

Bronisław Kłos
WSP w Bydgoszczy

**METODA WYZNACZANIA
PODSTAWOWYCH PARAMETRÓW
AGREGATÓW CHŁODNICZYCH
W SCHŁADZALNIKACH MLEKA**

1. Wstęp

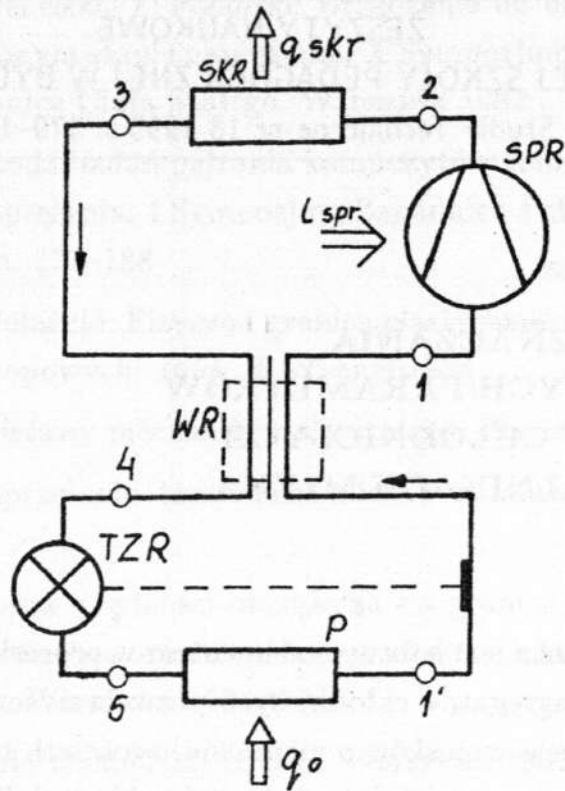
Chłodzenie mleka jest istotnym elementem w procesie jego obróbki. Poznanie i ocena pracy agregatów chłodniczych pozwala na lepsze ich wykorzystanie oraz na wyciągnięcie wniosków o nieprawidłowościach pracy tych urządzeń.

W dostępnych nam metodykach badań schładzalników mleka nie podaje się metod wyznaczania podstawowych parametrów agregatów chłodniczych. Próbę wypełnienia tej luki podjęto w niniejszym artykule.

**2. Obliczenia cieplne parowego obiegu chłodniczego
z regeneracją ciepła**

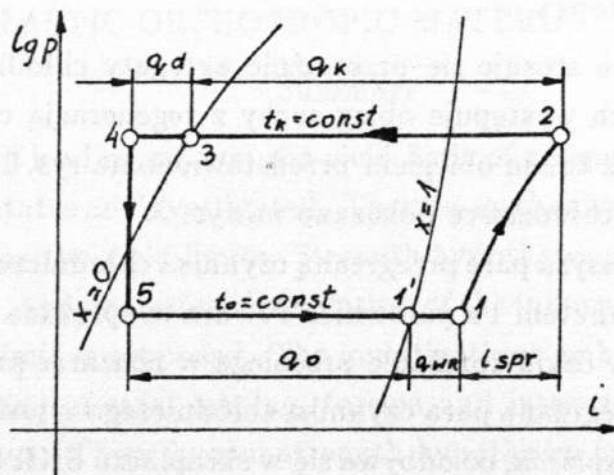
Obecnie w Polsce stosuje się przeważnie agregaty chłodnicze typu sprężarkowego, w których występuje obieg suchy z regeneracją ciepłą. Schemat chłodziarki parowej z takim obiegiem przedstawiono na rys. 1. Wykres obiegu teoretycznego w tej chłodziarce pokazano na rys. 2.

Sprężarka SPR zasysa parę przegrzaną czynnika chłodniczego przy parametrach określonych punktem 1 z parownika P. Para ta sprężana jest izentropowo do ciśnienia p_k , przy czym sprężanie przebiega w obszarze przegrzania (przemiana 1–2). Tak przegrzana para czynnika chłodniczego umożliwia oddanie do otoczenia ciepła skraplania, co odbywa się w skraplaczu SKR (przemiana 2–3). Następnie ciekły czynnik chłodniczy odpływający ze skraplacza dochładzany jest w przeciwprądowym wymienniku regeneracyjnym WR (przemiana 3–4) za pomocą zimnej pary odpływającej z parownika.



Rys. 1. Ideowy schemat chłodziarki z regeneracją ciepła w obiegu.

SPR – sprężarka, SKR – skraplacz, TZR – termostacyjny zawór rozprężny,
P – parownik, WR – wymiennik regeneracyjny



Rys. 2. Teoretyczny obieg chłodniczy z regeneracją ciepła

Na odcinku (4-5) następuje izentalpowy proces dławienia w termostatycznym zaworze rozprężnym TZR. Po zdławieniu czynnik chłodniczy jest wprowadzany do parownika, gdzie ulega rozprężeniu. W parowniku czynnik ten odparowuje pobierając ciepło q_0 (przemiana 5-1'). Powstająca para czynnika chłodzącego jest sukcesywnie odsysana z parownika przez sprężarkę, co przyczynia się do utrzymania stałego ciśnienia parowania.

Podstawowymi wielkościami wyjściowymi do obliczeń cieplnych obiegu chłodniczego są:

moc chłodnicza obiegu \dot{Q}_0 , temperatura skraplania t_k , temperatura parowania t_0 , temperatura przed zaworem rozprężnym (temperatura dochładzania) t_d , ciśnienie parowania p_0 , ciśnienie skraplania p_k .

Po ustaleniu danych wyjściowych można przystąpić do obliczeń cieplnych obiegu. Na podstawie wykresu (rys. 2) oblicza się:

– właściwą wydajność chłodniczą q_0

$$(1) \quad q_0 = i_{1'} - i_5 \quad \text{kJ/kg}$$

– właściwą pracę sprężania l_{spr}

$$(2) \quad l_{\text{spr}} = i_2 - i_1 \quad \text{kJ/kg}$$

– właściwe obciążenie cieplne skraplacza q_k

$$(3) \quad q_k = i_2 - i_3 \quad \text{kJ/kg}$$

– właściwe obciążenie cieplne dochładzacza q_d

$$(4) \quad q_d = i_3 - i_4 \quad \text{kJ/kg}$$

– teoretyczny współczynnik wydajności chłodniczej ε_t

$$(5) \quad \varepsilon_t = \frac{q_0}{l_{\text{spr}}} = \frac{i_{1'} - i_5}{i_2 - i_1}$$

– strumień masy czynnika chłodniczego w obiegu \dot{m}

$$(6) \quad \dot{m} = \frac{\dot{Q}_0}{q_0} = \frac{\dot{Q}_{\text{uż}}}{q_0} \quad \text{kg/s}$$

– teoretyczne zapotrzebowanie mocy N_t

$$(7) \quad N_t = \dot{m} \cdot l_{\text{spr}} = \dot{m}(i_2 - i_1) \quad \text{kW}$$

– moc cieplną odprowadzaną w skraplaczu \dot{Q}_k

$$(8) \quad \dot{Q}_k = \dot{m} \cdot q_k = \dot{m}(i_2 - i_{3'}) \quad \text{kW}$$

– moc cieplną oddaną w dochładzaczu \dot{Q}_d

$$(9) \quad \dot{Q}_d = \dot{m} \cdot q_d = \dot{m}(i_3 - i_4) \quad \text{kW}$$

gdzie: i_1, \dots, i_5 – wartości entalpii czynnika chłodniczego w charakterystycznych punktach obiegu chłodniczego (rys. 2).

Wartość entalpii pary przegrzanej na odcinku 1–1' można obliczyć z bilansu cieplnego wymiennika regeneracyjnego:

$$(10) \quad \dot{Q}_{WR} = \dot{m} \cdot [(i_1 - i_{1'}) + q_s] = \dot{m}(i_3 - i_4)$$

Dzieląc wyrażenie (10) przez strumień masy czynnika \dot{m} otrzymamy:

$$q_{WR} = \frac{\dot{Q}_{WR}}{\dot{m}} = i_1 - i_{1'} + q_s = i_3 - i_4,$$

a stąd

$$(11) \quad i_1 = i_{1'} - q_s + i_3 - i_4$$

gdzie:

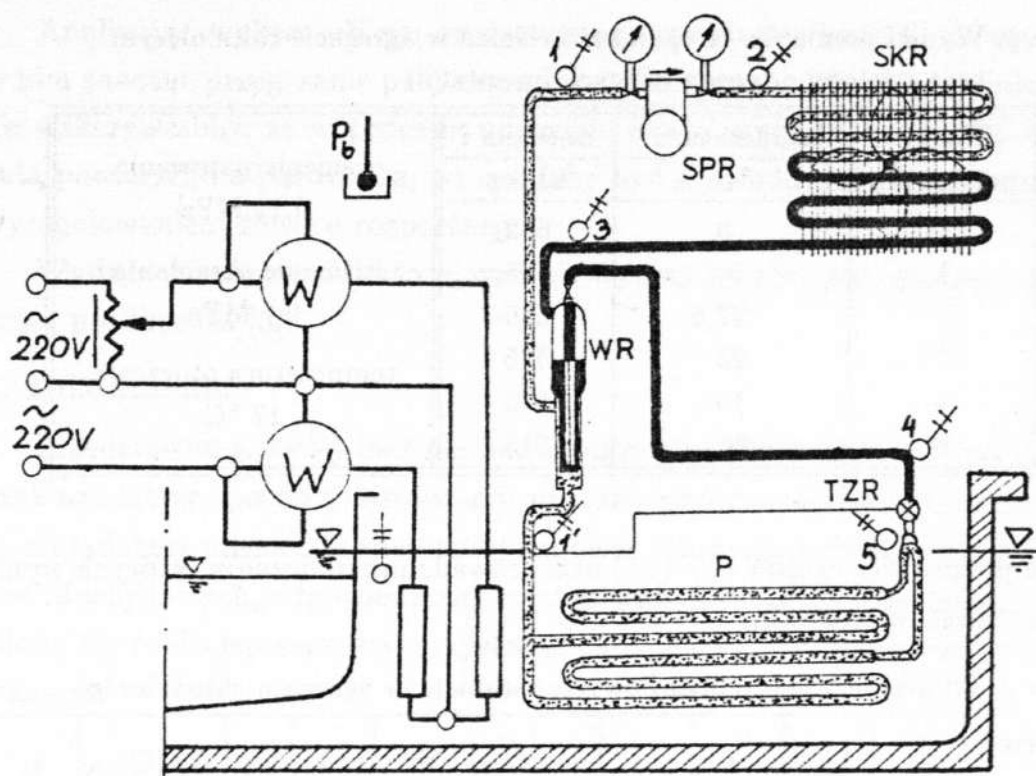
q_{WR} – właściwe obciążenie cieplne wymiennika regeneracyjnego,
 q_s – straty cieplne w wymienniku.

3. Opis badań

Badania agregatu chłodniczego SAF 23B 12 B, zainstalowanego na schładzalniku mleka SM 1200, zostały przeprowadzone przez autora w Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Mechanizacji Rolnictwa w Poznaniu. Na agregacie tym zamontowano przyrządy do pomiaru temperatury i ciśnienia oraz przyrządy służące do pośredniego wyznaczania wydajności chłodniczej $\dot{Q}_{u\dot{z}}$ [1].

Do pomiaru temperatury zastosowano termometry termoelektryczne. Czujniki tych termometrów przylutowano do powierzchni rur w wybranych punktach agregatu chłodniczego. Rozmieszczenie punktów pomiarowych pokazano na rys. 3.

Do pomiaru ciśnienia wykorzystano manometry sprężynowo-rurkowe połączone do zaworów kątowych, zainstalowanych po stronie ssawnej i tłocznej sprężarki.



Rys. 3. Schemat stanowiska do badania agregatu chłodniczego

1', 1, 2, 3, 4, 5 – punkty pomiarowe

Użyteczną wydajność chłodniczą wyznaczono za pomocą metody niszczenia skutku chłodniczego [4], używając dwóch grzałek elektrycznych o łącznej mocy 3,2 kW oraz dwóch watomierzy ferrodynamicznych klasy 0,5. Pobór mocy grzałki regulowano przy użyciu autotransformatora (rys. 3).

Poprzez regulację poboru mocy przez grzałki starano się utrzymać stałą temperaturę wody w zbiorniku przez okres około 60 minut. Wartość tej mocy jest równa wydajności użytecznej agregatu chłodniczego [3, 4].

4. Analiza wyników

Wyniki pomiarów temperatur i ciśnień w wybranych punktach agregatu chłodniczego zamieszczono w tabeli 1. Podano w niej również wartości odpowiadających tym temperaturom entalpii wyznaczone na podstawie tabel własności cieplnych [2] dla czynnika chłodniczego R12. Zastosowanie czynnika chłodniczego R12 w obiegu z regeneracją ciepła jest celowe, ponieważ przyczynia się do wzrostu ε_t [3].

Tabela 1. Wyniki pomiarów temperatur i ciśnień w agregacie chłodniczym oraz wartości odpowiadających im entalpii

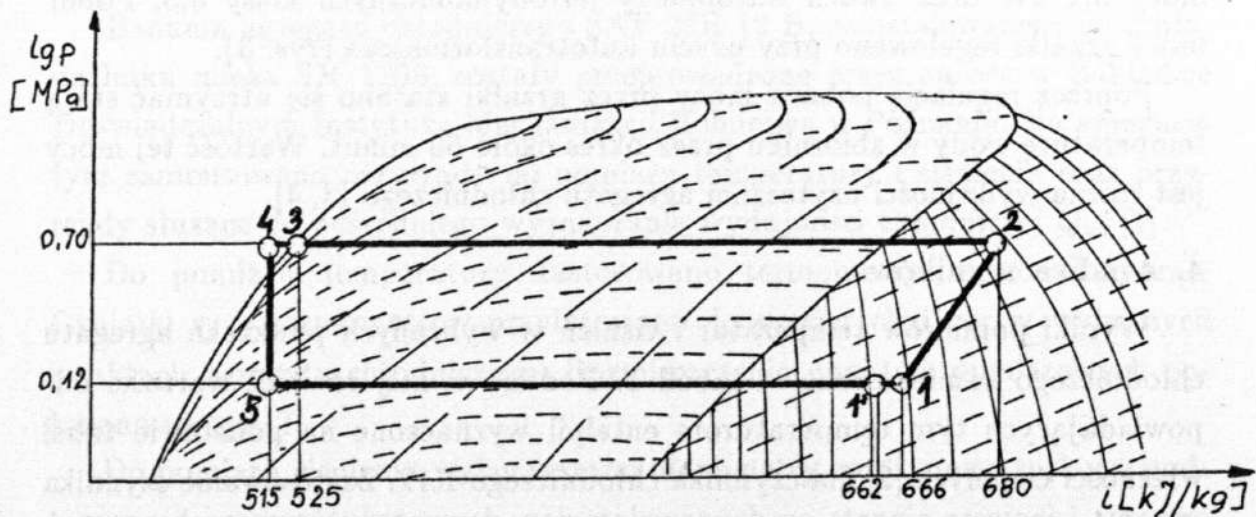
Punkt pomiarowy	Temperatura t	Entalpia i	ciężnienie parowania 0,12 MPa
	°C	kJ/kg	
1'	8	662	ciężnienie skraplania 0,7 MPa
1	14	666	
2	27,5	680	temperatura otoczenia 17 °C
3	25	525	
4	13	515	
5	-26	515	

Na podstawie wzorów (1)–(11) przeprowadzono obliczenia, których wyniki zamieszczono w tabeli 2.

Tabela 2. Wyniki obliczeń podstawowych parametrów agregatu chłodniczego

Wielkość fizyczna	q_0	l_{spr}	q_k	q_d	ε_t	\dot{Q}_{uz}	\dot{m}	N_t	\dot{Q}_k	\dot{Q}_d	\dot{Q}_{WR}	q_s
Wymiar	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	–	kW	kg/s	kW	kW	kW	kW	kJ/kg
Wartość	151	14	155	10	10,5	3,0	0,0199	0,266	2,95	0,19	0,076	6,0

Otrzymane parametry w charakterystycznych punktach pomiarowych nanesiono na wykres $\lg p - i$ [3, 4] i przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Wykres pracy agregatu

Analizując wykres obiegu rzeczywistego można stwierdzić, że występuje w nim znaczne przegrzanie pary czynnika chłodniczego, wynoszące około 40°C. To wskazywałoby, że w procesie odparowywania czynnika nie bierze udziału cała powierzchnia parownika, co mogłoby być spowodowane niedostatecznym wyregulowaniem zaworu rozprężnego.

Wydajność użyteczna, której wartość wynosi 3,0 kW, jest zgodna z podaną przez producenta [5].

5. Zakończenie

Przedstawioną wyżej metodę badań agregatu chłodniczego można w stosunkowo łatwy sposób zastosować u użytkowników posiadających urządzenia do schładzania mleka. Mogliby to wykonywać monterzy z Państwowych Ośrodków Maszynowych, odpowiedzialni za stan techniczny tych urządzeń. Przyczyniłoby się to do lepszego wykorzystania chłodziarek oraz do lepszej oceny ich pracy.

LITERATURA

1. J. Barwicki, J. Napierała: Metodyka badań zbiornikowych i nurnikowych oziębiaczy. Warszawa 1979 JBMER
2. Z. Dvořák, J. Petrák: Własności cieplne czynników chłodniczych. Warszawa 1982 WNT
3. M. Rubik: Chłodnictwo. Warszawa 1983 PWN
4. Pomiar w technice cieplnej. Praca zbiorowa pod red. F. Kotlewskiego. Warszawa 1972 WNT
5. Schładzalnik mleka typu SM 1200. Dokumentacja techniczno-ruchowa. Krosno 1977 WSK

Bronisław Klos

A METHOD FOR DETERMINING BASIC PARAMETERS OF MILK AT-TEMPERATOR REFRIGERATING UNITS

Summary

The paper presents a method for the investigation of refrigerating units used in milk attemporators. A detailed method is elaborated for heat transfer calculations of refrigerating cycle with heat recovery.

The measurements were performed on the test stand in particular points of refrigerating unit. It was noticed that overheating of the refrigerating medium had happened. The refrigerating capacity of the unit conforms with that given by the unit manufacturer.