

Mieczysław Poniewski

Instytut Techniki Ciepłej  
Politechniki Warszawskiej

Jacek Szypliński

Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN

## BIBLIOTEKA PARAMETRÓW CIEPLNYCH ETANOLU (DLA EMC R-32)

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

### WSTĘP

W bibliotece programów użytkowych emc R-32 w ITC PW znajdują się dwie biblioteki parametrów cieplnych wody (PARAM i TPWF1) oraz biblioteka parametrów cieplnych freonu 22 - FREO22 [1]. Biblioteka FREO22 powstała w wyniku badań nad zagadnieniem kryzysu wrzenia błonowego. Dla tych samych celów powstała biblioteka parametrów cieplnych etanolu - ETANOL(N,A,B). Przy jej generowaniu przyjęto identyczne wytyczne, jak przy budowie FREO22, tj.

- aproksymacja wartości parametrów w funkcji temperatury odcinkami prostych, przy założeniu średniego błędu mniejszego niż 2%, a błędu maksymalnego mniejszego niż 4%;
- interpolacja liniowa wartości parametrów pomiędzy prostymi aproksymującymi dostępne dane eksperymentalne (para przegrzana, para i ciecz nasycona oraz ciecz nienasycona);
- organizacja biblioteki, sposób wywołania oraz jej opis tak jak TPWF1 i FREO22.

Zależność wartości parametrów cieplnych pary i gazu etanolu od temperatury jest silnie nieliniowa, stąd też aproksymowane je nieco inaczej niż wartości parametrów pary freonu 22.

## 1. CHARAKTERYSTYKA DOSTĘPNYCH PARAMETRÓW CIEPLNYCH ETANOLU

Etanol  $C_2H_5OH$  ma masę cząsteczkową 46,1 kg/kmol, wrze przy ciśnieniu 0,98 bar (1 at) w temperaturze  $t = 78,3^{\circ}C$ , zaś temperatura krytyczna (dla 96% roztworu wodnego) wynosi  $t_{kr} = 248,2^{\circ}C$  a ciśnienie krytyczne  $p_{kr} = 68,6$  bar.

### a) parametry cieplne cieczy

W odróżnieniu od biblioteki FREO22 biblioteka ETANOL zawiera nie tylko parametry cieczy nasyconej, ale również następujące parametry cieczy nienasyconej w funkcji temperatury i ciśnienia: objętość właściwą, entalpię, lepkość i przewodność cieplną [2].

### b) parametry cieplne cieczy i pary na linii nasycenia

Praca N.B. W a r g a f t i k a [2] zawiera dane o następujących parametrach cieplnych etanolu na linii nasycenia: entalpii cieczy i pary, objętości właściwej cieczy i pary, lepkości cieczy i pary, ciepła parowania oraz napięcia powierzchniowego. Przewodność cieplną cieczy odczytano z wykresu w pracy [3]. Powyższe parametry podano w tablicach od  $0^{\circ}C$  do  $248,2^{\circ}C$ , tj. do temperatury krytycznej, co  $10^{\circ}C$ .

W dostępnej literaturze brak jest danych o entropii cieczy i pary na linii nasycenia oraz przewodności cieplnej pary nasyconej.

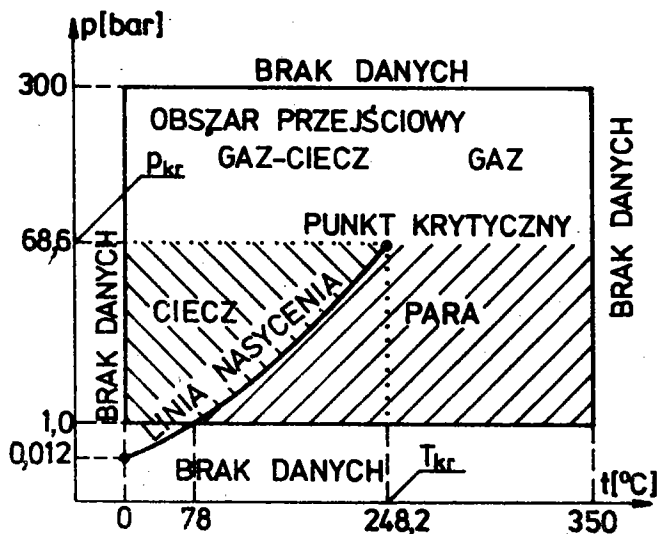
### c) parametry cieplne pary przegrzanej

Biblioteka ETANOL zawiera te same parametry co i biblioteka FREO22, prócz entropii i ciepła właściwego. Wartości przewodności cieplnej pary przegrzanej etanolu są dostępne w pracy [2] w ograniczonych zakresach temperatur i ciśnień. Zakresy te podano w opisie biblioteki.

d) parametry cieplne gazu i w obszarze przejściowym

W pracy H.B.Wargaftika podane są parametry cieplne gazu, tj. dla ciśnień i temperatur wyższych od ich wartości krytycznych. W tych samych tablicach danych eksperymentalnych podano również wartości parametrów cieplnych dla obszaru przejściowego, tj. dla ciśnień wyższych od ciśnienia krytycznego i temperatur niższych od temperatury krytycznej. Dane te podano łącznie z danymi eksperymentalnymi dla pary przegrzanej [2]. Stąd też w bibliotece ETANOL wartości parametrów cieplnych dla gazu i w obszarze przejściowym określa się identycznie jak dla pary przegrzanej.

Na rys.1 przedstawiono obszar stosowania omawianej biblioteki.



Rys.1. Obszar stosowania biblioteki parametrów cieplnych etanolu - ETANOL

## 2. SPOSÓB BUDOWY BIBLIOTEKI

a) parametry cieplne cieczy -  $f(p,t) \approx f(t)$

Parametry cieplne cieczy nienasyconej, z wyjątkiem entalpii, są bardzo słabo zależne od ciśnienia. Zbudowano więc tablice wartości objętości właściwej, lepkości i przewodności

cieplnej wyłącznie w funkcji temperatury, uśredniając wartości dla maksymalnego i minimalnego ciśnienia z obszaru stosowania. Błąd uśrednienia był mniejszy od 2%. Każdy z podanych parametrów, w dowolnym punkcie obszaru stosowania jest interpolowany liniowo pomiędzy dwoma sąsiednimi węzłami, wczytanymi co  $10^{\circ}\text{C}$ . W zakresie temperatur od 0 do  $20^{\circ}\text{C}$  zależność entalpii od temperatury jest silnie nieliniowa. Wartość tego parametru wczytano dla temperatur: 0, 10 i  $20^{\circ}\text{C}$  oraz ciśnień: 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 i 70 bar. Dla zadanych wartości temperatury i ciśnienia najpierw znajdowane są w tej temperaturze (na drodze interpolacji liniowej pomiędzy punktami danych) wartości entalpii na dwu izobarach, pomiędzy którymi zawiera się zadana wartość ciśnienia. Te dwie wartości entalpii służą do wyznaczania wartości entalpii przy zadanych ciśnieniu i temperaturze, również na drodze interpolacji liniowej.

Dla temperatur wyższych od  $20^{\circ}\text{C}$  entalpia cieczy słabo zależy od ciśnienia i wartości jej obliczano w ten sam sposób jak i wartości pozostałych parametrów.

b) parametry cieplne pary i cieczy na linii nasycenia -  $f(t_{\text{sat}})$

Ta część biblioteki parametrów cieplnych etanolu zorganizowana jest identycznie jak biblioteka dla freonu 22. W dowolnym punkcie obszaru stosowania wartości parametrów etanolu są interpolowane liniowo pomiędzy dwoma sąsiednimi punktami danych, wczytanymi co  $10^{\circ}\text{C}$ .

c) parametry cieplne pary przegrzanej, gazu i w obszarze przejściowym -  $f(t, p)$

Dokładna analiza zależności wartości parametrów pary od temperatury wykazała, że dla pewnych ciśnień mogą one być aproksymowane odcinkami prostych. I tak wartości objętości właściwej (dla ciśnień: 1, 5, 10, 20, 30, 40 bar), entalpii (dla ciśnień 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50 bar) i lepkości (dla ciśnień 1, 5, 10, 20 bar) w funkcji temperatury aproksymowano odcinkami prostych. Proste wyznaczone stosując standardową procedurę SATGAE [4]. Maksymalny błąd aproksymacji był mniejszy od 4%. Obliczanie wartości parametru w omówionych wyżej przypadkach wykonywane jest poprzez interpolację liniową po-

między punktami na dwu sąsiednich prostych, dla różnych ciśnień, w zadanej temperaturze.

Zależności przewodności cieplnej w całym zakresie zmian ciśnienia, tj. od 1 do 300 bar, objętości właściwej dla  $p \geq 40$  bar, entalpii dla  $p \geq 50$  bar oraz lepkości dla  $p \geq 20$  bar, od temperatury są silnie nieliniowe. Wartości wymienionych parametrów zostały wczytane co  $10^{\circ}\text{C}$ , od temperatury saturacji do  $350^{\circ}\text{C}$ , dla ciśnień niższych od krytycznego. Dla ciśnień wyższych wczytano je dla temperatur od 0 do  $350^{\circ}\text{C}$ , też co  $10^{\circ}\text{C}$ . I tak wartości przewodności cieplnej podane są dla ciśnień: 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 150, 200, 250 i 300 bar, wartości objętości właściwej dla ciśnień: 40, 50, 60, 70, 100, 150, 200, 250 i 300 bar, wartości entalpii dla ciśnień: 50, 60, 70, 100, 150, 250 i 300 bar, wartości lepkości dla ciśnień: 20, 30, 40, 50, 60, 70, 100, 150, 200, 250 i 300 bar. Wartości parametrów cieplnych w podanych zakresach zmian ciśnienia i temperatury są interpolowane liniowo pomiędzy dostępnymi punktami danych. Metoda postępowania jest identyczna jak dla znajdowania wartości entalpii cieczy w zakresie temperatur od 0 do  $20^{\circ}\text{C}$  (punkt a w rozdz. 2). Metoda ta wymaga wprowadzenia dużych ilości danych, a na pozyskanie poszukiwanej wartości parametru cieplnego potrzebna jest większa ilość czasu pracy komputera niż w przypadku aproksymacji danych eksperymentalnych odcinkami prostych [1]. Przy zastosowaniu interpolacji liniowej do znajdowania wartości parametru cieplnego w zadanych temperaturze i ciśnieniu oraz dążeniu do osiągnięcia najwyższej możliwej dokładności opisana metoda postępowania wydaje się być najskuteczniejsza.

### 3. OPIS BIBLIOTEKI I SPOSÓB WYWOŁANIA

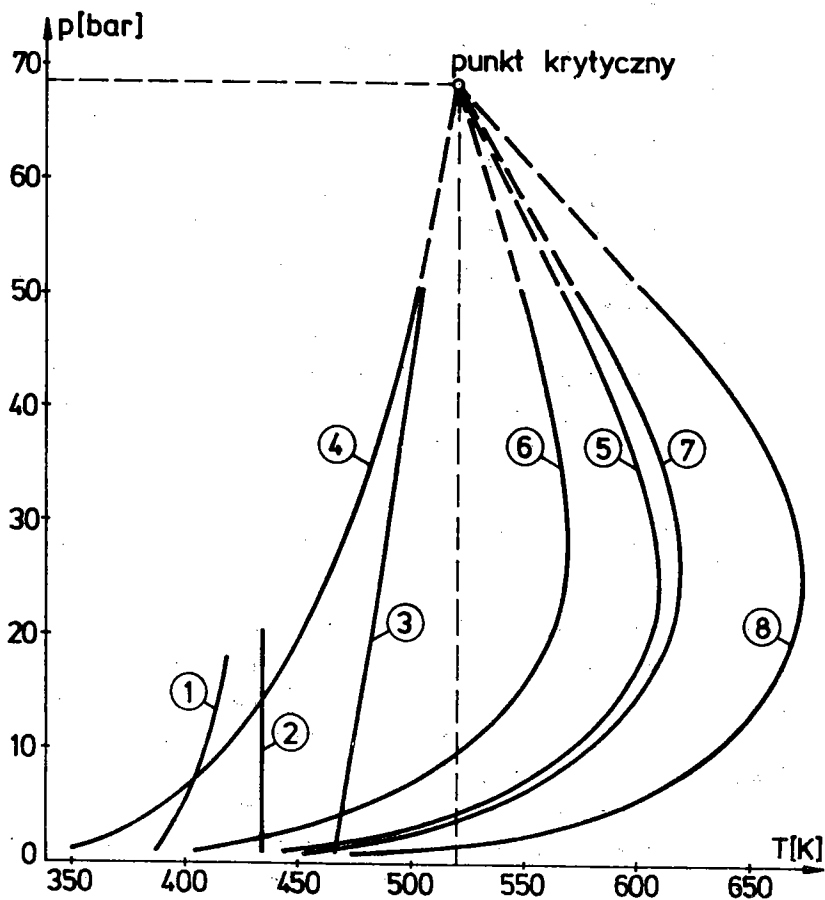
a) wywołanie obliczenia wybranego parametru (tabl.1):

X = ETANOL [N,A,B]

N - numer etykiety

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

B - ciśnienie [bar] lub parametr pusty



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

b) wywołanie opisu biblioteki:

CALL OPETAN

W przypadku podania parametru spoza obszaru stosowania biblioteki ETANOL program zostaje zatrzymany i, podobnie jak dla FREO22 [1], drukowane są: numer etykiety N, wartości parametrów A i B oraz tekst: "BRAK DANYCH", "POZA LINIĄ GRANICZNĄ" lub "POZA OBSZAREM PARY".

#### 4. PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA

Bibliotekę ETANOL wykorzystano do obliczenia temperatur minimalnych wrzenia błonowego według różnych hipotez omówionych w [5, 6]. Wyniki obliczeń przedstawiono na rys.2. Przewodność cieplną pary dla temperatur poza zakresem stosowania biblioteki "ETANOL" obliczono stosując ekstrapolację liniową.

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

#### LITERATURA

- [1] M. P o n i e w s k i , J. S z y p l i ń s k i : Biblioteka parametrów cieplnych freonu 22 (dla emc R-32). Biuletyn Informacyjny ITC PW, nr 67, 1985.
- [2] N.B. W a r g a f t i k : Sprawoznik po ciepłofizycznym swoimstwach gazow i zidkosciej. Izd. Nauka, Moskwa 1972, s.720.
- [3] C.L. Y a w s : Physical properties. A guide to the physical, thermodynamic and transport property data of industrially important chemical compounds, McGraw-Hill, New York 1977, pp. 232.
- [4] OS/JS Biblioteka modułów matematycznych dla mc JS. Tom II. MERA-ELWRO, Wrocław 1976, s.159.
- [5] M. P o n i e w s k i , B. S t a n i s z e w s k i : O kryzysie wrzenia błonowego. Stan wiedzy. Część I. Modele hydrodynamiczne. Spontaniczna nukleacja homogeniczna. Biuletyn Informacyjny ITC PW, Nr 59, 1981, s.1-36.
- [6] M. P o n i e w s k i , B. S t a n i s z e w s k i : O kryzysie wrzenia błonowego. Stan wiedzy. Część II. Modele termodynamiczne. Badania eksperymentalne, Biuletyn Informacyjny ITC PW, Nr 59, 1981, s.36-71.

БИБЛИОТЕКА ТЕРМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭТАНОЛА  
(ДЛЯ ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ Р-32)

А н н о т а ц и я

В работе обсуждается способ генерации библиотеки термических параметров этанола для электронно-вычислительной машины Р-32. Приводится область применения библиотеки и принципы пользования ею.

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

S u m m a r y

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