

Mieczysław Poniewski

Instytut Techniki Ciepłej  
Politechniki Warszawskiej

Jacek Szypliński

Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN

## BIBLIOTEKA PARAMETRÓW CIEPLNYCH FREONU 22 (dla emc R-32)

W pracy omówiono sposób generacji biblioteki parametrów cieplnych freonu 22 dla emc R-32. Podano zakres stosowania biblioteki i zasady korzystania z niej.

### WSTĘP

Do wielu obliczeń, w tym np. do obliczania temperatury minimalnej wrzenia błonowego, niezbędna jest znajomość parametrów cieplnych czynnika w funkcji temperatury i ciśnienia [1,2]. Dostępne w literaturze dane, dotyczące różnych czynników, przedstawione są z reguły w postaci tabelarycznej, a zatem niezbyt dogodnej do wykorzystania w obliczeniach numerycznych. Również próby zapisu zależności wybranego parametru cieplnego od ciśnienia i temperatury, w postaci analitycznej, nie dają zwykle oczekiwanego rezultatu.

W zbiorach bibliotecznych emc R-32 w ITC PW znajdują się dwie biblioteki parametrów cieplnych wody (PARAM i TPWF1), brak zaś jest bibliotek dla innych czynników. Zgodnie z dokonanym przeglądem literatury, dla freonu 22 zaistniały możliwości zbudowania procedur bibliotecznych obejmujących zbiór parametrów cieplnych, w funkcji temperatury i ciśnienia, nie-

zbędnych do wyznaczenia temperatur minimalnych wrzenia błonowego.

Przyjęto następujące wytyczne przy generowaniu biblioteki:

a) aproksymacja odcinkami prostych eksperymentalnych wartości parametrów, przy założeniu średniego błędu mniejszego niż 2% i błędu maksymalnego mniejszego niż 4%;

b) interpolacja liniowa wartości parametrów pomiędzy prostymi aproksymującymi dostępne dane eksperymentalne (w przypadku pary) lub punktami danych eksperymentalnych (dla cieczy na linii nasycenia);

c) organizacja biblioteki, sposób wywołania oraz jednostki temperatury i ciśnienia takie jak w bibliotece TPWF1.

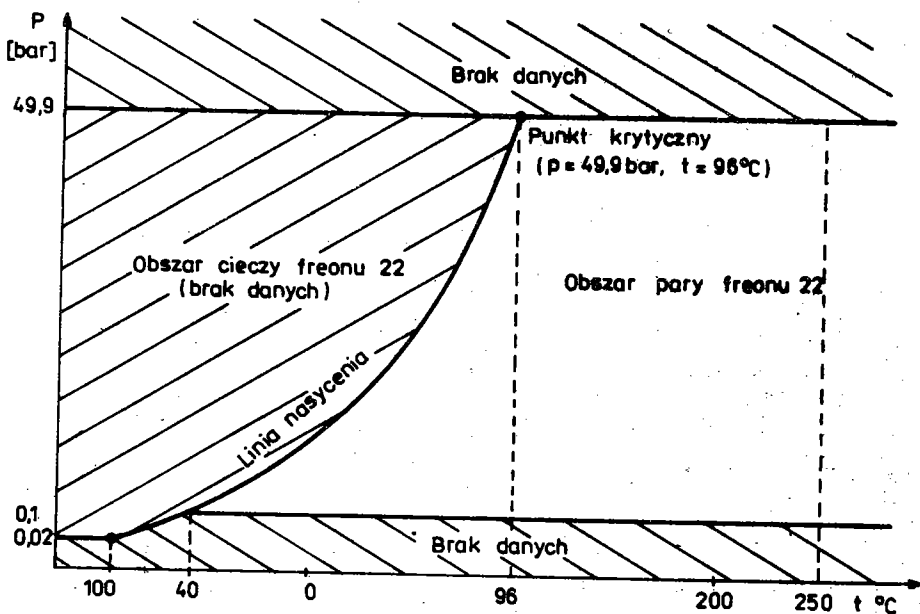
Ten sposób działania zapewnił:

- niezbędną do wykonania zamierzonych obliczeń dokładność;
- dużą szybkość działania procedur, czyli dużą szybkość pozyskiwania wartości żadanego parametru cieplnego.

## 1. CHARAKTERYSTYKA DOSTĘPNYCH PARAMETRÓW CIEPLNYCH FREONU 22

Freon 22 ( $\text{CHF}_2\text{Cl}$ ) ma masę cząsteczkową 86,48 kg/kmol; wrze przy ciśnieniu 0,98 bar (1 at) w temperaturze  $t = -40,8^\circ\text{C}$ ; jego temperatura krytyczna wynosi  $t_{\text{kr}} = 96^\circ\text{C}$ , a ciśnienie krytyczne  $p_{\text{kr}} = 49,9$  bar. Do obliczenia temperatur minimalnych wrzenia błonowego, dla różnych modeli drugiego krzyżysu wrzenia [1,2], niezbędna jest znajomość takich parametrów cieczy freonu 22 na linii nasycenia, jak ciśnienie i odpowiadająca mu temperatura, ciepło właściwe, lepkość, przewodność cieplna, objętość właściwa, napięcie powierzchniowe i ciepło parowania. Budowana biblioteka została dodatkowo uzupełniona o dwa parametry termodynamiczne, a mianowicie entalpię i entropię cieczy nasyconej w funkcji temperatury. Powyższe parametry były dostępne w literaturze [3,4] w postaci tabelarycznej, od temperatury  $-100^\circ\text{C}$  do temperatury  $96^\circ\text{C}$  (temperatura krytyczna), co  $10^\circ\text{C}$ , dla wybranych izobar. Do przeprowadzenia zamierzonych obliczeń niezbędne były również parametry pary freonu 22 w funk-

cji temperatury i ciśnienia, takie jak objętość właściwa, przewodność cieplna i lepkość. Bibliotekę uzupełniono o entalpię, entropię i ciepło właściwe pary freonu 22 [3,4]. W dostępnej literaturze znaleziono stabelaryzowane, co  $10^{\circ}\text{C}$ , parametry pary freonu 22 od temperatury saturacji, przy danym ciśnieniu, do temperatury  $250^{\circ}\text{C}$ , dla ciśnień: 0,1; 0,5; 1; 5; 10; 15; 20; 30; 40 i 49,6 bara [3,4]. Na rys.1 pokazano obszar stosowania biblioteki parametrów cieplnych freonu 22. Ponieważ pa-



Rys.1. Obszar stosowania biblioteki parametrów freonu 22.-FRF022

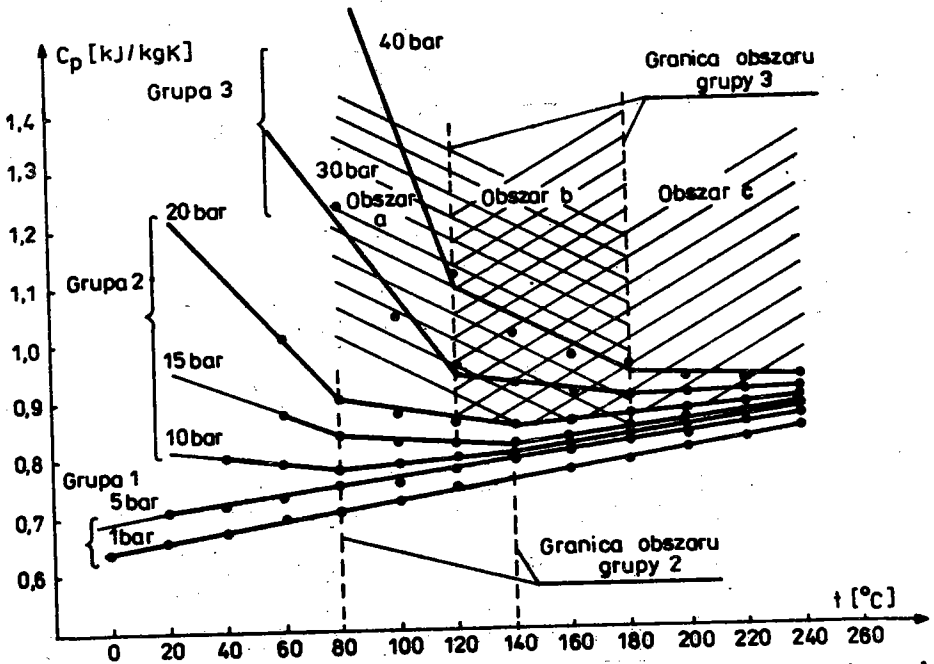
rametry pary freonu 22 są dostępne tylko do temperatury  $250^{\circ}\text{C}$ , zatem powyżej niej zostały ekstrapolowane liniowo.

## 2. SPOSÓB BUDOWY BIBLIOTEKI

- a) parametry pary i cieczy na linii nasycenia -  $f(t_{\text{sat}})$   
 Parametry w dowolnym punkcie obszaru stosowania są interpolowane liniowo, pomiędzy dwoma sąsiednimi węzłami, wczytanymi co  $10^{\circ}\text{C}$ .

b) parametry pary -  $f(p, t)$ 

Parametry pary freonu 22 takie, jak entalpia, entropia, objętość właściwa i lepkość w funkcji temperatury, dla różnych ciśnień, są aproksymowane odcinkami prostych z wykorzystaniem procedury bibliotecznej emc R-32 "S4TGAE" [5]. Parametry pary freonu 22 takie, jak ciepło właściwe i przewodność cieplna, charakteryzujące się dużą nieliniowością zostały naniesione na wykresy (rys.2). Zbiory punktów danych zostały podzielone



Rys.2. Ciepło właściwe pary freonu 22 w funkcji temperatury i ciśnienia (\* - dane eksperymentalne)

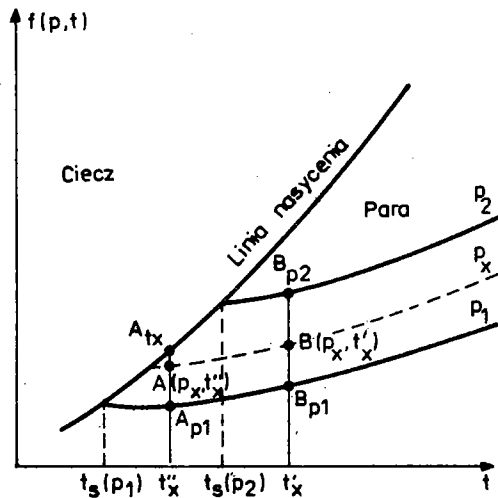
na kilka grup o wspólnych cechach. W tych grupach wydzielono charakterystyczne obszary, w których można było dokonać aproksymacji liniowej za pomocą jednej prostej. I tak, w przypadku ciepła właściwego pary freonu 22 zbiór danych doświadczalnych podzielono na trzy grupy (rys.2):

- grupa 1 (dla  $p = 1$  bar i  $p = 5$  bar) - aproksymacja jedną prostą,
- grupa 2 (dla  $p = 10$ ,  $p = 15$ ,  $p = 20$  bar) - aproksymacja trzema prostymi,

- grupa 3 (dla  $p = 30$  i  $p = 40$  bar) - aproksymacja trzema prostymi.

W przypadku grup 2 i 3 najpierw wybrano trzy obszary charakterystyczne (patrz obszar zakreskowany dla grupy 3). Następnie, metodą kolejnych prób, zaczepiając początek półprostych na granicach obszarów "a" i "c" (granice pokazano linią przerywaną) szukano takich współczynników kierunkowych półprostych, aby maksymalny błąd aproksymacji był mniejszy od 2% w stosunku do danych wyjściowych. Przez początki półprostych poprowadzono odcinek prostej, którym aproksymowano zbiór danych w obszarze "b". Maksymalny błąd w tym obszarze był mniejszy od 4%. Przewodność cieplną pary freonu 22 aproksymowano dwiema półprostymi z zachowaniem warunku, że błąd aproksymacji jest mniejszy lub równy 2%.

Obliczanie wartości wybranego parametru cieplnego dla zadanych wartości temperatury -  $t_x$  i ciśnienia -  $p_x$  wykonywane jest według następującego algorytmu (rys.3). Dla punktu o współrzędnych  $t_x$  i  $p_x$  znajdowane są dwie izobary  $p_1$  i  $p_2$ , wzdłuż których poprowadzono odcinki prostych aproksymujących dane eks-



Rys.3. Interpolacja wartości parametrów cieplnych w obszarze pary

perymentalne. Ciśnienia  $p_1$  i  $p_2$  spełniają warunki:  $p_1 < p_x$  i  $p_2 > p_x$ . Jeśli temperatura  $t_x > t_{sat}(p_2)$ , to wartość wybranego parametru cieplnego w tym punkcie jest interpolowana liniowo między punktami na izobarach  $p_1$  i  $p_2$  (punkty  $B_{p1}$  i  $B_{p2}$ ). Jeżeli zaś  $t_x < t_{sat}(p_2)$ , co zachodzi dla punktu A, to wartość parametru cieplnego jest interpolowana między punktami  $A_{p1}$  i  $A_{tx}$ . Punkt  $A_{tx}$  znajduje się na linii nasycenia dla  $t_{sat} = t_x$ .

## T a b l i c a 1

## OPIS BIBLIOTEKI PARAMETROW FREONU 22

X=FRE022(N,A,B)

N	A	S	FRE022	U	W	A	G	I	WYJĄLANIE:	TSAT <= T <
1	T	P	V	PARA	M**3/KG				P=( 0,1 .. 50 )	TSAT < T < 250
2	T	P	I		KJ/KG				P=( 0,1 .. 50 )	TSAT < T < 250
3	T	P	S	PRZEGRZANA	KJ/KG/DEG				P=( 0,1 .. 50 )	TSAT < T < 250
4	T	P	CP	PARA	KJ/KG/DEG				P=( 1,0 .. 40 )	TSAT <= T < 250
27	T	*	P	KRZYWA	BAR				T=( -100 .. 96,4 )	
28	*	P	T	NASYCENIA	DEG/CJ				P=( 0,02 .. 50 )	
29	T	*	I	PARA	KJ/KG				T=( -100 .. 96,4 )	
30	T	*	S		KJ/KG/DEG				T=( -100 .. 96,4 )	
31	T	*	V	NASYCONA	M**3/KG				T=( -100 .. 96,4 )	
35	T	*	V		M**3/KG				T=( -100 .. 96,4 )	
36	T	*	I	CIECZ	KJ/KG				T=( -100 .. 96,4 )	
37	T	*	S		KJ/KG/DEG				T=( -100 .. 96,4 )	
41	T	*	CP	NASYCONA	KJ/KG/DEG				T=( -100 .. 70 )	
44	T	*		LEPKOSC	M**2/S				T=( -40 .. 96,4 )	
45	T	P		LEPKOSC	M**2/S				P=( 1,0 .. 45 )	TSAT <= T < 250
47	T	*		LAMBDA	CIECZ NASYCONA	W/M/DEG			T=( -100 .. 70 )	
50	T	P		LAMBDA	PARA	W/M/DEG			P=( 1,0 .. 45 )	TSAT <= T < 250
53	T	*	R	CIECZ-PARA	KJ/KG				T=( -100 .. 96,4 )	
54	T	*		SIGMA	N/M				T=( -100 .. 96,4 )	

\* W KOLUMNACH A,B OZNACZA PARAMETR PUSTY

Przedstawiona metoda postępowania dzięki prostocie obliczeń pozwoliła zrealizować oba postawione cele, tj. dużą szybkość w pozyskiwaniu wartości żadanego parametru cieplnego przy zachowaniu założonej dokładności.

### 3. OPIS BIBLIOTEKI I SPOSÓB WYWOŁANIA

a) Wywołanie obliczenia wybranego parametru (tabl.1):

X = FREO22 (N,A,B)

N - numer etykiety

A - temperatura [ $^{\circ}$ C] lub parametr pusty

B - ciśnienie [bar] lub parametr pusty

b) Wywołanie opisu biblioteki:

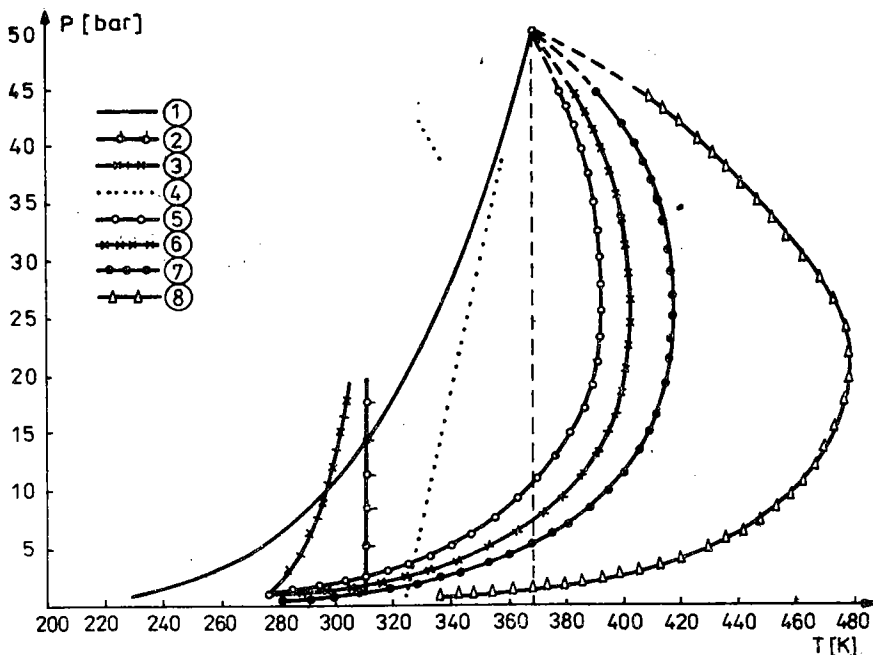
CALL OFRE22

W przypadku podania parametru spoza obszaru stosowania powyższej biblioteki program zostaje zatrzymany z wydrukiem numeru etykiety "N" i wartościami parametrów "A" i "B" oraz tekstem: "BRAK DANYCH", "POZA LINIA GRANICZNA" lub "POZA OBSZAREM PARY".

### 4. PRZYKŁAD WYKORZYSTANIA

Biblioteka parametrów freonu 22 została praktycznie wykorzystana do obliczenia temperatur minimalnych wrzenia błonowego, według różnych hipotez omówionych w [1,2]. Wyniki obliczeń przedstawiono na rys.4.

Praca została wykonana w ramach Problemu MR.I.10 pt. "Optymalizacja procesów termodynamicznych i przepływowych" koordynowanego przez Instytut Techniki Ciepłej i Silników Spalinowych Politechniki Poznańskiej.



Rys.4. Minimalna temperatura wrzenia błonowego w funkcji ciśnienia według różnych hipotez [1,2]: 1 - temperatura saturacji, 2 - model P. Spieglera i innych, 3 - model K.J. Baumeistera, 4 - nukleacja homogeniczna, 5 - model P.J. Berenсона, 6 - model R.E. Henry'ego, 7 - model A.W. Cronenberga i F.S.Gunnersona - wariant I, 8 - model A.W.Cronenberga i F.S.Gunnersona - wariant II

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Poniewski, B. Staniszewski: O kryzysie wrzenia błonowego. Stan wiedzy. Część I. Modele hydrodynamiczne. Spontaniczna nukleacja homogeniczna. Biuletyn Informacyjny ITC - PW, Nr 59, 1981 r., str.1-36.
- [2] M. Poniewski, B. Staniszewski: O kryzysie wrzenia błonowego. Stan wiedzy. Część II. Modele termodynamiczne. Badania eksperymentalne. Biuletyn Informacyjny ITC - PW, Nr 59, 1981 r., str.36-71.
- [3] N.B. Wargaftik: Sprawocznik po ciepłofizycznych swojstwach gazow i zidkosciej. Nauka, Moskwa 1972, s.720.
- [4] Z. Dvořák, J. Petrák: Własności cieplne czynników chłodniczych. WNT, Warszawa 1982, str.239.
- [5] OS/JS Biblioteka modułów matematycznych dla mc JS, tom II, MBRA-ELWRO, Wrocław 1976, str.159.



БИБЛИОТЕКА ТЕРМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ФРЕОНА 22 (ДЛЯ ЭВМ Р-32)

А н н о т а ц и я

В работе обсуждается способ генерации библиотеки термических параметров фреона 22 для ЭВМ Р-32. Приводится предел применимости библиотеки и принципы пользования ею.

LIBRARY OF THERMAL PROPERTY DATA OF FREON 22  
(FOR R-32 COMPUTER)

S u m m a r y

The method of generating the library of thermal property data of freon 22, for R-32 computer, has been presented. The range of application and the way of using the library has been also described.