy obydwu systemów chłodzenia, można stwierdzić, że najkorzystniejszym układem jest instalacja oparta na

amoniaku z pośrednim systemem chłodzenia komór, ponieważ jego współczynnik ϵ_p jest o 23 % większy niż dla systemu R 507.

Kolejnym kryterium określającym bezpieczeństwo, a zarazem koszty inwestycyjne jest stopień napełnienia instalacji czynnikiem chłodniczym. Wyliczono, że do napełnienia dwóch układów amoniakalnych potrzeba 2735 kg amoniaku, a do napełnienia trzech układów na R 507 aż 4470 kg tego czynnika, czyli prawie dwa razy więcej. Ilość czynnika w instalacji świadczy także o koszcie inwestycyjnym, co w przypadku czynnika syntetycznego jest argumentem bardzo nieekonomicznym, ponieważ jego cena za kg wynosi ok. 45 zł. Cena amoniaku jest nieporównywalna, bowiem kilogram tego czynnika kosztuje tylko 1,40 zł. Oceniając oba rozwiązania, można dojść do wniosku, że instalacja oparta na amoniaku będzie charakteryzowała się zdecydowanie mniejszym napełnieniem, co przy niskiej cenie tego czynnika stanowi istotną jej zaletę.

W realizacji i użytkowaniu obu układów należy wyróżnić koszty **inwestycyjne** i koszty **eksploatacyjne**, które w okresie wieloletniej pracy mogą przewyższyć koszty zakupu urządzenia chłodniczego. Pierwszym ważnym aspektem w kosztach eksploatacyjnych jest pobór energii elektrycznej do realizacji pracy obiegu. Według tabeli 2, układ chłodniczy z czynnikiem R 507 charakteryzuje się większym zużyciem energii elektrycznej, niż w przypadku amoniaku. W ciągu doby układ R 507 zużywa 6.000 kWh, a układ amoniakalny 5.000 kWh. Jest to istotna różnica w zużyciu energii elektrycznej, która w przypadku układu chłodniczego z amoniakiem prowadzi do dużych oszczędności w ciągu roku.

Do kosztów eksploatacyjnych należy również zaliczyć niekontrolowane i kontrolowane wycieki czynnika chłodniczego. Pomijając zagrożenia wynikające z wycieku amoniaku, należy stwierdzić, że jest to czynnik, który posiada korzystne cechy użytkowe w porównaniu do czynników z grupy HFC, a jego koszt podczas eksploatacji urządzenia chłodniczego jest zdecydowanie mniejszy. Dlatego wycieki

amoniaku z instalacji będą finansowo mniej odczuwalne od R 507, którego jest zdecydowanie więcej w instalacji.

Po dokonaniu wyceny urządzeń i automatyki chłodniczej w obu układach można stwierdzić, że system chłodzenia oparty na amoniaku będzie kosztował mniej niż układ pracujący z czynnikiem R 507. Głównym czynnikiem, który przemawia za amoniakiem jest jego dużo niższa cena od czynnika syntetycznego. Wszystkie koszty związane z wykonaniem danej instalacji chłodniczej zestawiono w tabeli 3.

W świetle tych danych najkorzystniejszym rozwiązaniem okazuje się amoniakalny układ chłodzenia wody lodowej z pośrednim systemem chłodzenia komór. Na końcową ocenę złożyło się wiele czynników, które są zawarte w tabeli 4.

PODSUMOWANIE

- Amoniak jest czynnikiem naturalnym, który nie wpływa negatywnie na globalne ocieplenie klimatu oraz niszczenie warstwy ozonowej, dlatego w przeciwieństwie do czynników syntetycznych, w długim horyzoncie czasowym nie będzie on substancją kontrolowaną.
- Ze względu na wysoki współczynnik efektywności energetycznej, układ amoniakalny wymaga doprowadzenia znacznie mniej energii elektrycznej do napędu urządzeń chłodniczych.
- Układ pośredni posiada pewną bezwładność, która zależy od odległości pomiędzy układem chłodzenia a odbiornikiem „chłodu”, w związku z tym jego reakcja na zmiany obciążenia cieplnego jest opóźniona. Bufor cieplny chłodziwa powoduje mniejsze oscylacje temperatury w chłodnicach powietrza przy nagłych zmianach obciążenia cieplnego.
- Ważne jest, aby instalacje z amoniakiem o dużym napełnieniu znajdowały się w wydzielonej maszynowni, odpowiednio wentylowanej oraz zabezpieczonej systemami detekcji tego czynnika. Wycieki amoniaku są bardziej groźne od wycieków czynników syntetycznych.

- W przypadku układu chłodzenia wody lodowej wykorzystywanej do przetwórstwa mleczarskiego, należy zwiększyć wydajność chłodniczą sprężarek amoniakalnych o obciążenie cieplne w komorach. Wówczas można wykorzystać wodę lodową, jako czynnik pośredni w chłodzeniu tych komór. Zazwyczaj obciążenie cieplne komór jest kilkuprocentową częścią obciążenia wody lodowej w produkcji, zatem nie podniesie ono znacznie całkowitego zużycia energii systemu.
- Ekonomiczność systemu chłodniczego w OSM „Mlepol” w Kolnie można zwiększyć poprzez realizację obiegu bezpośredniego chłodzenia w komorach średnitemperaturowych z czynnikiem R 507. Takie rozwiązanie byłoby bardziej efektywne od glikolowego układu chłodzenia z pompowaniem tego chłodziwa do komór.

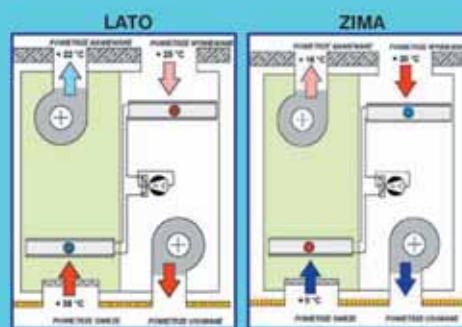
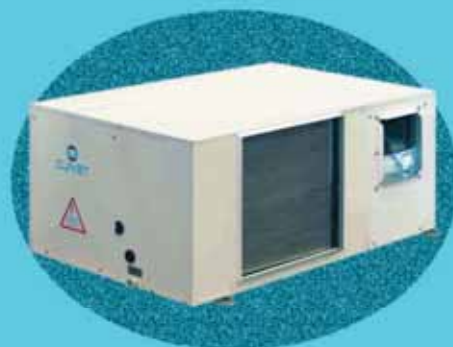
LITERATURA

- [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 „Mlepol” Kolno
- [10] Gliński M.: *Nowoczesne rozwiązania systemów chłodzenia w mleczarni na przykładzie wybranego obiektu*. Część 1, „TCHK” 2007, nr 11

NOWOŚĆ!!!

URZĄDZENIE WENTYLACYJNE Z POMPĄ CIEPŁA

Wydajność chłodnicza:
1,5 kW + 80 kW
Strumień objętościowy powietrza:
300 + 16 000 m³/h



Zalety urządzeń z serii CPAN i CPAN-U:

- pełna funkcjonalność: chłodzenie w okresie letnim i grzanie w okresie zimowym, wysoka efektywność energetyczna układu chłodniczego: EER=4,42 COP=6,6
- układ z bezpośrednim odparowaniem czynnika chłodniczego; brak strat energii związanej z zastosowaniem wody jako cieczy pośredniczącej
- niższe temperatury powietrza nawiewanego latem i wyższe zimą w odniesieniu do tradycyjnych wymienników odzysku ciepła
- małe kompaktowe wymiary urządzeń pozwalają na montaż w pomieszczeniach o niedużych wymiarach zapewniając wentylację pomieszczenia dodatkowo połączoną z obróbką powietrza
- ekologiczny czynnik chłodniczy R410A
- brak konieczności wykonywania rozległych wykopów w gruncie charakteryzujących pompy ciepła z dolnym źródłem ciepła; typu grunt - powietrze
- koszt zakupu porównywalny do central klimatyzacyjnych z płytowo-krzyżowym wymiennikiem ciepła

W opcji:

- pełna obróbka ciepło-wilgotnościowa powietrza świeżego (dodatkowe grzanie - nagrzewnica wodna lub elektryczna, dodatkowe ochłodzenie - z innego źródła, nawilżanie - nawilżacz parowy, dodatkowe filtry)

Wyłączny dystrybutor urządzeń CLIVET w Polsce: KLIWEKO BTH

KLIWEKO

30-381 Kraków, ul. Krymska 4b
(012) 262-44-56 e-mail: biuro@kliweko.com.pl