

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 11275:2015**

**ISO 17584:2005**

**Xuất bản lần 1**

**TÍNH CHẤT MÔI CHẤT LẠNH**

*Refrigerant properties*

**HÀ NỘI - 2015**

## **Lời nói đầu**

TCVN 11275:2015 hoàn toàn tương đương với ISO 17584:2005.

TCVN 11275:2015 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 86 *Máy lạnh và điều hòa không khí* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

# **Tính chất môi chất lạnh**

*Refrigerant properties*

## **1 Phạm vi áp dụng**

Tiêu chuẩn này xác định các tính chất nhiệt vật lý của các môi chất lạnh và các hỗn hợp môi chất lạnh được sử dụng phổ biến.

Tiêu chuẩn này áp dụng cho các môi chất lạnh R12, R22, R32, R123, R125, R134a, R143a, R152a, R717 (amoniac) và R744 (carbon dioxide) và các hỗn hợp môi chất lạnh R404A, R407C, R410A và R507A. Các tính chất bao gồm: khối lượng riêng, áp suất, nội năng, enthalpy, entropy, nhiệt dung riêng đẳng áp, nhiệt dung riêng đẳng tích, vận tốc âm và hệ số Jun-Thomson, trong cả các trạng thái đơn pha và dọc theo đường biên bão hòa lỏng-hơi. Ký hiệu dạng số của các môi chất lạnh này được xác định theo TCVN 6739 (ISO 817).

## **2 Tài liệu viện dẫn**

Các tài liệu viện dẫn sau là cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi (nếu có).

TCVN 6739 (ISO 817) *Môi chất lạnh – Ký hiệu và phân loại an toàn.*

## **3 Thuật ngữ và định nghĩa**

Tiêu chuẩn này áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau.

### **3.1**

#### **Thuật toán (algorithm)**

Quy trình để tính toán các tính chất môi chất lạnh.

**CHÚ THÍCH:** Một thuật toán thường là một chương trình tính toán. Một thuật toán có thể cũng bao gồm một hoặc nhiều mối liên hệ về tính chất như được trình bày ở 4.4.

### **3.2**

#### **Hỗn hợp (blend)**

Hỗn hợp của hai hoặc nhiều hơn các hợp chất hóa học.

### **3.3**

#### **Điểm tới hạn (critical point)**

Trạng thái tại đó các tính chất của chất lỏng bão hòa và các tính chất của hơi bão hòa trở thành bằng nhau.

CHÚ THÍCH: Các pha lỏng và hơi riêng biệt không tồn tại trên nhiệt độ điểm tới hạn đối với một môi chất tinh khiết. Điều này được định nghĩa đầy đủ hơn là "điểm tới hạn của trạng thái khí-lỏng" so với "các điểm tới hạn".

### **3.4**

#### **Phương trình trạng thái (equation of state)**

Phương trình toán học biểu diễn đầy đủ và nhất quán về mặt nhiệt động học của các tính chất nhiệt động của một môi chất.

CHÚ THÍCH: Một phương trình trạng thái thông dụng nhất là biểu diễn áp suất hoặc năng lượng Helmholtz là một hàm của nhiệt độ, khối lượng riêng, và thành phần (đối với hỗn hợp). Các tính chất nhiệt động khác nhận được thông qua việc lấy tích phân và vi phân phương trình trạng thái.

### **3.5**

#### **Môi chất (fluid)**

##### **Môi chất lạnh (refrigerant)**

Chất, có mặt ở các trạng thái lỏng và/hoặc khí, được sử dụng cho sự trao đổi nhiệt trong một hệ thống lạnh.

CHÚ THÍCH: Chất lỏng thu nhiệt ở một nhiệt độ thấp và áp suất thấp, sau đó tỏa nhiệt ở một nhiệt độ cao hơn và áp suất cao hơn, thường kèm theo thay đổi trạng thái.

### **3.6**

#### **Bão hòa lỏng-hơi (liquid-vapour saturation)**

Trạng thái tại đó các pha lỏng và pha hơi của một môi chất ở trạng thái cân bằng nhiệt động với nhau tại nhiệt độ và áp suất thường.

CHÚ THÍCH: Các trạng thái như vậy tồn tại trong khoảng từ điểm ba thể đến điểm tới hạn.

### **3.7**

#### **Tính chất vận tải (transport properties)**

Độ nhớt, độ dẫn nhiệt và hệ số khuếch tán.

### **3.8**

#### **Tính chất nhiệt động (thermodynamic properties)**

Khối lượng riêng, áp suất, độ loãng dần (fugacity), nội năng, enthalpy, entropy, các năng lượng Gibb và Helmholtz, nhiệt dung riêng, vận tốc âm, và hệ số Joule-Thomson, trong cả hai trạng thái pha đơn và



dọc theo đường biên bão hòa lỏng-hơi.

### 3.9

#### Tính chất nhiệt vật lý (thermophysical properties)

Tất cả các tính chất nhiệt động, tính chất vận tải và tính chất hỗn hợp khác.

### 3.10

#### Điểm ba thể (triple point)

Trạng thái tại đó các pha rắn, lỏng và hơi của một chất ở trạng thái cân bằng nhiệt động.

## 4 Tính toán các tính chất môi chất lạnh

### 4.1 Quy định chung

Tiêu chuẩn này xác định các tính chất của các môi chất lạnh liệt kê trong Điều 1. Các tính chất này nhận được trên cơ sở các đo đạc thực nghiệm. Tuy nhiên, trên thực tế không thể tham khảo trực tiếp các dữ liệu thực nghiệm, vì có thể chúng không sẵn có ở tất cả các điều kiện quan tâm, ngoài ra một số tính chất, như entropy, không thể đo trực tiếp được. Hơn nữa, một bảng số liệu đơn giản, ví dụ như áp suất hơi mà chúng có thể đo được một cách trực tiếp, thì cũng không tiện lợi cho việc sử dụng trong kỹ thuật tính toán hiện đại. Do đó, việc xây dựng các mối tương quan là cần thiết để tính toán các tính chất tại một trạng thái nhiệt động mong muốn.

Các tính chất liệt kê trong tiêu chuẩn này được tính toán từ các phương trình trạng thái quy định, mặc dù có thể sử dụng các thuật toán lựa chọn khác. Bản thân các tính chất nêu trên cấu thành tiêu chuẩn này. Các phương trình trạng thái là một phương pháp tiện lợi để tính toán và tái tạo các tính chất. Do đó các số liệu được liệt kê trong các Bảng của tiêu chuẩn này chỉ đại diện một nhóm nhỏ các tính chất được quy định trong tiêu chuẩn này; dài đầy đủ các điều kiện cho từng môi chất được trình bày trong Điều 5. Phương trình trạng thái là một phương trình toán học biểu diễn đầy đủ và nhất quán về mặt nhiệt động các tính chất nhiệt động của một môi chất. Các phương trình này được lựa chọn trên cơ sở các tiêu chí sau:

- Độ chính xác khi trong việc tái tạo lại dữ liệu thực nghiệm có sẵn;
- Khả năng áp dụng trên dải rộng của nhiệt độ, áp suất và khối lượng riêng;
- Có thể ngoại suy ra ngoài các dữ liệu thực nghiệm có sẵn; và
- Có sự ưu tiên trong việc sử dụng phương trình đã được công bố và được công nhận.

### 4.2 Phương trình trạng thái môi chất tinh khiết

Một phương trình trạng thái cho môi chất tinh khiết có thể biểu diễn năng lượng Helmholtz rút gọn theo mol,  $A$ , là một hàm của nhiệt độ và khối lượng riêng. Phương trình bao gồm các số hạng riêng biệt nhận được từ thuộc tính khí lý tưởng (ký hiệu "id") và một thành phần "dư" hoặc "môi chất thực" (ký hiệu "r") như cho trong Phương trình (1):

$$\phi = \frac{A}{RT} = \phi_{id} + \phi_r \quad (1)$$

Trong đó R là hằng số khí. Các phương trình của dạng thức này có thể được viết dưới dạng cho mol riêng phần hoặc khối lượng riêng phần. Để trình bày nhất quán trong tiêu chuẩn này, các phương trình trạng thái được công bố ban đầu dưới dạng khối lượng riêng phần đã được chuyển đổi sang dạng mol riêng phần. Thành phần “dư” hoặc “chất lỏng thực” được cho bởi Phương trình (2):

$$\phi_r = \sum_k N_k \tau_k^{\epsilon_k} \delta_k^{\epsilon_k} \exp[-\alpha_k (\delta - \epsilon_k)^{\epsilon_k}] \exp[-\beta_k (\tau - \gamma_k)^{m_k}] \quad (2)$$

Trong đó:

$\tau$  là biến số không thứ nguyên của nhiệt độ  $T^*/T$ ;

$T^*$  là tham số rút gọn thường bằng tham số tới hạn;

$\delta$  là biến số không có thứ nguyên của khối lượng riêng  $\rho/\rho^*$ ;

$\rho^*$  là tham số rút gọn thường bằng tham số tới hạn;

$N_k$  là các hệ số bằng số được điều chỉnh cho thích hợp với các dữ liệu thực nghiệm;

$\alpha_k$ ,  $\beta_k$ ,  $\epsilon_k$  và  $\gamma_k$  là các tham số được tối ưu hóa cho một môi chất cụ thể hoặc một nhóm các môi chất bằng một thuật toán lựa chọn bắt đầu với một bộ số liệu thực nghiệm đủ lớn hoặc bằng cách sử dụng phương pháp quy hoạch phi tuyến.

$t_k$ ,  $d_k$ ,  $I_k$  và  $m_k$  là các số mũ được tối ưu hóa cho một môi chất riêng biệt hoặc một nhóm các môi chất bằng một thuật toán lựa chọn bắt đầu với một bộ số liệu thực nghiệm đủ lớn hoặc bằng cách sử dụng phương pháp quy hoạch phi tuyến.

Thành phần đóng góp của khí lý tưởng có thể được biểu diễn bằng một trong nhiều cách. Một trong các cách biểu diễn dưới dạng nhiệt dung riêng của trạng thái khí lý tưởng được cho trong phương trình (3):

$$\phi_{id} = \frac{h_{ref}}{RT} - \frac{s_{ref}}{R} - 1 + \ln\left(\frac{RT_p}{p_{ref}}\right) + \frac{1}{RT} \int_{T_{ref}}^T C_{p,id} dT - \frac{1}{R} \int_{T_{ref}}^T \frac{C_{p,id}}{T} dT \quad (3)$$

Trong đó:

$h_{ref}$  là enthalpy tham chiếu tùy ý đối với khí lý tưởng ở trạng thái tham chiếu được quy định bởi

$T_{ref}$ ,

$s_{ref}$  là entropy tham chiếu tùy ý đối với khí lý tưởng ở trạng thái tham chiếu được quy định bởi

$T_{ref}$  và  $p_{ref}$ .

Trong tiêu chuẩn này,  $h_{ref}$  và  $s_{ref}$  được chọn để tạo ra một trạng thái tham chiếu cho enthalpy bằng 20C kJ/kg và cho entropy bằng 1 kJ/(kg·K), cả hai đều là chất lỏng bão hòa ở 0 °C. Các giá trị này của  $h_{ref}$

và  $s_{ref}$  chỉ dùng để tham khảo; có thể chấp nhận các giá trị khác tương ứng với các quy ước về trạng thái tham chiếu khác nhau.

Nhiệt dung riêng của trạng thái khí lý tưởng,  $C_{p,id}$  có thể được biểu diễn là một hàm số của nhiệt độ với dạng chung gồm tổng của các thành phần dạng đa thức (thực nghiệm) và thành phần hàm số mũ (lý thuyết) như đã cho trong phương trình (4):

$$\frac{C_{p,id}}{R} = c_0 + \sum_k c_k T^{t_k} + \sum_k a_k \frac{u_k^2 \exp(u_k)}{[\exp(u_k) - 1]^2} \quad (4)$$

Trong đó:

$$u_k = \frac{b_k}{T}; \quad (5)$$

$c_k$ ,  $a_k$ ,  $b_k$  và  $t_k$  là các hệ số đa thức và các số mũ xác định từ các dữ liệu hoặc thu được từ các tính toán lý thuyết.

Biểu diễn thứ hai của thành phần đóng góp của khí lý tưởng được cho trực tiếp dưới dạng năng lượng tự do Helmholtz như phương trình (6):

$$\phi_{id} = d_1 + d_2 \tau + \ln \delta + d_3 \ln \tau + \sum_k d_k \tau^{t_k} + \sum_k a_k \ln[1 - \exp(-\tau \lambda_k)] \quad (6)$$

Trong đó:

$d_1$  và  $d_2$  là các giá trị được điều chỉnh để tạo ra trạng thái tham chiếu mong muốn cho enthalpy và entropy

$d_3$ ,  $d_k$ ,  $a_k$ ,  $\lambda_k$  và  $t_k$  là các tham số thực nghiệm hoặc lý thuyết.

Phương trình (6) tương đương về mặt chức năng với các phương trình (3) đến (5), và thành phần đóng góp của khí lý tưởng dưới dạng phương trình (6) có thể được chuyển đổi thành dạng nhiệt dung riêng như trong phương trình (7):

$$\frac{C_{p,id}}{R} = d_3 + 1 - \sum_k d_k t_k (t_k - 1) \left( \frac{T^*}{T} \right)^{t_k} + \sum_k a_k \frac{u_k^2 \exp(u_k)}{[\exp(u_k) - 1]^2} \quad (7)$$

Trong đó:

$$u_k = \frac{\lambda_k T^*}{T} \quad (8)$$

Các phương trình trạng thái cho một số môi chất cũng có thể bao gồm cả các số hạng đặc biệt để biểu thị trạng thái rất gần với điểm tới hạn. Các số hạng này có dạng phương trình (9):

$$\phi_{crit} = \sum_k N_k \delta \Delta^{b_k} \Psi \quad (9)$$

Trong đó:

$$\Delta = \theta^2 + B_k [(\delta - 1)^2]^{\alpha_k} \quad (10)$$

$$\theta = (1 - \tau) + A_k [(\delta - 1)^2]^{1/(2\beta_k)} \quad (11)$$

$$\psi = \exp[-C_k(\delta - 1)^2 - D_k(\tau - 1)^2] \quad (12)$$

Phương trình (9) được thêm vào các số hạng chuẩn tắc trong phương trình (1).  $N_k$ ,  $A_k$ ,  $B_k$ ,  $C_k$ ,  $D_k$ ,  $\alpha_k$  và  $\beta_k$  là các tham số hiệu chỉnh được để điều chỉnh cho thích hợp với các dữ liệu. Trong số các môi chất được đề cập trong tiêu chuẩn này, chỉ có phương trình trạng thái đối với R744 (cacbon dioxide) bao gồm cả các số hạng của miền tới hạn này.

Theo cách khác, một phương trình trạng thái có thể biểu thị áp suất như một hàm tường minh (hàm ẩn) của nhiệt độ và khối lượng riêng phân tử. Một dạng của hàm này là phương trình trạng thái Benedict-Webb-Rubin (MBWR) cải tiến như thể hiện trong phương trình (13):

$$p = \sum_{k=1}^9 a_k \rho^k + \exp(-\rho^2 / \rho_{crit}^2) \sum_{k=10}^{15} a_k \rho^{2k-17} \quad (13)$$

Trong đó  $a_k$  là các hàm số của nhiệt độ do kết quả của tổng số 32 tham số có thể hiệu chỉnh được để điều chỉnh thích hợp với các dữ liệu thực nghiệm. Để mô tả đầy đủ các tính chất nhiệt động, phương trình MBWR được kết hợp với một biểu thức dùng cho nhiệt dung riêng của khí lý tưởng như phương trình (4) hoặc (5).

Trong tiêu chuẩn này, các phương trình trạng thái của hàm tường minh của áp suất [như phương trình (13)] được biến đổi thành dạng năng lượng Helmholtz để duy trì được sự biểu thị thích hợp. Áp suất có liên quan đến năng lượng Helmholtz khi sử dụng đồng nhất thức nhiệt động thể hiện trong phương trình (14):

$$p = - \left( \frac{\partial A}{\partial V} \right)_T \quad (14)$$

Như vậy, năng lượng Helmholtz có thể được ước lượng từ áp suất bằng phép lấy tích phân theo thể tích khi sử dụng phương trình (15):

$$\frac{A_r(T, \rho)}{RT} = \phi_r = - \int_V^{\infty} \left( \frac{p}{RT} - \rho \right) dV \quad (15)$$

Phương trình (15) sau đó được liên hợp với một thành phần đóng góp của khí lý tưởng được cho bởi các phương trình (3) đến (5) để đưa ra sự mô tả đầy đủ các tính chất nhiệt động. Trong số các môi chất được cho trong tiêu chuẩn này, các phương trình trạng thái cho R123 và R152a đã được biến đổi theo cách này.

Một phương trình trạng thái hoặc nhiệt dung riêng của khí lý tưởng cũng có thể được biểu thị theo các dạng khác, nhưng các dạng được biểu thị bằng các phương trình (1) đến (15) bao gồm tất cả các dạng

được quy định trong tiêu chuẩn này.

Các phương pháp dùng cho tính toán các tính chất nhiệt động của môi chất tinh khiết từ một phương trình trạng thái được cho trong Phụ lục B.

### 4.3 Phương trình trạng thái của hỗn hợp

Các tính chất nhiệt động của các hỗn hợp được tính toán bằng cách áp dụng các quy tắc trộn cho năng lượng Helmholtz của các thành phần của hỗn hợp cùng với một hàm đặc trưng của hỗn hợp. Năng lượng Helmholtz biến đổi của hỗn hợp là một tổng số của thành phần đóng góp của khí lý tưởng và thành phần số dư như cho bởi phương trình (16):

$$\phi_{\text{mix}} = \frac{A}{RT} = \phi_{\text{mix,id}} + \phi_{\text{mix,r}} \quad (16)$$

Thành phần đóng góp của khí lý tưởng được cho bởi phương trình (17):

$$\phi_{\text{mix,id}} = \sum_{i=1}^n [x_i \phi_{i,\text{id}} + x_i \ln x_i] + f_3 + f_4 / T \quad (17)$$

Trong đó:

$x_i$  là thành phần mol của thành phần thứ  $i$  trong hỗn hợp có  $n$  thành phần;

$x_i \ln x_i$  là các số hạng phát sinh entropy do sự trộn của các khí lý tưởng.

Các tham số  $f_3$  và  $f_4$  được sử dụng để dịch chuyển bề mặt nhiệt động sao cho trạng thái tham chiếu đối với enthalpy là 200 kJ/kg và entropy là 1 kJ/(kg·K) ở chất lỏng bão hòa tại 0 °C, tương tự như trạng thái tham chiếu được thực hiện đối với các môi chất tinh khiết. Chính đặt các tham số  $f_3$  và  $f_4$  về không (zero) tương đương với một trạng thái tham chiếu chỉ dựa trên cơ sở các thành phần của hỗn hợp.

Thành phần dư được cho bởi phương trình (18):

$$\phi_{\text{mix,r}} = \sum_{i=1}^n x_i \phi_{i,r} + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n x_i x_j \phi_{ij,\text{excess}} \quad (18)$$

Phép tính tổng số thứ nhất trong phương trình này biểu thị nghiệm lý tưởng; nghiệm này gồm có các số hạng của môi chất thực đối với mỗi một trong các môi chất tinh khiết được nhân với các thành phần riêng của chúng. Phương trình tổng số kép giải thích lý do của năng lượng Helmholtz "thêm vào" hoặc "lấy đi" khỏi nghiệm lý tưởng. Các hàm số  $\phi_{i,r}$  và  $\phi_{ij,\text{excess}}$  trong phương trình (18) không được đánh giá ở nhiệt độ  $T_{\text{mix}}$  và khối lượng riêng  $\rho_{\text{mix}}$  của hỗn hợp, nhưng đúng hơn là ở một nhiệt độ rút gọn  $\tau$  và khối lượng riêng rút gọn  $\delta$ . Các quy tắc trộn đối với các tham số rút gọn được cho bởi các phương trình (19) và (20):

$$\tau = \frac{T^*}{T_{\text{mix}}} \quad (19)$$

Trong đó:

$$T^* = \sum_{i=1}^n x_i T_i^* + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n x_i x_j \zeta_{ij}$$

Và

$$\delta = \frac{\rho_{mix}}{\rho^*} \quad (20)$$

Trong đó:

$$\frac{1}{\rho^*} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\rho_i^*} + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n x_i x_j \zeta_{ij}$$

Trong đó:

$\zeta_{ij}$  và  $\zeta_{ji}$  là "các tham số tương tác";

$T_i^*$  và  $\rho_i^*$  là các tham số rút gọn của các môi chất tinh khiết.

Hàm  $\phi_{ij, excess}$  được biểu diễn dưới dạng phương trình (21):

$$\phi_{ij, excess} = F_{ij} \sum_k N_k \delta^{d_k} \tau^{t_k} \exp(-\delta^{l_k}) \quad (21)$$

Nói chung, hàm  $\phi_{ij, excess}$  thay đổi theo hỗn hợp và các hệ số và số mũ được liệt kê ở bảng trong Điều 5 cho các hỗn hợp môi chất lạnh được bao gồm trong tiêu chuẩn này. Trong mọi trường hợp các đóng góp của thành phần tinh khiết là các đóng góp được xác định rõ trong Điều 5 của tiêu chuẩn này.

Các phương pháp dùng cho tính toán các tính chất nhiệt động từ phương trình trạng thái của hỗn hợp được cho trong Phụ lục C.

#### 4.4 Sự thực hiện

Một thuật toán phù hợp với tiêu chuẩn này nếu thực hiện một cách trực tiếp một hoặc nhiều phương trình trạng thái được quy định trong Điều 5 cùng với các phương pháp tính toán các tính chất nhiệt động được cho trong Phụ lục B và thuật toán này cũng được chứng minh là có thể tái tạo ra "các giá trị kiểm tra xác nhận" được cho trong Phụ lục D đối với các môi chất được đưa vào thực hiện.

#### 4.5 Sự thực hiện khác

Một thuật toán phù hợp với tiêu chuẩn này nếu bằng bất cứ phương pháp nào cũng tái tạo ra các giá trị của các tính chất nhiệt động được quy định trong tiêu chuẩn này đối với các môi chất được đưa vào thực hiện. Một thuật toán đòi hỏi sự phù hợp trong phần (đoạn) này có thể áp dụng được cho toàn bộ dải nhiệt độ, áp suất và khối lượng riêng và áp dụng được cho toàn bộ tập hợp các tính chất hoặc cho bất cứ phạm vi nhỏ nào của các điều kiện và/hoặc tập hợp nhỏ các tính chất. Bất cứ thuật toán nào cũng phải công bố các môi chất có thể áp dụng được và các tính chất và phạm vi có thể áp dụng được của nó. Các dung sai cho phép giữa các giá trị tính chất được quy định trong tiêu chuẩn này và các

dung sai giữa các tính chất của một quá trình thực hiện khác có thể thay đổi và được quy định trong Phụ lục A.

#### 4.6 Chứng nhận sự phù hợp

Bất cứ chương trình máy tính nào hoặc sự thực hiện khác của tiêu chuẩn này cũng phải thỏa mãn các yêu cầu được quy định trong Phụ lục A, trước khi có thể được đòi hỏi phải phù hợp với tiêu chuẩn này. Các yêu cầu này phải do người phát triển sự thực hiện riêng biệt thực hiện.

### 5 Tính chất của các môi chất lạnh riêng biệt

#### 5.1 Qui định chung

Các phần sau đây quy định các phương trình trạng thái được sử dụng để tính toán các tính chất của mỗi một trong các môi chất lạnh được bao hàm bởi tiêu chuẩn này và cũng lập thành bảng cho các tính chất dọc theo ranh giới bão hòa lỏng - hơi. Trong quá trình sắp xếp thành bảng của các hệ số và số mũ, bất cứ số hạng nào không được liệt kê đều bằng không.

#### 5.2 R744- Carbon dioxide

##### 5.2.1 Phạm vi tính toán

Các hệ số có hiệu lực trong các phạm vi sau:

$$T_{\min} = 216,592 \text{ K}, T_{\max} = 1100 \text{ K}; p_{\max} = 800 \text{ MPa}, \rho_{\max} = 37,24 \text{ mol/l (1639 kg/m}^3\text{)}$$

**Bảng 1 – Các hệ số và số mũ của thành phần khí lý tưởng [các phương trình (3) đến (5)]**

| k | $a_k$        | $b_k$      | $c_k$ |
|---|--------------|------------|-------|
| 0 | -            | -          | 3,5   |
| 1 | 1,99427042   | 958,49956  | -     |
| 2 | 0,621052475  | 1858,80115 | -     |
| 3 | 0,411952928  | 2061,10114 | -     |
| 4 | 1,04028922   | 3443,89908 | -     |
| 5 | 0,0832767753 | 8238,20035 | -     |

Bảng 2 – Các hệ số và số mũ của thành phần khí thực [phương trình (2)]

| $k$ | $N_k$                                | $t_k$ | $d_k$ | $l_k$ | $\alpha_k$ | $m_k$ | $\beta_k$ | $\gamma_k$ | $\varepsilon_k$ |
|-----|--------------------------------------|-------|-------|-------|------------|-------|-----------|------------|-----------------|
| 1   | 0,388 568 232 032                    | 0     | 1     | 0     | 0          | —     | —         | —          | —               |
| 2   | 0,293 854 759 427 $\times 10^1$      | 0,75  | 1     | 0     | 0          | —     | —         | —          | —               |
| 3   | - 0,558 671 885 349 $\times 10^1$    | 1     | 1     | 0     | 0          | —     | —         | —          | —               |
| 4   | - 0,767 531 995 925                  | 2     | 1     | 0     | 0          | —     | —         | —          | —               |
| 5   | 0,317 290 055 804                    | 0,75  | 2     | 0     | 0          | —     | —         | —          | —               |
| 6   | 0,548 033 158 978                    | 2     | 2     | 0     | 0          | —     | —         | —          | —               |
| 7   | 0,122 794 112 203                    | 0,75  | 3     | 0     | 0          | —     | —         | —          | —               |
| 8   | 0,216 589 615 432 $\times 10^1$      | 1,5   | 1     | 1     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 9   | 0,158 417 351 097 $\times 10^1$      | 1,5   | 2     | 1     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 10  | - 0,231 327 054 055                  | 2,5   | 4     | 1     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 11  | 0,581 169 164 314 $\times 10^{-1}$   | 0     | 5     | 1     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 12  | - 0,553 691 372 054                  | 1,5   | 5     | 1     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 13  | 0,489 466 159 094                    | 2     | 5     | 1     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 14  | - 0,242 757 398 435 $\times 10^{-1}$ | 0     | 6     | 1     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 15  | 0,624 947 905 017 $\times 10^{-1}$   | 1     | 6     | 1     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 16  | - 0,121 758 602 252                  | 2     | 6     | 1     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 17  | - 0,370 556 852 701                  | 3     | 1     | 2     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 18  | - 0,167 758 797 004 $\times 10^{-1}$ | 6     | 1     | 2     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 19  | - 0,119 607 366 380                  | 3     | 4     | 2     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 20  | - 0,456 193 625 088 $\times 10^{-1}$ | 6     | 4     | 2     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 21  | 0,356 127 892 703 $\times 10^{-1}$   | 8     | 4     | 2     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 22  | - 0,744 277 271 321 $\times 10^{-2}$ | 6     | 7     | 2     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 23  | - 0,173 957 049 024 $\times 10^{-2}$ | 0     | 8     | 2     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 24  | - 0,218 101 212 895 $\times 10^{-1}$ | 7     | 2     | 3     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 25  | 0,243 321 665 592 $\times 10^{-1}$   | 12    | 3     | 3     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 26  | - 0,374 401 334 235 $\times 10^{-1}$ | 16    | 3     | 3     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 27  | 0,143 387 157 569                    | 22    | 5     | 4     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 28  | - 0,134 919 690 833                  | 24    | 5     | 4     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 29  | - 0,231 512 250 535 $\times 10^{-1}$ | 16    | 6     | 4     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 30  | 0,123 631 254 929 $\times 10^{-1}$   | 24    | 7     | 4     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 31  | 0,210 583 219 729 $\times 10^{-2}$   | 8     | 8     | 4     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 32  | - 0,339 585 190 264 $\times 10^{-3}$ | 2     | 10    | 4     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 33  | 0,559 936 517 716 $\times 10^{-2}$   | 28    | 4     | 5     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 34  | - 0,303 351 180 556 $\times 10^{-3}$ | 14    | 8     | 6     | 1          | —     | —         | —          | —               |
| 35  | - 0,213 654 886 883 $\times 10^3$    | 1     | 2     | 2     | 25         | 2     | 325       | 1,16       | 1               |
| 36  | 0,266 415 691 493 $\times 10^5$      | 0     | 2     | 2     | 25         | 2     | 300       | 1,19       | 1               |
| 37  | - 0,240 272 122 046 $\times 10^5$    | 1     | 2     | 2     | 25         | 2     | 300       | 1,19       | 1               |
| 38  | - 0,283 416 034 240 $\times 10^3$    | 3     | 3     | 2     | 15         | 2     | 275       | 1,25       | 1               |
| 39  | 0,212 472 844 002 $\times 10^3$      | 3     | 3     | 2     | 20         | 2     | 275       | 1,22       | 1               |



**Bảng 3 – Các hệ số và số mũ của số hạng miền tới hạn [phương trình (9) đến (12)]**

| $k$ | $N_k$                              | $a_k$ | $b_k$ | $\beta_k$ | $A_k$ | $B_k$ | $C_k$ | $D_k$ |
|-----|------------------------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| 40  | - 0,666 422 765 408                | 3,5   | 0,875 | 0,3       | 0,7   | 0,3   | 10    | 275   |
| 41  | 0,726 086 323 499                  | 3,5   | 0,925 | 0,3       | 0,7   | 0,3   | 10    | 275   |
| 42  | 0,550 686 686 128 $\times 10^{-1}$ | 3     | 0,875 | 0,3       | 0,7   | 1     | 12,5  | 275   |

**5.2.2 Các tham số rút gọn, khối lượng phân tử và hằng số khí**

$T^* = 304,128\ 2\ \text{K}$ ,  $\rho^* = 10,624\ 906\ 3\ \text{mol/l}$ ,  $M = 44,009\ 8\ \text{g/mol}$ ,  $R = 8,314\ 51\ \text{J/(mol}\cdot\text{K)}$

**5.2.3 Các tham số trạng thái tham chiếu**

$T_{\text{ref}} = 273,15\ \text{K}$ ,  $p_{\text{ref}} = 1,0\ \text{kPa}$ ,  $h_{\text{ref}} = 21\ 389,328\ \text{J/mol}$ ,  $s_{\text{ref}} = 155,741\ 4\ \text{J/(mol}\cdot\text{K)}$ ,  $f_1 = 5,805\ 551\ 35$ ,

$f_2 = 1\ 555,797\ 10$

Bảng 4 – Các giá trị tính chất R744 dọc theo đường biên bão hòa lỏng-hơi

|                                                                                                                                                         | Nhiệt độ<br>°C      | Áp suất<br>MPa | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | C <sub>v</sub><br>kJ/(kg·K) | C <sub>p</sub><br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm thanh<br>m/s | Hệ số J-T<br>K/MPa |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------|
| Lỏng Hơi                                                                                                                                                | -56,56 <sup>a</sup> | 0,518 0        | 1178,5<br>13,761                      | 79,60<br>392,78   | 80,04<br>430,42   | 0,521 3<br>2,139 0   | 0,974 7<br>0,629 2          | 1,953 2<br>0,908 7          | 975,8<br>222,78         | -0,144 3<br>26,17  |
| Lỏng Hơi                                                                                                                                                | -55,00              | 0,554 0        | 1172,9<br>14,673                      | 82,62<br>393,23   | 83,09<br>430,99   | 0,535 2<br>2,130 0   | 0,972 4<br>0,633 6          | 1,956 9<br>0,918 4          | 964,6<br>222,96         | -0,138 7<br>25,67  |
| Lỏng Hơi                                                                                                                                                | -50,00              | 0,682 3        | 1154,6<br>17,925                      | 92,35<br>394,61   | 92,94<br>432,68   | 0,579 4<br>2,101 8   | 0,965 5<br>0,648 3          | 1,971 2<br>0,951 9          | 928,5<br>223,39         | -0,119 1<br>24,14  |
| Lỏng Hơi                                                                                                                                                | -45,00              | 0,831 8        | 1135,8<br>21,717                      | 102,14<br>395,83  | 102,87<br>434,13  | 0,622 8<br>2,074 7   | 0,959 0<br>0,664 0          | 1,989 2<br>0,990 0          | 892,4<br>223,57         | -0,096 3<br>22,77  |
| Lỏng Hơi                                                                                                                                                | -40,00              | 1,004 5        | 1116,4<br>26,121                      | 112,00<br>396,87  | 112,90<br>435,32  | 0,665 6<br>2,048 5   | 0,952 9<br>0,680 7          | 2,011 7<br>1,033 3          | 856,3<br>223,50         | -0,069 9<br>21,51  |
| Lỏng Hơi                                                                                                                                                | -35,00              | 1,202 4        | 1096,4<br>31,216                      | 121,95<br>397,71  | 123,05<br>436,23  | 0,707 9<br>2,023 0   | 0,947 3<br>0,698 5          | 2,039 3<br>1,083 0          | 819,9<br>223,15         | -0,039 1<br>20,37  |
| Lỏng Hơi                                                                                                                                                | -30,00              | 1,427 8        | 1075,7<br>37,098                      | 132,01<br>398,33  | 133,34<br>436,82  | 0,749 8<br>1,998 0   | 0,942 2<br>0,717 4          | 2,073 1<br>1,140 6          | 783,2<br>222,54         | -0,003 1<br>19,32  |
| Lỏng Hơi                                                                                                                                                | -25,00              | 1,682 7        | 1054,2<br>43,880                      | 142,20<br>398,71  | 143,79<br>437,06  | 0,791 4<br>1,973 2   | 0,937 9<br>0,737 9          | 2,114 5<br>1,208 3          | 745,8<br>221,63         | 0,039 4<br>18,35   |
| Lỏng Hơi                                                                                                                                                | -20,00              | 1,969 6        | 1031,7<br>51,700                      | 152,54<br>398,79  | 154,45<br>436,89  | 0,832 8<br>1,948 5   | 0,934 4<br>0,760 2          | 2,165 3<br>1,289 3          | 707,5<br>220,41         | 0,090 0<br>17,44   |
| Lỏng Hơi                                                                                                                                                | -15,00              | 2,290 8        | 1008,0<br>60,728                      | 163,07<br>398,55  | 165,34<br>436,27  | 0,874 2<br>1,923 7   | 0,932 4<br>0,784 7          | 2,228 3<br>1,387 7          | 667,8<br>218,85         | 0,150 9<br>16,58   |
| Lỏng Hơi                                                                                                                                                | -10,00              | 2,648 7        | 982,9<br>71,185                       | 173,83<br>397,93  | 176,52<br>435,14  | 0,915 7<br>1,898 5   | 0,933 0<br>0,811 3          | 2,307 2<br>1,509 1          | 626,1<br>216,94         | 0,225 1<br>15,77   |
| Lỏng Hơi                                                                                                                                                | -5,00               | 3,045 9        | 956,2<br>83,359                       | 184,86<br>396,84  | 188,05<br>433,38  | 0,957 6<br>1,872 5   | 0,937 1<br>0,840 3          | 2,408 5<br>1,662 8          | 582,2<br>214,68         | 0,316 8<br>14,99   |
| Lỏng Hơi                                                                                                                                                | 0,00                | 3,485 1        | 927,4<br>97,647                       | 196,24<br>395,20  | 200,00<br>430,89  | 1,000 0<br>1,845 3   | 0,944 9<br>0,872 2          | 2,542 3<br>1,864 8          | 536,4<br>212,04         | 0,432 5<br>14,23   |
| Lỏng Hơi                                                                                                                                                | 5,00                | 3,969 5        | 896,0<br>114,621                      | 208,07<br>392,85  | 212,50<br>427,48  | 1,043 4<br>1,816 3   | 0,955 8<br>0,908 4          | 2,726 8<br>2,144 0          | 489,3<br>208,97         | 0,582 4<br>13,47   |
| Lỏng Hơi                                                                                                                                                | 10,00               | 4,502 2        | 861,1<br>135,156                      | 220,50<br>389,57  | 225,73<br>422,88  | 1,088 4<br>1,784 7   | 0,969 1<br>0,950 7          | 2,997 6<br>2,557 8          | 441,0<br>205,41         | 0,783 6<br>12,69   |
| Lỏng Hơi                                                                                                                                                | 15,00               | 5,087 1        | 821,2<br>160,730                      | 233,79<br>384,99  | 239,99<br>416,64  | 1,135 9<br>1,748 9   | 0,985 9<br>1,002 9          | 3,436 0<br>3,237 1          | 391,1<br>201,21         | 1,067 0<br>11,85   |
| Lỏng Hơi                                                                                                                                                | 20,00               | 5,729 1        | 773,4<br>194,202                      | 248,46<br>378,36  | 255,87<br>407,87  | 1,187 7<br>1,706 2   | 1,011 4<br>1,072 5          | 4,263 7<br>4,559 9          | 337,6<br>196,09         | 1,497 3<br>10,88   |
| Lỏng Hơi                                                                                                                                                | 25,00               | 6,434 2        | 710,5<br>242,732                      | 265,73<br>367,92  | 274,78<br>394,43  | 1,248 5<br>1,649 8   | 1,070 4<br>1,181 9          | 6,467 4<br>8,212 3          | 274,3<br>189,12         | 2,256 5<br>9,62    |
| Lỏng Hơi                                                                                                                                                | 30,00               | 7,213 7        | 593,3<br>345,102                      | 292,40<br>344,23  | 304,55<br>365,13  | 1,343 5<br>1,543 3   | 1,406 3<br>1,522 8          | 35,338 4<br>55,821 7        | 177,2<br>171,26         | 4,278 9<br>7,39    |
| Tới hạn                                                                                                                                                 | 30,98               | 7,377 3        | 467,6                                 | 316,47            | 332,25            | 1,433 6              | b                           | b                           | b                       | 5,866 5            |
| <sup>a</sup> Điểm ba thể<br><sup>b</sup> Các giá trị của C <sub>v</sub> , C <sub>p</sub> và w tại điểm tới hạn không được bao gồm trong tiêu chuẩn này. |                     |                |                                       |                   |                   |                      |                             |                             |                         |                    |

### 5.3 R717- Ammonia

#### 5.3.1 Phạm vi tính toán

Các hệ số có hiệu lực trong các phạm vi sau:

$$T_{\min} = 195,495 \text{ K}, T_{\max} = 700 \text{ K}; p_{\max} = 1\,000 \text{ MPa}; \rho_{\max} = 52,915 \text{ mol/l (901 kg/m}^3\text{)}$$

**Bảng 5 – Các hệ số và số mũ của thành phần khí lý tưởng [các phương trình (3) đến (5)]**

| $k$ | $c_k$                           | $t_k$                   |
|-----|---------------------------------|-------------------------|
| 1   | $1,887\,164\,1 \times 10^{-1}$  | $-0,333\,333\,333\,333$ |
| 2   | $5,954\,993\,4 \times 10^{-4}$  | 1,5                     |
| 3   | $-7,498\,313\,1 \times 10^{-5}$ | 1,75                    |

**Bảng 6 – Các hệ số và số mũ của thành phần khí thực [phương trình (2)]**

| $k$ | $N_k$                        | $t_k$ | $d_k$ | $l_k$ | $\alpha_k$ |
|-----|------------------------------|-------|-------|-------|------------|
| 1   | -1,858 814                   | 1,5   | 1     | 0     | 0          |
| 2   | 0,0455 443 1                 | -0,5  | 2     | 0     | 0          |
| 3   | 0,723 854 8                  | 0,5   | 1     | 0     | 0          |
| 4   | 0,012 294 7                  | 1     | 4     | 0     | 0          |
| 5   | $2,141\,882 \times 10^{-11}$ | 3     | 15    | 0     | 0          |
| 6   | -0,014 300 2                 | 0     | 3     | 1     | 1          |
| 7   | 0,344 132 4                  | 3     | 3     | 1     | 1          |
| 8   | -0,287 357 1                 | 4     | 1     | 1     | 1          |
| 9   | 0,000 023 525 89             | 4     | 8     | 1     | 1          |
| 10  | -0,034 971 11                | 5     | 2     | 1     | 1          |
| 11  | 0,0018 311 17                | 5     | 8     | 2     | 1          |
| 12  | 0,023 978 52                 | 3     | 1     | 2     | 1          |
| 13  | -0,040 853 75                | 6     | 1     | 2     | 1          |
| 14  | 0,237 927 5                  | 8     | 2     | 2     | 1          |
| 15  | -0,035 489 72                | 8     | 3     | 2     | 1          |
| 16  | -0,182 372 9                 | 10    | 2     | 2     | 1          |
| 17  | 0,022 815 56                 | 10    | 4     | 2     | 1          |
| 18  | -0,006 663 444               | 5     | 3     | 3     | 1          |
| 19  | -0,008 847 486               | 7,5   | 1     | 3     | 1          |
| 20  | 0,002 272 635                | 15    | 2     | 3     | 1          |
| 21  | -0,000 558 865 5             | 30    | 4     | 3     | 1          |

#### 5.3.2 Các tham số rút gọn, khối lượng phân tử và hằng số khí

$$T^* = 405,4 \text{ K}, p^* = 13,211\,777\,15 \text{ mol/l}, M = 17,030\,26 \text{ g/mol}, R = 8,314\,471 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$$

#### 5.3.3 Các tham số trạng thái tham chiếu

$$T_{\text{ref}} = 273,15 \text{ K}, p_{\text{ref}} = 1,0 \text{ kPa}, h_{\text{ref}} = 25\,558,797 \text{ J/mol}, s_{\text{ref}} = 147,991\,0 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}, f_1 = -24,401, \\ f_2 = 1\,725,271\,55$$

Bảng 7 – Các giá trị tính chất R717 dọc theo đường biên bão hòa lỏng-hơi

|          | Nhiệt độ                | Áp suất | Density           | Nội năng           | Enthalpy           | Entropy           | $C_v$            | $C_p$            | Vận tốc âm       | Hệ số J-T         |
|----------|-------------------------|---------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
|          | °C                      | Mpa     | kg/m <sup>3</sup> | kJ/kg              | kJ/kg              | kJ/(kg·K)         | kJ/(kg·K)        | kJ/(kg·K)        | m/s              | K/MPa             |
| Lỏng Hơi | -77,65 <sup>a</sup>     | 0,00609 | 732,9<br>0,0641   | -143,15<br>1246,20 | -143,15<br>1341,23 | -0,4716<br>7,1213 | 2,9343<br>1,5566 | 4,2022<br>2,0628 | 2124,2<br>354,12 | -0,2336<br>171,13 |
| Lỏng Hơi | -75,00                  | 0,00751 | 730,1<br>0,0780   | -131,98<br>1249,97 | -131,97<br>1346,24 | -0,4148<br>7,0452 | 2,9297<br>1,5613 | 4,2167<br>2,0700 | 2097,8<br>356,37 | -0,2310<br>159,84 |
| Lỏng Hơi | -70,00                  | 0,0109  | 724,7<br>0,111    | -110,83<br>1257,00 | -110,81<br>1355,55 | -0,3094<br>6,9088 | 2,9206<br>1,5715 | 4,2450<br>2,0856 | 2051,3<br>360,50 | -0,2260<br>141,14 |
| Lỏng Hơi | -65,00                  | 0,0156  | 719,2<br>0,155    | -89,53<br>1263,92  | -89,51<br>1364,73  | -0,2058<br>6,7807 | 2,9113<br>1,5836 | 4,2740<br>2,1040 | 2008,0<br>364,50 | -0,2208<br>125,27 |
| Lỏng Hơi | -60,00                  | 0,0219  | 713,6<br>0,213    | -68,09<br>1270,71  | -68,06<br>1373,73  | -0,1040<br>6,6602 | 2,9019<br>1,5975 | 4,3031<br>2,1254 | 1967,1<br>368,35 | -0,2155<br>111,72 |
| Lỏng Hơi | -55,00                  | 0,0301  | 707,9<br>0,287    | -46,51<br>1277,37  | -46,47<br>1382,56  | -0,0040<br>6,5467 | 2,8928<br>1,6133 | 4,3318<br>2,1500 | 1927,9<br>372,05 | -0,2101<br>100,10 |
| Lỏng Hơi | -50,00                  | 0,0408  | 702,1<br>0,381    | -24,79<br>1283,88  | -24,73<br>1391,19  | 0,0945<br>6,4396  | 2,8837<br>1,6310 | 4,3599<br>2,1778 | 1889,9<br>375,60 | -0,2047<br>90,06  |
| Lỏng Hơi | -45,00                  | 0,0545  | 696,2<br>0,498    | -2,93<br>1290,23   | -2,85<br>1399,59   | 0,1914<br>6,3384  | 2,8749<br>1,6507 | 4,3872<br>2,2092 | 1852,7<br>378,98 | -0,1992<br>81,36  |
| Lỏng Hơi | -40,00                  | 0,0717  | 690,2<br>0,644    | 19,07<br>1296,41   | 19,17<br>1407,76   | 0,2867<br>6,2425  | 2,8662<br>1,6724 | 4,4137<br>2,2441 | 1816,2<br>382,19 | -0,1936<br>73,77  |
| Lỏng Hơi | -35,00                  | 0,0931  | 684,0<br>0,822    | 41,18<br>1302,40   | 41,32<br>1415,68   | 0,3806<br>6,1516  | 2,8577<br>1,6961 | 4,4394<br>2,2830 | 1780,2<br>385,23 | -0,1878<br>67,11  |
| Lỏng Hơi | -<br>33,33 <sup>b</sup> | 0,1013  | 682,0<br>0,890    | 48,62<br>1304,36   | 48,76<br>1418,26   | 0,4117<br>6,1221  | 2,8548<br>1,7045 | 4,4479<br>2,2969 | 1768,2<br>386,20 | -0,1858<br>65,06  |
| Lỏng Hơi | -30,00                  | 0,1194  | 677,8<br>1,037    | 63,43<br>1308,19   | 63,60<br>1423,31   | 0,4730<br>6,0651  | 2,8492<br>1,7218 | 4,4645<br>2,3259 | 1744,4<br>388,08 | -0,1818<br>61,24  |
| Lỏng Hơi | -25,00                  | 0,1515  | 671,5<br>1,296    | 85,79<br>1313,77   | 86,01<br>1430,65   | 0,5641<br>5,9827  | 2,8408<br>1,7495 | 4,4892<br>2,3730 | 1708,8<br>390,73 | -0,1756<br>56,05  |
| Lỏng Hơi | -20,00                  | 0,1901  | 665,1<br>1,603    | 108,26<br>1319,12  | 108,55<br>1437,68  | 0,6538<br>5,9041  | 2,8325<br>1,7793 | 4,5138<br>2,4245 | 1673,2<br>393,18 | -0,1691<br>51,43  |
| Lỏng Hơi | -15,00                  | 0,2362  | 658,6<br>1,966    | 130,86<br>1324,23  | 131,22<br>1444,37  | 0,7421<br>5,8289  | 2,8243<br>1,8110 | 4,5385<br>2,4807 | 1637,7<br>395,42 | -0,1623<br>47,32  |
| Lỏng Hơi | -10,00                  | 0,2907  | 652,1<br>2,391    | 153,56<br>1329,10  | 154,01<br>1450,70  | 0,8293<br>5,7569  | 2,8162<br>1,8446 | 4,5636<br>2,5419 | 1602,1<br>397,45 | -0,1550<br>43,63  |
| Lỏng Hơi | -5,00                   | 0,3548  | 645,4<br>2,885    | 176,39<br>1333,70  | 176,94<br>1456,67  | 0,9152<br>5,6877  | 2,8082<br>1,8802 | 4,5895<br>2,6082 | 1566,4<br>399,25 | -0,1472<br>40,32  |
| Lỏng Hơi | 0,00                    | 0,4294  | 638,6<br>3,457    | 199,33<br>1338,02  | 200,00<br>1462,24  | 1,0000<br>5,6210  | 2,8003<br>1,9176 | 4,6165<br>2,6799 | 1530,5<br>400,82 | -0,1388<br>37,33  |
| Lỏng Hơi | 5,00                    | 0,5157  | 631,7<br>4,115    | 222,39<br>1342,05  | 223,21<br>1467,39  | 1,0837<br>5,5568  | 2,7926<br>1,9569 | 4,6451<br>2,7575 | 1494,4<br>402,16 | -0,1297<br>34,63  |
| Lỏng Hơi | 10,00                   | 0,6150  | 624,6<br>4,868    | 245,58<br>1345,77  | 246,57<br>1472,11  | 1,1664<br>5,4946  | 2,7851<br>1,9979 | 4,6757<br>2,8413 | 1458,1<br>403,24 | -0,1198<br>32,19  |
| Lỏng Hơi | 15,00                   | 0,7285  | 617,5<br>5,727    | 268,91<br>1349,17  | 270,09<br>1476,38  | 1,2481<br>5,4344  | 2,7780<br>2,0406 | 4,7088<br>2,9318 | 1421,5<br>404,07 | -0,1090<br>29,97  |
| Lỏng Hơi | 20,00                   | 0,8575  | 610,2<br>6,703    | 292,38<br>1352,22  | 293,78<br>1480,16  | 1,3289<br>5,3759  | 2,7711<br>2,0849 | 4,7448<br>3,0296 | 1384,5<br>404,63 | -0,0971<br>27,96  |
| Lỏng Hơi | 25,00                   | 1,0032  | 602,8<br>7,807    | 316,00<br>1354,92  | 317,67<br>1483,43  | 1,4088<br>5,3188  | 2,7647<br>2,1308 | 4,7844<br>3,1353 | 1347,1<br>404,92 | -0,0840<br>26,13  |
| Lỏng Hơi | 30,00                   | 1,1672  | 595,2<br>9,053    | 339,80<br>1357,24  | 341,76<br>1486,17  | 1,4881<br>5,2631  | 2,7587<br>2,1782 | 4,8282<br>3,2500 | 1309,3<br>404,92 | -0,0695<br>24,45  |

Bảng 7 (kết thúc)

|          | Nhiệt độ<br>°C | Áp suất<br>Mpa | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | C <sub>v</sub><br>kJ/(kg·K) | C <sub>p</sub><br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số J-T<br>K/MPa |
|----------|----------------|----------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|
| Lồng Hơi | 35,00          | 1,3508         | 587,4<br>10,457                       | 363,77<br>1359,16 | 366,07<br>1488,34 | 1,5666<br>5,2086     | 2,7532<br>2,2272            | 4,8771<br>3,3745            | 1271,0<br>404,63  | -0,0534<br>22,92   |
| Lồng Hơi | 40,00          | 1,5554         | 579,4<br>12,034                       | 387,95<br>1360,65 | 390,64<br>1489,91 | 1,6446<br>5,1549     | 2,7484<br>2,2776            | 4,9318<br>3,5104            | 1232,1<br>404,03  | -0,0353<br>21,52   |
| Lồng Hơi | 45,00          | 1,7827         | 571,3<br>13,803                       | 412,35<br>1361,68 | 415,48<br>1490,83 | 1,7220<br>5,1020     | 2,7443<br>2,3294            | 4,9935<br>3,6593            | 1192,7<br>403,12  | -0,0152<br>20,24   |
| Lồng Hơi | 50,00          | 2,0340         | 562,9<br>15,785                       | 437,01<br>1362,22 | 440,62<br>1491,07 | 1,7990<br>5,0497     | 2,7411<br>2,3828            | 5,0635<br>3,8233            | 1152,6<br>401,88  | 0,0076<br>19,06    |
| Lồng Hơi | 55,00          | 2,3111         | 554,2<br>18,006                       | 461,93<br>1362,22 | 466,10<br>1490,57 | 1,8758<br>4,9977     | 2,7389<br>2,4377            | 5,1434<br>4,0051            | 1111,7<br>400,29  | 0,0333<br>17,98    |
| Lồng Hơi | 60,00          | 2,6156         | 545,2<br>20,493                       | 487,17<br>1361,63 | 491,97<br>1489,27 | 1,9523<br>4,9458     | 2,7379<br>2,4942            | 5,2351<br>4,2084            | 1070,2<br>398,34  | 0,0626<br>16,98    |
| Lồng Hơi | 65,00          | 2,9491         | 536,0<br>23,280                       | 512,76<br>1360,41 | 518,26<br>1487,09 | 2,0288<br>4,8939     | 2,7382<br>2,5525            | 5,3411<br>4,4376            | 1027,7<br>396,01  | 0,0960<br>16,05    |
| Lồng Hơi | 70,00          | 3,3135         | 526,3<br>26,407                       | 538,75<br>1358,46 | 545,04<br>1483,94 | 2,1054<br>4,8415     | 2,7402<br>2,6126            | 5,4648<br>4,6990            | 984,4<br>393,29   | 0,1346<br>15,19    |
| Lồng Hơi | 75,00          | 3,7105         | 516,2<br>29,923                       | 565,19<br>1355,73 | 572,37<br>1479,72 | 2,1823<br>4,7885     | 2,7441<br>2,6748            | 5,6103<br>5,0009            | 940,0<br>390,14   | 0,1793<br>14,39    |
| Lồng Hơi | 80,00          | 4,1420         | 505,7<br>33,888                       | 592,15<br>1352,08 | 600,34<br>1474,31 | 2,2596<br>4,7344     | 2,7503<br>2,7393            | 5,7837<br>5,3546            | 894,7<br>386,54   | 0,2317<br>13,65    |
| Lồng Hơi | 85,00          | 4,6100         | 494,5<br>38,376                       | 619,72<br>1347,40 | 629,04<br>1467,53 | 2,3377<br>4,6789     | 2,7594<br>2,8066            | 5,9930<br>5,7766            | 848,1<br>382,47   | 0,2935<br>12,94    |
| Lồng Hơi | 90,00          | 5,1167         | 482,8<br>43,484                       | 648,01<br>1341,52 | 658,61<br>1459,19 | 2,4168<br>4,6213     | 2,7719<br>2,8770            | 6,2501<br>6,2907            | 800,4<br>377,88   | 0,3674<br>12,27    |
| Lồng Hơi | 95,00          | 5,6643         | 470,2<br>49,340                       | 677,14<br>1334,20 | 689,19<br>1449,01 | 2,4973<br>4,5612     | 2,7886<br>2,9511            | 6,5731<br>6,9332            | 751,3<br>372,74   | 0,4569<br>11,63    |
| Lồng Hơi | 100,00         | 6,2553         | 456,6<br>56,117                       | 707,30<br>1325,16 | 721,00<br>1436,63 | 2,5797<br>4,4975     | 2,8108<br>3,0297            | 6,9912<br>7,7622            | 700,7<br>366,99   | 0,5673<br>11,01    |
| Lồng Hơi | 105,00         | 6,8923         | 441,9<br>64,063                       | 738,75<br>1313,98 | 754,35<br>1421,57 | 2,6647<br>4,4291     | 2,8400<br>3,1139            | 7,5551<br>8,8773            | 648,5<br>360,54   | 0,7063<br>10,40    |
| Lồng Hơi | 110,00         | 7,5783         | 425,6<br>73,550                       | 771,88<br>1300,04 | 789,68<br>1403,08 | 2,7533<br>4,3542     | 2,8787<br>3,2049            | 8,3621<br>10,4630           | 594,4<br>353,29   | 0,8869<br>9,78     |
| Lồng Hơi | 115,00         | 8,3170         | 407,2<br>85,182                       | 807,31<br>1282,36 | 827,74<br>1379,99 | 2,8474<br>4,2702     | 2,9307<br>3,3047            | 9,6278<br>12,9091           | 537,7<br>345,04   | 1,1313<br>9,15     |
| Lồng Hơi | 120,00         | 9,1125         | 385,5<br>100,068                      | 846,28<br>1259,17 | 869,92<br>1350,23 | 2,9502<br>4,1719     | 3,0037<br>3,4163            | 11,9405<br>17,2119          | 477,4<br>335,41   | 1,4834<br>8,47     |
| Lồng Hơi | 125,00         | 9,9702         | 357,8<br>120,728                      | 891,82<br>1226,54 | 919,68<br>1309,12 | 3,0702<br>4,0483     | 3,1159<br>3,5447            | 17,6583<br>26,9963          | 411,4<br>323,57   | 2,0455<br>7,69     |
| Lồng Hơi | 130,00         | 10,8977        | 312,3<br>156,766                      | 957,12<br>1169,80 | 992,02<br>1239,32 | 3,2437<br>3,8571     | 3,3450<br>3,7014            | 54,2103<br>76,4902          | 333,6<br>306,58   | 3,1689<br>6,62     |
| Tới hạn  | 132,25         | 11,3330        | 225,0                                 | 1068,82           | 1119,22           | 3,5542               | °                           | °                           | °                 | 5,0513             |

° Điểm ba thể

° Điểm sôi chuẩn

° Các giá trị của C<sub>v</sub>, C<sub>p</sub> và w tại điểm tới hạn không được bao gồm trong tiêu chuẩn này.

## 5.4 R12 - Dichlorodifluoromethane

## 5.4.1 Phạm vi tính toán

Các hệ số có hiệu lực trong các phạm vi sau:

$$T_{\min} = 116,099 \text{ K}, T_{\max} = 525 \text{ K}; p_{\max} = 200 \text{ MPa}; \rho_{\max} = 15,13 \text{ mol/l (1 829 kg/m}^3\text{)}$$

**Bảng 8 – Các hệ số và số mũ của thành phần khí lý tưởng [các phương trình (3) đến (5)]**

| $k$ | $c_k$         | $a_k$           | $b_k$       |
|-----|---------------|-----------------|-------------|
| 0   | 4,003 638 529 | —               | —           |
| 1   | —             | 3,160 638 395   | 1 433,434 2 |
| 2   | —             | 0,371 259 877 4 | 2 430,049 8 |
| 3   | —             | 3,562 277 099   | 685,659 52  |
| 4   | —             | 2,121 533 311   | 412,415 79  |

**Bảng 9 – Các hệ số và số mũ của thành phần khí thực [phương trình (2)]**

| $k$ | $N_k$                                | $t_k$ | $d_k$ | $l_k$ | $a_k$ |
|-----|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 1   | $0,207\ 534\ 340\ 2 \times 10^1$     | 0,5   | 1     | 0     | 0     |
| 2   | $-0,296\ 252\ 599\ 6 \times 10^1$    | 1     | 1     | 0     | 0     |
| 3   | $0,100\ 158\ 961\ 6 \times 10^{-1}$  | 2     | 1     | 0     | 0     |
| 4   | $0,178\ 134\ 761\ 2 \times 10^{-1}$  | 2,5   | 2     | 0     | 0     |
| 5   | $0,255\ 692\ 915\ 7 \times 10^{-1}$  | -0,5  | 4     | 0     | 0     |
| 6   | $0,235\ 214\ 263\ 7 \times 10^{-2}$  | 0     | 6     | 0     | 0     |
| 7   | $-0,849\ 555\ 331\ 4 \times 10^{-4}$ | 0     | 8     | 0     | 0     |
| 8   | $-0,153\ 594\ 559\ 9 \times 10^{-1}$ | -0,5  | 1     | 1     | 1     |
| 9   | $-0,210\ 881\ 677\ 6$                | 1,5   | 1     | 1     | 1     |
| 10  | $-0,165\ 422\ 880\ 6 \times 10^{-1}$ | 2,5   | 5     | 1     | 1     |
| 11  | $-0,118\ 131\ 613\ 0 \times 10^{-1}$ | -0,5  | 7     | 1     | 1     |
| 12  | $-0,416\ 029\ 583\ 0 \times 10^{-4}$ | 0     | 12    | 1     | 1     |
| 13  | $0,278\ 486\ 166\ 4 \times 10^{-4}$  | 0,5   | 12    | 1     | 1     |
| 14  | $0,161\ 868\ 643\ 3 \times 10^{-5}$  | -0,5  | 14    | 1     | 1     |
| 15  | $-0,106\ 461\ 468\ 6$                | 4     | 1     | 2     | 1     |
| 16  | $0,936\ 966\ 520\ 7 \times 10^{-3}$  | 4     | 9     | 2     | 1     |
| 17  | $0,259\ 009\ 544\ 7 \times 10^{-1}$  | 2     | 1     | 3     | 1     |
| 18  | $-0,434\ 702\ 502\ 5 \times 10^{-1}$ | 4     | 1     | 3     | 1     |
| 19  | $0,101\ 230\ 844\ 9$                 | 12    | 3     | 3     | 1     |
| 20  | $-0,110\ 000\ 343\ 8$                | 14    | 3     | 3     | 1     |
| 21  | $-0,336\ 101\ 200\ 9 \times 10^{-2}$ | 0     | 5     | 3     | 1     |
| 22  | $0,378\ 919\ 000\ 8 \times 10^{-3}$  | 14    | 9     | 4     | 1     |



## 5.4.2 Các tham số rút gọn, khối lượng phân tử và hằng số khí

$T^* = 385,12 \text{ K}$ ,  $p^* = 4,672\,781 \text{ mol/l}$ ,  $M = 120,913 \text{ g/mol}$ ,  $R = 8,314\,471 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$

## 5.4.3 Các tham số trạng thái tham chiếu

$T_{\text{ref}} = 273,15 \text{ K}$ ,  $p_{\text{ref}} = 1,0 \text{ kPa}$ ,  $h_{\text{ref}} = 43\,261,068 \text{ J/mol}$ ,  $s_{\text{ref}} = 237,753\,2 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ ,  $f_1 = 1,622\,697\,55$ ,  
 $f_2 = 3\,621,284\,29$

Bảng 10 – Các giá trị tính chất R12 dọc theo đường biên bão hòa lỏng-hơi

|          | Nhiệt độ<br>°C       | Áp suất<br>MPa         | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | $C_v$<br>kJ/(kg·K) | $C_p$<br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số<br>J-T<br>K/MPa |
|----------|----------------------|------------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|
| Lỏng Hơi | -157,05 <sup>a</sup> | $2,426 \times 10^{-7}$ | 1828,8<br>$3,038 \times 10^{-5}$      | 66,33<br>275,23   | 66,33<br>283,21   | 0,2780<br>2,1461     | 0,5725<br>0,2860   | 0,8561<br>0,3548   | 1310,0<br>99,51   | -0,5305<br>532,60     |
| Lỏng Hơi | -155,00              | $3,883 \times 10^{-7}$ | 1823,4<br>$4,779 \times 10^{-5}$      | 68,08<br>275,82   | 68,08<br>283,94   | 0,2930<br>2,1200     | 0,5674<br>0,2894   | 0,8510<br>0,3582   | 1299,6<br>100,27  | -0,5333<br>495,55     |
| Lỏng Hơi | -150,00              | $1,135 \times 10^{-6}$ | 1810,1<br>$1,340 \times 10^{-4}$      | 72,31<br>277,29   | 72,31<br>285,75   | 0,3280<br>2,0612     | 0,5567<br>0,2978   | 0,8404<br>0,3665   | 1274,4<br>102,10  | -0,5389<br>418,14     |
| Lỏng Hơi | -145,00              | $3,019 \times 10^{-6}$ | 1796,9<br>$3,426 \times 10^{-4}$      | 76,49<br>278,80   | 76,49<br>287,61   | 0,3613<br>2,0087     | 0,5482<br>0,3062   | 0,8321<br>0,3749   | 1249,5<br>103,88  | -0,5430<br>355,64     |
| Lỏng Hơi | -140,00              | $7,387 \times 10^{-6}$ | 1783,7<br>$8,068 \times 10^{-4}$      | 80,63<br>280,35   | 80,63<br>289,50   | 0,3930<br>1,9617     | 0,5415<br>0,3146   | 0,8257<br>0,3833   | 1224,8<br>105,63  | -0,5458<br>304,78     |
| Lỏng Hơi | -135,00              | $1,680 \times 10^{-5}$ | 1770,6<br>$1,768 \times 10^{-3}$      | 84,75<br>281,94   | 84,75<br>291,44   | 0,4234<br>1,9195     | 0,5363<br>0,3229   | 0,8210<br>0,3917   | 1200,3<br>107,34  | -0,5473<br>263,05     |
| Lỏng Hơi | -130,00              | $3,577 \times 10^{-5}$ | 1757,5<br>$3,635 \times 10^{-3}$      | 88,85<br>283,57   | 88,85<br>293,42   | 0,4525<br>1,8816     | 0,5324<br>0,3313   | 0,8177<br>0,4001   | 1176,0<br>109,02  | -0,5476<br>228,57     |
| Lỏng Hơi | -125,00              | $7,189 \times 10^{-5}$ | 1744,5<br>$7,058 \times 10^{-3}$      | 92,93<br>285,25   | 92,93<br>295,44   | 0,4805<br>1,8474     | 0,5296<br>0,3396   | 0,8157<br>0,4084   | 1152,0<br>110,67  | -0,5469<br>199,86     |
| Lỏng Hơi | -120,00              | 0,000137               | 1731,4<br>0,01303                     | 97,01<br>286,96   | 97,01<br>297,49   | 0,5076<br>1,8167     | 0,5277<br>0,3478   | 0,8146<br>0,4166   | 1128,1<br>112,29  | -0,5453<br>175,81     |
| Lỏng Hơi | -115,00              | 0,000250               | 1718,4<br>0,02297                     | 101,08<br>288,72  | 101,08<br>299,59  | 0,5338<br>1,7890     | 0,5266<br>0,3559   | 0,8145<br>0,4248   | 1104,5<br>113,89  | -0,5428<br>155,54     |
| Lỏng Hơi | -110,00              | 0,000436               | 1705,3<br>0,03887                     | 105,15<br>290,51  | 105,15<br>301,72  | 0,5591<br>1,7640     | 0,5263<br>0,3640   | 0,8152<br>0,4330   | 1081,1<br>115,45  | -0,5395<br>138,34     |
| Lỏng Hơi | -105,00              | 0,000732               | 1692,2<br>0,06339                     | 109,23<br>292,34  | 109,23<br>303,89  | 0,5838<br>1,7414     | 0,5265<br>0,3719   | 0,8166<br>0,4410   | 1058,0<br>116,99  | -0,5355<br>123,68     |
| Lỏng Hơi | -100,00              | 0,00119                | 1679,1<br>0,1000                      | 113,32<br>294,20  | 113,32<br>306,09  | 0,6077<br>1,7210     | 0,5272<br>0,3798   | 0,8186<br>0,4491   | 1035,0<br>118,49  | -0,5308<br>111,11     |
| Lỏng Hơi | -95,00               | 0,00187                | 1666,0<br>0,1529                      | 117,42<br>296,10  | 117,42<br>308,32  | 0,6310<br>1,7026     | 0,5283<br>0,3876   | 0,8211<br>0,4571   | 1012,2<br>119,96  | -0,5254<br>100,28     |
| Lỏng Hơi | -90,00               | 0,00286                | 1652,8<br>0,2275                      | 121,53<br>298,03  | 121,53<br>310,59  | 0,6538<br>1,6861     | 0,5298<br>0,3953   | 0,8241<br>0,4650   | 989,7<br>121,39   | -0,5194<br>90,92      |
| Lỏng Hơi | -85,00               | 0,00426                | 1639,6<br>0,3302                      | 125,66<br>299,98  | 125,66<br>312,87  | 0,6761<br>1,6711     | 0,5316<br>0,4030   | 0,8275<br>0,4730   | 967,3<br>122,79   | -0,5128<br>82,76      |
| Lỏng Hơi | -80,00               | 0,00619                | 1626,3<br>0,4683                      | 129,80<br>301,97  | 129,81<br>315,19  | 0,6978<br>1,6576     | 0,5337<br>0,4105   | 0,8313<br>0,4810   | 945,2<br>124,14   | -0,5055<br>75,69      |
| Lỏng Hơi | -75,00               | 0,00881                | 1612,9<br>0,6503                      | 133,97<br>303,98  | 133,98<br>317,52  | 0,7191<br>1,6454     | 0,5361<br>0,4181   | 0,8355<br>0,4890   | 923,3<br>125,45   | -0,4977<br>69,49      |
| Lỏng Hơi | -70,00               | 0,0123                 | 1599,5<br>0,886                       | 138,16<br>306,01  | 138,17<br>319,87  | 0,7400<br>1,6344     | 0,5386<br>0,4255   | 0,8400<br>0,4971   | 901,5<br>126,71   | -0,4892<br>64,05      |
| Lỏng Hơi | -65,00               | 0,0168                 | 1586,0<br>1,186                       | 142,37<br>308,07  | 142,38<br>322,24  | 0,7604<br>1,6245     | 0,5413<br>0,4330   | 0,8448<br>0,5052   | 879,9<br>127,91   | -0,4801<br>59,26      |

Bảng 10 (tiếp theo)

|          | Nhiệt độ<br>°C | Áp suất<br>MPa | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | $C_v$<br>kJ/(kg·K) | $C_p$<br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số<br>J-T<br>K/MPa |
|----------|----------------|----------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|
| Lồng Hơi | -60,00         | 0,0226         | 1572,3<br>1,563                       | 146,60<br>310,14  | 146,62<br>324,61  | 0,7806<br>1,6156     | 0,5442<br>0,4403   | 0,8499<br>0,5134   | 858,5<br>129,06   | -0,4703<br>55,03      |
| Lồng Hơi | -55,00         | 0,0300         | 1558,6<br>2,029                       | 150,87<br>312,23  | 150,88<br>327,00  | 0,8003<br>1,6076     | 0,5472<br>0,4477   | 0,8553<br>0,5218   | 837,3<br>130,15   | -0,4598<br>51,29      |
| Lồng Hơi | -50,00         | 0,0391         | 1544,7<br>2,598                       | 155,15<br>314,34  | 155,18<br>329,39  | 0,8197<br>1,6004     | 0,5503<br>0,4550   | 0,8609<br>0,5302   | 816,2<br>131,17   | -0,4486<br>47,97      |
| Lồng Hơi | -45,00         | 0,0504         | 1530,7<br>3,286                       | 159,47<br>316,45  | 159,50<br>331,79  | 0,8389<br>1,5940     | 0,5535<br>0,4624   | 0,8668<br>0,5389   | 795,3<br>132,11   | -0,4366<br>45,01      |
| Lồng Hơi | -40,00         | 0,0641         | 1516,5<br>4,108                       | 163,81<br>318,58  | 163,86<br>334,18  | 0,8577<br>1,5882     | 0,5568<br>0,4697   | 0,8730<br>0,5477   | 774,5<br>132,99   | -0,4237<br>42,38      |
| Lồng Hơi | -35,00         | 0,0806         | 1502,2<br>5,083                       | 168,19<br>320,71  | 168,24<br>336,56  | 0,8763<br>1,5831     | 0,5602<br>0,4770   | 0,8795<br>0,5568   | 753,8<br>133,78   | -0,4099<br>40,02      |
| Lồng Hơi | -30,00         | 0,1003         | 1487,7<br>6,228                       | 172,60<br>322,84  | 172,67<br>338,94  | 0,8946<br>1,5784     | 0,5636<br>0,4843   | 0,8863<br>0,5661   | 733,3<br>134,49   | -0,3951<br>37,90      |
| Lồng Hơi | -29,75b        | 0,1013         | 1487,0<br>6,289                       | 172,82<br>322,95  | 172,89<br>339,06  | 0,8955<br>1,5782     | 0,5637<br>0,4847   | 0,8866<br>0,5666   | 732,3<br>134,52   | -0,3943<br>37,81      |
| Lồng Hơi | -25,00         | 0,1235         | 1473,0<br>7,563                       | 177,04<br>324,98  | 177,12<br>341,30  | 0,9127<br>1,5743     | 0,5670<br>0,4917   | 0,8934<br>0,5757   | 712,9<br>135,10   | -0,3792<br>36,00      |
| Lồng Hơi | -20,00         | 0,1507         | 1458,1<br>9,109                       | 181,51<br>327,11  | 181,62<br>343,65  | 0,9305<br>1,5706     | 0,5705<br>0,4990   | 0,9007<br>0,5857   | 692,5<br>135,63   | -0,3620<br>34,29      |
| Lồng Hơi | -15,00         | 0,1823         | 1443,0<br>10,889                      | 186,02<br>329,24  | 186,15<br>345,98  | 0,9482<br>1,5673     | 0,5741<br>0,5064   | 0,9085<br>0,5960   | 672,3<br>136,05   | -0,3434<br>32,75      |
| Lồng Hơi | -10,00         | 0,2188         | 1427,6<br>12,925                      | 190,57<br>331,36  | 190,72<br>348,29  | 0,9656<br>1,5644     | 0,5776<br>0,5139   | 0,9168<br>0,6068   | 652,1<br>136,38   | -0,3233<br>31,35      |
| Lồng Hơi | -5,00          | 0,2606         | 1412,0<br>15,244                      | 195,15<br>333,47  | 195,34<br>350,56  | 0,9829<br>1,5618     | 0,5812<br>0,5213   | 0,9251<br>0,6180   | 632,0<br>136,59   | -0,3015<br>30,09      |
| Lồng Hơi | 0,00           | 0,3081         | 1396,1<br>17,873                      | 199,78<br>335,56  | 200,00<br>352,81  | 1,0000<br>1,5594     | 0,5849<br>0,5289   | 0,9341<br>0,6298   | 611,9<br>136,69   | -0,2777<br>28,94      |
| Lồng Hơi | 5,00           | 0,3620         | 1379,8<br>20,842                      | 204,45<br>337,64  | 204,71<br>355,01  | 1,0169<br>1,5573     | 0,5885<br>0,5365   | 0,9436<br>0,6423   | 591,9<br>136,68   | -0,2516<br>27,91      |
| Lồng Hơi | 10,00          | 0,4227         | 1363,2<br>24,184                      | 209,15<br>339,70  | 209,46<br>357,18  | 1,0337<br>1,5554     | 0,5922<br>0,5441   | 0,9537<br>0,6555   | 571,8<br>136,54   | -0,2230<br>26,97      |
| Lồng Hơi | 15,00          | 0,4906         | 1346,3<br>27,935                      | 213,91<br>341,73  | 214,27<br>359,30  | 1,0504<br>1,5537     | 0,5960<br>0,5519   | 0,9645<br>0,6696   | 551,8<br>136,28   | -0,1915<br>26,11      |
| Lồng Hơi | 20,00          | 0,5664         | 1328,9<br>32,135                      | 218,71<br>343,73  | 219,14<br>361,36  | 1,0669<br>1,5521     | 0,5997<br>0,5597   | 0,9761<br>0,6846   | 531,7<br>135,88   | -0,1565<br>25,34      |
| Lồng Hơi | 25,00          | 0,6506         | 1311,0<br>36,828                      | 223,56<br>345,70  | 224,06<br>363,37  | 1,0834<br>1,5506     | 0,6036<br>0,5676   | 0,9885<br>0,7008   | 511,5<br>135,34   | -0,1176<br>24,65      |
| Lồng Hơi | 30,00          | 0,7437         | 1292,7<br>42,066                      | 228,47<br>347,63  | 229,04<br>365,31  | 1,0997<br>1,5492     | 0,6075<br>0,5757   | 1,0021<br>0,7184   | 491,3<br>134,65   | -0,0740<br>24,02      |
| Lồng Hơi | 35,00          | 0,8462         | 1273,8<br>47,906                      | 233,43<br>349,51  | 234,10<br>367,18  | 1,1160<br>1,5478     | 0,6114<br>0,5838   | 1,0169<br>0,7377   | 471,0<br>133,82   | -0,0248<br>23,46      |
| Lồng Hơi | 40,00          | 0,9588         | 1254,3<br>54,416                      | 238,46<br>351,34  | 239,22<br>368,96  | 1,1322<br>1,5465     | 0,6155<br>0,5921   | 1,0332<br>0,7589   | 450,5<br>132,82   | 0,0311<br>22,96       |
| Lồng Hơi | 45,00          | 1,0821         | 1234,0<br>61,673                      | 243,55<br>353,11  | 244,42<br>370,66  | 1,1484<br>1,5451     | 0,6197<br>0,6006   | 1,0514<br>0,7827   | 429,7<br>131,65   | 0,0950<br>22,52       |
| Lồng Hơi | 50,00          | 1,2166         | 1213,0<br>69,771                      | 248,71<br>354,81  | 249,71<br>372,24  | 1,1645<br>1,5437     | 0,6242<br>0,6093   | 1,0719<br>0,8095   | 408,8<br>130,30   | 0,1688<br>22,14       |



Bảng 10 (kết thúc)

|                                                                                                                                                       | Nhiệt độ<br>°C | Áp suất<br>MPa | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | C <sub>v</sub><br>kJ/(kg·K) | C <sub>p</sub><br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số J-T<br>K/MPa |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|
| Lồng Hơi                                                                                                                                              | 55,00          | 1,3630         | 1191,1<br>78,823                      | 253,95<br>356,42  | 255,10<br>373,72  | 1,1807<br>1,5421     | 0,6288<br>0,6182            | 1,0953<br>0,8404            | 387,5<br>128,76   | 0,2549<br>21,81    |
| Lồng Hơi                                                                                                                                              | 60,00          | 1,5219         | 1168,1<br>88,966                      | 259,28<br>357,94  | 260,58<br>375,05  | 1,1969<br>1,5404     | 0,6338<br>0,6274            | 1,1225<br>0,8763            | 365,9<br>127,02   | 0,3565<br>21,54    |
| Lồng Hơi                                                                                                                                              | 65,00          | 1,6941         | 1144,0<br>100,375                     | 264,71<br>359,35  | 266,19<br>376,23  | 1,2131<br>1,5385     | 0,6391<br>0,6370            | 1,1545<br>0,9191            | 343,9<br>125,07   | 0,4783<br>21,31    |
| Lồng Hơi                                                                                                                                              | 70,00          | 1,8802         | 1118,3<br>113,272                     | 270,26<br>360,62  | 271,94<br>377,22  | 1,2295<br>1,5363     | 0,6450<br>0,6471            | 1,1931<br>0,9714            | 321,3<br>122,88   | 0,6264<br>21,14    |
| Lồng Hơi                                                                                                                                              | 75,00          | 2,0811         | 1090,9<br>127,952                     | 275,94<br>361,72  | 277,84<br>377,99  | 1,2461<br>1,5337     | 0,6517<br>0,6578            | 1,2410<br>1,0370            | 298,1<br>120,44   | 0,8103<br>21,01    |
| Lồng Hơi                                                                                                                                              | 80,00          | 2,2975         | 1061,4<br>144,822                     | 281,78<br>362,62  | 283,94<br>378,48  | 1,2629<br>1,5306     | 0,6594<br>0,6693            | 1,3024<br>1,1225            | 274,1<br>117,73   | 1,0439<br>20,92    |
| Lồng Hơi                                                                                                                                              | 85,00          | 2,5304         | 1029,1<br>164,464                     | 287,82<br>363,26  | 290,27<br>378,64  | 1,2801<br>1,5268     | 0,6684<br>0,6819            | 1,3844<br>1,2394            | 249,4<br>114,73   | 1,3495<br>20,85    |
| Lồng Hơi                                                                                                                                              | 90,00          | 2,7808         | 993,2<br>187,766                      | 294,11<br>363,54  | 296,91<br>378,35  | 1,2978<br>1,5220     | 0,6795<br>0,6961            | 1,5006<br>1,4101            | 223,6<br>111,41   | 1,7636<br>20,79    |
| Lồng Hơi                                                                                                                                              | 95,00          | 3,0501         | 952,2<br>216,208                      | 300,75<br>363,34  | 303,95<br>377,45  | 1,3163<br>1,5159     | 0,6936<br>0,7127            | 1,6794<br>1,6835            | 196,9<br>107,75   | 2,3518<br>20,68    |
| Lồng Hơi                                                                                                                                              | 100,00         | 3,3399         | 903,8<br>252,577                      | 307,89<br>362,38  | 311,58<br>375,60  | 1,3360<br>1,5076     | 0,7122<br>0,7332            | 1,9963<br>2,1924            | 169,0<br>103,73   | 3,2470<br>20,41    |
| Lồng Hơi                                                                                                                                              | 105,00         | 3,6525         | 842,2<br>303,473                      | 315,90<br>360,05  | 320,24<br>372,08  | 1,3581<br>1,4952     | 0,7387<br>0,7610            | 2,7539<br>3,4579            | 139,3<br>99,28    | 4,7872<br>19,71    |
| Lồng Hơi                                                                                                                                              | 110,00         | 3,9924         | 742,7<br>396,337                      | 326,44<br>353,88  | 331,82<br>363,95  | 1,3874<br>1,4712     | 0,7870<br>0,8089            | 7,8061<br>11,4400           | 105,3<br>93,96    | 8,2916<br>17,60    |
| Tới hạn                                                                                                                                               | 111,97         | 4,1361         | 565,0                                 | 340,44            | 347,76            | 1,4283               | °                           | °                           | °                 | 13,3694            |
| ° Điểm ba thể<br>° Điểm sôi chuẩn<br>° Các giá trị của C <sub>v</sub> , C <sub>p</sub> và w tại điểm tới hạn không được bao gồm trong tiêu chuẩn này. |                |                |                                       |                   |                   |                      |                             |                             |                   |                    |

## 5.5 R22 - Chlorodifluoromethane

## 5.5.1 Phạm vi tính toán

Các hệ số có hiệu lực trong các phạm vi sau:

$$T_{\min} = 115,73 \text{ K}, T_{\max} = 550 \text{ K}; p_{\max} = 60 \text{ MPa}; \rho_{\max} = 19,91 \text{ mol/l (1 722 kg/m}^3\text{)}$$

**Bảng 11 – Các hệ số và số mũ của thành phần khí lý tưởng [các phương trình (3) đến (5)]**

| $k$ | $c_k$             | $t_k$ | $a_k$ | $b_k$        |
|-----|-------------------|-------|-------|--------------|
| 0   | 4,005 261 404 46  | —     | —     | —            |
| 1   | 0,000 120 662 553 | 1     | —     | —            |
| 2   | —                 | —     | 1,0   | 4 352,309 5  |
| 3   | —                 | —     | 1,0   | 1 935,159 1  |
| 4   | —                 | —     | 1,0   | 1 887,679 36 |
| 5   | —                 | —     | 1,0   | 1 694,882 84 |
| 6   | —                 | —     | 1,0   | 1 605,678 48 |
| 7   | —                 | —     | 1,0   | 1 162,534 24 |
| 8   | —                 | —     | 1,0   | 857,512 88   |
| 9   | —                 | —     | 1,0   | 605,726 38   |
| 10  | —                 | —     | 1,0   | 530,909 82   |

Bảng 12 – Các hệ số và số mũ của thành phần khí thực [phương trình (2)]

| $k$ | $N_k$                                  | $t_k$ | $d_k$ | $l_k$ | $a_k$ |
|-----|----------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 1   | $0,695\,645\,445\,236 \times 10^{-1}$  | -1    | 1     | 0     | 0     |
| 2   | $0,252\,275\,419\,999 \times 10^2$     | 1,75  | 1     | 0     | 0     |
| 3   | $-0,202\,351\,148\,311 \times 10^3$    | 2,25  | 1     | 0     | 0     |
| 4   | $0,350\,063\,090\,302 \times 10^3$     | 2,5   | 1     | 0     | 0     |
| 5   | $-0,223\,134\,648\,863 \times 10^3$    | 2,75  | 1     | 0     | 0     |
| 6   | $0,488\,345\,904\,592 \times 10^2$     | 3     | 1     | 0     | 0     |
| 7   | $0,108\,874\,958\,556 \times 10^{-1}$  | 5,5   | 1     | 0     | 0     |
| 8   | 0,590 315 073 614                      | 1,5   | 2     | 0     | 0     |
| 9   | -0,689 043 767 432                     | 1,75  | 2     | 0     | 0     |
| 10  | 0,284 224 445 844                      | 3,5   | 2     | 0     | 0     |
| 11  | 0,125 436 457 897                      | 1     | 3     | 0     | 0     |
| 12  | $-0,113\,338\,666\,416 \times 10^{-1}$ | 4,5   | 3     | 0     | 0     |
| 13  | $-0,631\,388\,959\,17 \times 10^{-1}$  | 1,5   | 4     | 0     | 0     |
| 14  | $0,974\,021\,015\,232 \times 10^{-2}$  | 0,5   | 5     | 0     | 0     |
| 15  | $-0,408\,406\,844\,722 \times 10^{-3}$ | 4,5   | 6     | 0     | 0     |
| 16  | $0,741\,948\,773\,570 \times 10^{-3}$  | 1     | 7     | 0     | 0     |
| 17  | $0,315\,912\,525\,922 \times 10^{-3}$  | 4     | 7     | 0     | 0     |
| 18  | $0,876\,009\,723\,338 \times 10^{-5}$  | 5     | 7     | 0     | 0     |
| 19  | $-0,110\,343\,340\,301 \times 10^{-3}$ | -0,5  | 8     | 0     | 0     |
| 20  | $-0,705\,323\,356\,879 \times 10^{-4}$ | 3,5   | 8     | 0     | 0     |
| 21  | 0,235 850 731 510                      | 5     | 2     | 2     | 1     |
| 22  | -0,192 640 494 729                     | 7     | 2     | 2     | 1     |
| 23  | $0,375\,218\,008\,557 \times 10^{-2}$  | 12    | 2     | 2     | 1     |
| 24  | $-0,448\,926\,036\,678 \times 10^{-4}$ | 15    | 2     | 2     | 1     |
| 25  | $0,198\,120\,520\,635 \times 10^{-1}$  | 3,5   | 3     | 3     | 1     |
| 26  | $-0,356\,958\,425\,255 \times 10^{-1}$ | 3,5   | 4     | 2     | 1     |
| 27  | $0,319\,594\,161\,562 \times 10^{-1}$  | 8     | 4     | 2     | 1     |
| 28  | $0,260\,284\,291\,078 \times 10^{-5}$  | 15    | 4     | 2     | 1     |
| 29  | $-0,897\,629\,021\,967 \times 10^{-2}$ | 25    | 4     | 4     | 1     |
| 30  | $0,345\,482\,791\,645 \times 10^{-1}$  | 3     | 6     | 2     | 1     |
| 31  | $-0,411\,831\,711\,251 \times 10^{-2}$ | 9     | 6     | 2     | 1     |
| 32  | $0,567\,428\,536\,529 \times 10^{-2}$  | 19    | 6     | 4     | 1     |
| 33  | $-0,563\,368\,989\,908 \times 10^{-2}$ | 2     | 8     | 2     | 1     |
| 34  | $0,191\,384\,919\,423 \times 10^{-2}$  | 7     | 8     | 2     | 1     |
| 35  | $-0,178\,930\,036\,389 \times 10^{-2}$ | 13    | 8     | 4     | 1     |

## 5.5.2 Các tham số rút gọn, khối lượng phân tử và hằng số khí

$T^* = 369,295\text{ K}$ ,  $p^* = 6,058\,22\text{ mol/l}$ ,  $M = 86,468\text{ g/mol}$ ,  $R = 8,314\,51\text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$

## 5.5.3 Các tham số trạng thái tham chiếu

$T_{ref} = 273,15 \text{ K}$ ,  $p_{ref} = 1,0 \text{ kPa}$ ,  $h_{ref} = 35\,874,594 \text{ J/mol}$ ,  $s_{ref} = 205,291 \text{ J/(mol·K)}$ ,  $f_1 = 4,111\,053\,69$ ,  
 $f_2 = 2\,986,449\,88$

Bảng 13 – Các giá trị tính chất R22 dọc theo đường biên bão hòa lỏng-hơi

|          | Nhiệt độ<br>°C       | Áp suất<br>MPa         | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | $C_v$<br>kJ/(kg·K) | $C_p$<br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số J-T<br>- K/MPa |
|----------|----------------------|------------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|----------------------|
| Lỏng Hơi | -157,42 <sup>a</sup> | $3,795 \times 10^{-7}$ | 1721,3<br>$3,410 \times 10^{-5}$      | 29,60<br>321,58   | 29,60<br>332,71   | 0,0761<br>2,6952     | 0,7161<br>0,3292   | 1,0753<br>0,4253   | 1410,9<br>119,91  | -0,4446<br>398,80    |
| Lỏng Hơi | -155,00              | $6,620 \times 10^{-7}$ | 1714,9<br>$5,827 \times 10^{-5}$      | 32,20<br>322,38   | 32,20<br>333,74   | 0,0983<br>2,6505     | 0,7139<br>0,3318   | 1,0735<br>0,4280   | 1398,2<br>121,05  | -0,4450<br>380,74    |
| Lỏng Hơi | -150,00              | $1,934 \times 10^{-6}$ | 1701,8<br>$1,633 \times 10^{-4}$      | 37,56<br>324,05   | 37,56<br>335,90   | 0,1428<br>2,5653     | 0,7086<br>0,3375   | 1,0696<br>0,4336   | 1371,9<br>123,35  | -0,4456<br>344,75    |
| Lỏng Hơi | -145,00              | $5,141 \times 10^{-6}$ | 1688,8<br>$4,172 \times 10^{-4}$      | 42,90<br>325,76   | 42,90<br>338,08   | 0,1853<br>2,4887     | 0,7027<br>0,3433   | 1,0663<br>0,4394   | 1346,3<br>125,60  | -0,4456<br>311,19    |
| Lỏng Hơi | -140,00              | $1,258 \times 10^{-5}$ | 1675,8<br>$9,826 \times 10^{-4}$      | 48,22<br>327,49   | 48,22<br>340,29   | 0,2260<br>2,4195     | 0,6972<br>0,3492   | 1,0641<br>0,4454   | 1321,4<br>127,78  | -0,4449<br>280,46    |
| Lỏng Hơi | -135,00              | $2,860 \times 10^{-5}$ | 1662,8<br>$2,153 \times 10^{-3}$      | 53,54<br>329,25   | 53,54<br>342,53   | 0,2652<br>2,3571     | 0,6923<br>0,3552   | 1,0628<br>0,4514   | 1296,8<br>129,92  | -0,4436<br>252,63    |
| Lỏng Hơi | -130,00              | $6,091 \times 10^{-5}$ | 1649,8<br>$4,426 \times 10^{-3}$      | 58,85<br>331,04   | 58,85<br>344,80   | 0,3030<br>2,3005     | 0,6882<br>0,3614   | 1,0622<br>0,4576   | 1272,4<br>132,01  | -0,4417<br>227,61    |
| Lỏng Hơi | -125,00              | 0,000122               | 1636,8<br>0,00859                     | 64,16<br>332,85   | 64,16<br>347,10   | 0,3395<br>2,2492     | 0,6847<br>0,3676   | 1,0620<br>0,4639   | 1248,0<br>134,05  | -0,4396<br>205,23    |
| Lỏng Hơi | -120,00              | 0,000233               | 1623,7<br>0,01585                     | 69,47<br>334,70   | 69,47<br>349,42   | 0,3747<br>2,2027     | 0,6815<br>0,3739   | 1,0619<br>0,4703   | 1223,7<br>136,04  | -0,4372<br>185,26    |
| Lỏng Hơi | -115,00              | 0,000424               | 1610,7<br>0,02792                     | 74,78<br>336,57   | 74,78<br>351,77   | 0,4088<br>2,1603     | 0,6786<br>0,3803   | 1,0618<br>0,4768   | 1199,5<br>137,99  | -0,4346<br>167,49    |
| Lỏng Hơi | -110,00              | 0,000740               | 1597,6<br>0,04719                     | 80,09<br>338,48   | 80,09<br>354,15   | 0,4419<br>2,1217     | 0,6759<br>0,3868   | 1,0616<br>0,4834   | 1175,4<br>139,90  | -0,4319<br>151,69    |
| Lỏng Hơi | -105,00              | 0,00124                | 1584,5<br>0,0768                      | 85,40<br>340,40   | 85,40<br>356,55   | 0,4739<br>2,0865     | 0,6732<br>0,3934   | 1,0614<br>0,4902   | 1151,4<br>141,76  | -0,4289<br>137,65    |
| Lỏng Hơi | -100,00              | 0,00201                | 1571,3<br>0,1210                      | 90,70<br>342,35   | 90,71<br>358,97   | 0,5050<br>2,0543     | 0,6706<br>0,4000   | 1,0612<br>0,4972   | 1127,5<br>143,57  | -0,4257<br>125,17    |
| Lỏng Hơi | -95,00               | 0,00316                | 1558,1<br>0,1847                      | 96,01<br>344,32   | 96,01<br>361,40   | 0,5352<br>2,0249     | 0,6680<br>0,4067   | 1,0611<br>0,5044   | 1103,7<br>145,34  | -0,4221<br>114,07    |
| Lỏng Hơi | -90,00               | 0,00481                | 1544,9<br>0,2744                      | 101,31<br>346,31  | 101,32<br>363,85  | 0,5646<br>1,9980     | 0,6655<br>0,4136   | 1,0612<br>0,5118   | 1080,1<br>147,05  | -0,4180<br>104,20    |
| Lỏng Hơi | -85,00               | 0,00715                | 1531,6<br>0,3973                      | 106,62<br>348,31  | 106,63<br>366,31  | 0,5932<br>1,9734     | 0,6632<br>0,4206   | 1,0616<br>0,5195   | 1056,6<br>148,70  | -0,4134<br>95,41     |
| Lỏng Hơi | -80,00               | 0,0104                 | 1518,2<br>0,562                       | 111,93<br>350,33  | 111,94<br>368,77  | 0,6210<br>1,9508     | 0,6611<br>0,4277   | 1,0624<br>0,5276   | 1033,1<br>150,29  | -0,4082<br>87,58     |
| Lỏng Hơi | -75,00               | 0,0147                 | 1504,7<br>0,779                       | 117,24<br>352,36  | 117,25<br>371,24  | 0,6482<br>1,9300     | 0,6592<br>0,4350   | 1,0637<br>0,5359   | 1009,8<br>151,82  | -0,4023<br>80,60     |
| Lỏng Hơi | -70,00               | 0,0205                 | 1491,2<br>1,060                       | 122,56<br>354,39  | 122,58<br>373,70  | 0,6747<br>1,9108     | 0,6575<br>0,4425   | 1,0655<br>0,5447   | 986,4<br>153,28   | -0,3956<br>74,36     |
| Lỏng Hơi | -65,00               | 0,0279                 | 1477,5<br>1,416                       | 127,90<br>356,42  | 127,91<br>376,15  | 0,7006<br>1,8932     | 0,6562<br>0,4502   | 1,0679<br>0,5539   | 963,2<br>154,66   | -0,3881<br>68,78     |

Bảng 13 (tiếp theo)

|          | Nhiệt độ<br>°C      | Áp suất<br>MPa | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | $C_v$<br>kJ/(kg·K) | $C_p$<br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số J-T<br>K/MPa |
|----------|---------------------|----------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Lồng Hơi | -60,00              | 0,0375         | 1463,7<br>1,863                       | 133,24<br>358,46  | 133,27<br>378,59  | 0,7260<br>1,8770     | 0,6552<br>0,4581   | 1,0710<br>0,5637   | 939,9<br>155,97   | -0,3796<br>63,78   |
| Lồng Hơi | -55,00              | 0,0496         | 1449,7<br>2,414                       | 138,60<br>360,49  | 138,63<br>381,02  | 0,7509<br>1,8619     | 0,6546<br>0,4662   | 1,0748<br>0,5739   | 916,6<br>157,18   | -0,3702<br>59,29   |
| Lồng Hơi | -50,00              | 0,0645         | 1435,6<br>3,088                       | 143,98<br>362,52  | 144,03<br>383,42  | 0,7752<br>1,8480     | 0,6543<br>0,4745   | 1,0793<br>0,5847   | 893,4<br>158,31   | -0,3597<br>55,26   |
| Lồng Hơi | -45,00              | 0,0829         | 1421,3<br>3,901                       | 149,38<br>364,53  | 149,44<br>385,79  | 0,7992<br>1,8351     | 0,6544<br>0,4831   | 1,0845<br>0,5962   | 870,1<br>159,33   | -0,3481<br>51,63   |
| Lồng Hơi | -40,81 <sup>b</sup> | 0,1013         | 1409,2<br>4,704                       | 153,93<br>366,21  | 154,00<br>387,75  | 0,8189<br>1,8250     | 0,6548<br>0,4904   | 1,0895<br>0,6063   | 850,6<br>160,11   | -0,3375<br>48,85   |
| Lồng Hơi | -40,00              | 0,1052         | 1406,8<br>4,873                       | 154,81<br>366,53  | 154,89<br>388,13  | 0,8227<br>1,8231     | 0,6549<br>0,4919   | 1,0905<br>0,6083   | 846,9<br>160,26   | -0,3353<br>48,34   |
| Lồng Hơi | -30,00              | 0,1639         | 1377,2<br>7,379                       | 165,76<br>370,48  | 165,88<br>392,69  | 0,8687<br>1,8015     | 0,6570<br>0,5103   | 1,1049<br>0,6349   | 800,3<br>161,78   | -0,3057<br>42,68   |
| Lồng Hơi | -25,00              | 0,2014         | 1362,0<br>8,958                       | 171,29<br>372,42  | 171,44<br>394,90  | 0,8912<br>1,7918     | 0,6585<br>0,5199   | 1,1134<br>0,6495   | 777,0<br>162,36   | -0,2887<br>40,24   |
| Lồng Hơi | -20,00              | 0,2453         | 1346,5<br>10,790                      | 176,86<br>374,33  | 177,04<br>397,06  | 0,9135<br>1,7826     | 0,6604<br>0,5299   | 1,1227<br>0,6650   | 753,6<br>162,82   | -0,2700<br>38,01   |
| Lồng Hơi | -15,00              | 0,2962         | 1330,8<br>12,901                      | 182,47<br>376,20  | 182,70<br>399,16  | 0,9354<br>1,7740     | 0,6626<br>0,5400   | 1,1328<br>0,6816   | 730,2<br>163,15   | -0,2495<br>35,98   |
| Lồng Hơi | -10,00              | 0,3548         | 1314,7<br>15,322                      | 188,13<br>378,04  | 188,40<br>401,20  | 0,9572<br>1,7658     | 0,6651<br>0,5505   | 1,1439<br>0,6994   | 706,8<br>163,35   | -0,2270<br>34,13   |
| Lồng Hơi | -5,00               | 0,4218         | 1298,3<br>18,086                      | 193,85<br>379,84  | 194,17<br>403,16  | 0,9787<br>1,7581     | 0,6680<br>0,5613   | 1,1561<br>0,7184   | 683,4<br>163,40   | -0,2023<br>32,44   |
| Lồng Hơi | 0,00                | 0,4980         | 1281,5<br>21,229                      | 199,61<br>381,59  | 200,00<br>405,05  | 1,0000<br>1,7507     | 0,6711<br>0,5723   | 1,1692<br>0,7390   | 659,9<br>163,31   | -0,1750<br>30,89   |
| Lồng Hơi | 5,00                | 0,5841         | 1264,3<br>24,792                      | 205,44<br>383,29  | 205,90<br>406,85  | 1,0212<br>1,7436     | 0,6745<br>0,5836   | 1,1836<br>0,7611   | 636,3<br>163,06   | -0,1448<br>29,48   |
| Lồng Hơi | 10,00               | 0,6809         | 1246,7<br>28,820                      | 211,32<br>384,93  | 211,87<br>408,56  | 1,0422<br>1,7368     | 0,6782<br>0,5953   | 1,1993<br>0,7852   | 612,7<br>162,65   | -0,1112<br>28,18   |
| Lồng Hơi | 15,00               | 0,7893         | 1228,6<br>33,362                      | 217,28<br>386,51  | 217,92<br>410,16  | 1,0630<br>1,7302     | 0,6822<br>0,6072   | 1,2166<br>0,8115   | 588,9<br>162,07   | -0,0737<br>26,99   |
| Lồng Hơi | 20,00               | 0,9100         | 1209,9<br>38,477                      | 223,31<br>388,01  | 224,06<br>411,66  | 1,0838<br>1,7238     | 0,6864<br>0,6195   | 1,2356<br>0,8404   | 565,1<br>161,32   | -0,0316<br>25,90   |
| Lồng Hơi | 25,00               | 1,0439         | 1190,7<br>44,232                      | 229,41<br>389,43  | 230,29<br>413,03  | 1,1045<br>1,7174     | 0,6909<br>0,6321   | 1,2568<br>0,8724   | 541,1<br>160,38   | 0,0161<br>24,90    |
| Lồng Hơi | 30,00               | 1,1919         | 1170,7<br>50,705                      | 235,61<br>390,76  | 236,62<br>414,26  | 1,1252<br>1,7111     | 0,6956<br>0,6450   | 1,2807<br>0,9081   | 516,8<br>159,25   | 0,0704<br>23,98    |
| Lồng Hơi | 35,00               | 1,3548         | 1150,1<br>57,988                      | 241,89<br>391,98  | 243,07<br>415,34  | 1,1458<br>1,7048     | 0,7006<br>0,6584   | 1,3077<br>0,9485   | 492,4<br>157,91   | 0,1331<br>23,14    |
| Lồng Hơi | 40,00               | 1,5336         | 1128,5<br>66,193                      | 248,29<br>393,08  | 249,65<br>416,25  | 1,1665<br>1,6985     | 0,7059<br>0,6722   | 1,3389<br>0,9948   | 467,6<br>156,36   | 0,2060<br>22,37    |
| Lồng Hơi | 45,00               | 1,7292         | 1106,0<br>75,457                      | 254,80<br>394,04  | 256,36<br>416,95  | 1,1872<br>1,6919     | 0,7116<br>0,6865   | 1,3755<br>1,0487   | 442,5<br>154,58   | 0,2919<br>21,66    |
| Lồng Hơi | 50,00               | 1,9427         | 1082,3<br>85,952                      | 261,45<br>394,83  | 263,25<br>417,44  | 1,2080<br>1,6852     | 0,7176<br>0,7014   | 1,4191<br>1,1126   | 417,0<br>152,56   | 0,3945<br>21,01    |
| Lồng Hơi | 55,00               | 2,1751         | 1057,2<br>97,899                      | 268,26<br>395,43  | 270,32<br>417,65  | 1,2291<br>1,6781     | 0,7240<br>0,7170   | 1,4724<br>1,1902   | 390,9<br>150,28   | 0,5190<br>20,41    |

Bảng 13 (kết thúc)

|                                                                                                                                                                        | Nhiệt độ<br>°C | Áp suất<br>MPa | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | $C_v$<br>kJ/(kg·K) | $C_p$<br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số J-T<br>K/MPa |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Lồng Hơi                                                                                                                                                               | 60,00          | 2,4275         | 1030,4<br>111,591                     | 275,26<br>395,80  | 277,61<br>417,55  | 1,2504<br>1,6705     | 0,7308<br>0,7335   | 1,5392<br>1,2872   | 364,3<br>147,72   | 0,6730<br>19,85    |
| Lồng Hơi                                                                                                                                                               | 65,00          | 2,7012         | 1001,4<br>127,430                     | 282,49<br>395,87  | 285,18<br>417,06  | 1,2722<br>1,6622     | 0,7384<br>0,7511   | 1,6259<br>1,4128   | 337,0<br>144,85   | 0,8674<br>19,32    |
| Lồng Hơi                                                                                                                                                               | 70,00          | 2,9974         | 969,7<br>145,991                      | 290,01<br>395,56  | 293,10<br>416,09  | 1,2945<br>1,6529     | 0,7467<br>0,7702   | 1,7434<br>1,5837   | 308,8<br>141,66   | 1,1199<br>18,81    |
| Lồng Hơi                                                                                                                                                               | 75,00          | 3,3177         | 934,4<br>168,158                      | 297,91<br>394,76  | 301,46<br>414,49  | 1,3177<br>1,6424     | 0,7563<br>0,7914   | 1,9127<br>1,8322   | 279,6<br>138,11   | 1,4598<br>18,28    |
| Lồng Hơi                                                                                                                                                               | 80,00          | 3,6638         | 893,7<br>195,404                      | 306,34<br>393,26  | 310,44<br>412,01  | 1,3423<br>1,6299     | 0,7680<br>0,8157   | 2,1814<br>2,2308   | 248,8<br>134,15   | 1,9420<br>17,70    |
| Lồng Hơi                                                                                                                                                               | 85,00          | 4,0378         | 844,8<br>230,560                      | 315,60<br>390,67  | 320,38<br>408,19  | 1,3690<br>1,6142     | 0,7840<br>0,8450   | 2,6821<br>2,9841   | 215,3<br>129,71   | 2,6843<br>16,98    |
| Lồng Hơi                                                                                                                                                               | 90,00          | 4,4423         | 780,1<br>280,625                      | 326,39<br>386,04  | 332,09<br>401,87  | 1,4001<br>1,5922     | 0,8115<br>0,8843   | 3,9811<br>4,9749   | 177,0<br>124,64   | 4,0006<br>15,90    |
| Lồng Hơi                                                                                                                                                               | 95,00          | 4,8824         | 662,9<br>382,037                      | 342,19<br>374,50  | 349,56<br>387,28  | 1,4462<br>1,5486     | 0,8918<br>0,9566   | 17,3120<br>25,2863 | 128,0<br>117,96   | 7,2855<br>13,40    |
| Tới hạn                                                                                                                                                                | 96,15          | 4,9900         | 523,8                                 | 357,37            | 366,90            | 1,4927               | c                  | c                  | c                 | 10,3661            |
| <sup>a</sup> Điểm ba thể<br><sup>b</sup> Điểm sôi chuẩn<br><sup>c</sup> Các giá trị của $C_v$ , $C_p$ và $w$ tại điểm tới hạn không được bao gồm trong tiêu chuẩn này. |                |                |                                       |                   |                   |                      |                    |                    |                   |                    |

## 5.6 R32 - Difluoromethane

## 5.6.1 Phạm vi tính toán

Các hệ số có hiệu lực trong các phạm vi sau:

$$T_{\min} = 136,34 \text{ K}, T_{\max} = 435 \text{ K}; p_{\max} = 70 \text{ MPa}; \rho_{\max} = 27,473 \text{ 4 mol/l (1 429 kg/m}^3\text{)}$$

Bảng 14 – Các hệ số và số mũ của thành phần khí lý tưởng [các phương trình (3) đến (5)]

| $k$ | $c_k$     | $a_k$     | $b_k$  |
|-----|-----------|-----------|--------|
| 0   | 4,004 486 | —         | —      |
| 1   | —         | 1,160 761 | 798    |
| 2   | —         | 2,645 151 | 4 185  |
| 3   | —         | 5,794 987 | 1 806  |
| 4   | —         | 1,129 475 | 11 510 |

**Bảng 15 – Các hệ số và số mũ của thành phần khí thực [phương trình (2)]**

| $k$ | $N_k$            | $t_k$  | $d_k$ | $l_k$ | $\alpha_k$ |
|-----|------------------|--------|-------|-------|------------|
| 1   | 1,046 634        | 0,25   | 1     | 0     | 0          |
| 2   | - 0,545 116 5    | 1      | 2     | 0     | 0          |
| 3   | - 0,002 448 595  | - 0,25 | 5     | 0     | 0          |
| 4   | - 0,048 770 02   | - 1    | 1     | 0     | 0          |
| 5   | 0,035 201 58     | 2      | 1     | 0     | 0          |
| 6   | 0,001 622 75     | 2      | 3     | 0     | 0          |
| 7   | 0,000 023 772 25 | 0,75   | 8     | 0     | 0          |
| 8   | 0,029 149        | 0,25   | 4     | 0     | 0          |
| 9   | 0,003 386 203    | 18     | 4     | 4     | 1          |
| 10  | - 0,004 202 444  | 26     | 4     | 3     | 1          |
| 11  | 0,000 478 202 5  | - 1    | 8     | 1     | 1          |
| 12  | - 0,005 504 323  | 25     | 3     | 4     | 1          |
| 13  | - 0,024 183 96   | 1,75   | 5     | 1     | 1          |
| 14  | 0,420 903 4      | 4      | 1     | 2     | 1          |
| 15  | - 0,461 653 7    | 5      | 1     | 2     | 1          |
| 16  | - 1,200 513      | 1      | 3     | 1     | 1          |
| 17  | - 2,591 55       | 1,5    | 1     | 1     | 1          |
| 18  | - 1,400 145      | 1      | 2     | 1     | 1          |
| 19  | 0,826 301 7      | 0,5    | 3     | 1     | 1          |

**5.6.2 Các tham số rút gọn, khối lượng phân tử và hằng số khí**

$T^* = 351,255 \text{ K}$ ,  $\rho^* = 8,150\,084\,6 \text{ mol/l}$ ,  $M = 52,024 \text{ g/mol}$ ,  $R = 8,314\,471 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$

**5.6.3 Các tham số trạng thái tham chiếu**

$T_{\text{ref}} = 273,15 \text{ K}$ ,  $p_{\text{ref}} = 1,0 \text{ kPa}$ ,  $h_{\text{ref}} = 28\,204,341 \text{ J/mol}$ ,  $s_{\text{ref}} = 171,691\,3 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ ,  $f_1 = 7,254\,707\,84$ ,  
 $f_2 = 2\,231,557\,35$



Bảng 16 – Các giá trị tính chất R32 dọc theo đường biên bão hòa lỏng-hơi

|          | Nhiệt độ<br>°C       | Áp suất<br>MPa         | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | C <sub>v</sub><br>kJ/(kg·K) | C <sub>p</sub><br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số J-T<br>K/MPa |
|----------|----------------------|------------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|
| Lỏng Hơi | -136,81 <sup>a</sup> | 4,800×10 <sup>-5</sup> | 1429,3<br>2,203×10 <sup>-3</sup>      | -19,07<br>422,52  | -19,07<br>444,31  | -0,1050<br>3,2937    | 1,0658<br>0,4995            | 1,5925<br>0,6597            | 1414,4<br>169,60  | -0,3376<br>881,12  |
| Lỏng Hơi | -135,00              | 6,339×10 <sup>-5</sup> | 1424,9<br>2,872×10 <sup>-3</sup>      | -16,19<br>423,42  | -16,19<br>445,49  | -0,0840<br>3,2579    | 1,0613<br>0,5007            | 1,5900<br>0,6609            | 1404,9<br>170,67  | -0,3375<br>823,35  |
| Lỏng Hơi | -130,00              | 0,000131               | 1412,7<br>0,00574                     | -8,26<br>425,90   | -8,26<br>448,77   | -0,0276<br>3,1651    | 1,0494<br>0,5041            | 1,5835<br>0,6646            | 1378,4<br>173,59  | -0,3369<br>686,24  |
| Lỏng Hơi | -125,00              | 0,000257               | 1400,6<br>0,01085                     | -0,36<br>428,39   | -0,36<br>452,05   | 0,0267<br>3,0804     | 1,0380<br>0,5080            | 1,5777<br>0,6689            | 1352,1<br>176,44  | -0,3359<br>576,21  |
| Lỏng Hơi | -120,00              | 0,000478               | 1388,4<br>0,01954                     | 7,52<br>430,88    | 7,52<br>455,33    | 0,0790<br>3,0030     | 1,0274<br>0,5123            | 1,5726<br>0,6738            | 1325,8<br>179,21  | -0,3345<br>487,31  |
| Lỏng Hơi | -115,00              | 0,000850               | 1376,1<br>0,03369                     | 15,37<br>433,37   | 15,37<br>458,60   | 0,1294<br>2,9320     | 1,0173<br>0,5173            | 1,5682<br>0,6796            | 1299,5<br>181,91  | -0,3327<br>415,01  |
| Lỏng Hơi | -110,00              | 0,00145                | 1363,8<br>0,0558                      | 23,20<br>435,85   | 23,20<br>461,86   | 0,1782<br>2,8668     | 1,0079<br>0,5229            | 1,5647<br>0,6863            | 1273,4<br>184,52  | -0,3304<br>355,78  |
| Lỏng Hơi | -105,00              | 0,00239                | 1351,5<br>0,0894                      | 31,02<br>438,32   | 31,02<br>465,10   | 0,2254<br>2,8068     | 0,9991<br>0,5293            | 1,5619<br>0,6940            | 1247,3<br>187,05  | -0,3277<br>306,92  |
| Lỏng Hơi | -100,00              | 0,00381                | 1339,0<br>0,1385                      | 38,82<br>440,77   | 38,83<br>468,31   | 0,2711<br>2,7515     | 0,9910<br>0,5365            | 1,5600<br>0,7030            | 1221,2<br>189,50  | -0,3244<br>266,28  |
| Lỏng Hơi | -95,00               | 0,00590                | 1326,5<br>0,2084                      | 46,62<br>443,20   | 46,62<br>471,48   | 0,3155<br>2,7003     | 0,9834<br>0,5446            | 1,5588<br>0,7134            | 1195,3<br>191,84  | -0,3205<br>232,23  |
| Lỏng Hơi | -90,00               | 0,00887                | 1313,9<br>0,3056                      | 54,41<br>445,59   | 54,42<br>474,61   | 0,3586<br>2,6529     | 0,9764<br>0,5538            | 1,5586<br>0,7254            | 1169,3<br>194,09  | -0,3160<br>203,45  |
| Lỏng Hơi | -85,00               | 0,0130                 | 1301,2<br>0,438                       | 62,20<br>447,96   | 62,21<br>477,70   | 0,4006<br>2,6089     | 0,9700<br>0,5641            | 1,5592<br>0,7390            | 1143,4<br>196,24  | -0,3109<br>178,95  |
| Lỏng Hơi | -80,00               | 0,0187                 | 1288,4<br>0,613                       | 70,00<br>450,29   | 70,02<br>480,72   | 0,4415<br>2,5679     | 0,9641<br>0,5755            | 1,5606<br>0,7543            | 1117,5<br>198,26  | -0,3051<br>157,95  |
| Lỏng Hơi | -75,00               | 0,0262                 | 1275,4<br>0,842                       | 77,81<br>452,57   | 77,83<br>483,68   | 0,4814<br>2,5296     | 0,9588<br>0,5880            | 1,5630<br>0,7714            | 1091,7<br>200,18  | -0,2986<br>139,85  |
| Lỏng Hơi | -70,00               | 0,0361                 | 1262,4<br>1,135                       | 85,63<br>454,81   | 85,66<br>486,57   | 0,5204<br>2,4939     | 0,9540<br>0,6015            | 1,5663<br>0,7903            | 1065,8<br>201,96  | -0,2913<br>124,19  |
| Lỏng Hơi | -65,00               | 0,0488                 | 1249,1<br>1,507                       | 93,46<br>456,99   | 93,50<br>489,38   | 0,5585<br>2,4604     | 0,9497<br>0,6160            | 1,5706<br>0,8110            | 1039,9<br>203,62  | -0,2831<br>110,58  |
| Lỏng Hơi | -60,00               | 0,0650                 | 1235,7<br>1,969                       | 101,32<br>459,12  | 101,38<br>492,11  | 0,5958<br>2,4289     | 0,9460<br>0,6315            | 1,5758<br>0,8335            | 1014,1<br>205,14  | -0,2740<br>98,73   |
| Lỏng Hơi | -55,00               | 0,0852                 | 1222,1<br>2,538                       | 109,21<br>461,19  | 109,28<br>494,74  | 0,6324<br>2,3993     | 0,9427<br>0,6477            | 1,5821<br>0,8576            | 988,2<br>206,52   | -0,2640<br>88,40   |
| Lỏng Hơi | -50,00               | 0,1101                 | 1208,4<br>3,232                       | 117,13<br>463,19  | 117,22<br>497,27  | 0,6683<br>2,3714     | 0,9400<br>0,6646            | 1,5895<br>0,8835            | 962,2<br>207,75   | -0,2528<br>79,39   |
| Lỏng Hơi | -51,65 <sup>b</sup>  | 0,1013                 | 1212,9<br>2,988                       | 114,51<br>462,54  | 114,59<br>496,45  | 0,6565<br>2,3805     | 0,9408<br>0,6589            | 1,5869<br>0,8748            | 970,8<br>207,36   | -0,2566<br>82,23   |
| Lỏng Hơi | -45,00               | 0,1406                 | 1194,4<br>4,067                       | 125,08<br>465,13  | 125,20<br>499,70  | 0,7035<br>2,3450     | 0,9377<br>0,6820            | 1,5980<br>0,9110            | 936,3<br>208,83   | -0,2404<br>71,52   |
| Lỏng Hơi | -40,00               | 0,1774                 | 1180,2<br>5,065                       | 133,08<br>466,99  | 133,23<br>502,02  | 0,7382<br>2,3200     | 0,9359<br>0,6998            | 1,6077<br>0,9401            | 910,2<br>209,74   | -0,2267<br>64,65   |
| Lỏng Hơi | -35,00               | 0,2214                 | 1165,7<br>6,248                       | 141,12<br>468,78  | 141,31<br>504,21  | 0,7723<br>2,2962     | 0,9346<br>0,7180            | 1,6187<br>0,9709            | 884,0<br>210,49   | -0,2115<br>58,63   |
| Lỏng Hơi | -30,00               | 0,2734                 | 1151,0<br>7,639                       | 149,21<br>470,48  | 149,45<br>506,27  | 0,8060<br>2,2735     | 0,9338<br>0,7365            | 1,6311<br>1,0035            | 857,8<br>211,07   | -0,1947<br>53,37   |



Bảng 16 (kết thúc)

|          | Nhiệt độ<br>°C | Áp suất<br>MPa | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | C <sub>v</sub><br>kJ/(kg·K) | C <sub>p</sub><br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số J-T<br>K/MPa |
|----------|----------------|----------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|
| Lồng Hơi | -25,00         | 0,3346         | 1135,9<br>9,266                       | 157,36<br>472,09  | 157,66<br>508,20  | 0,8392<br>2,2518     | 0,9334<br>0,7552            | 1,6451<br>1,0380            | 831,4<br>211,47   | -0,1761<br>48,75   |
| Lồng Hơi | -20,00         | 0,4058         | 1120,6<br>11,157                      | 165,58<br>473,61  | 165,94<br>509,97  | 0,8720<br>2,2310     | 0,9335<br>0,7740            | 1,6607<br>1,0747            | 804,9<br>211,68   | -0,1553<br>44,70   |
| Lồng Hơi | -15,00         | 0,4881         | 1104,9<br>13,346                      | 173,86<br>475,01  | 174,31<br>511,58  | 0,9044<br>2,2109     | 0,9341<br>0,7930            | 1,6783<br>1,1139            | 778,3<br>211,69   | -0,1322<br>41,13   |
| Lồng Hơi | -10,00         | 0,5826         | 1088,8<br>15,870                      | 182,23<br>476,31  | 182,76<br>513,02  | 0,9365<br>2,1915     | 0,9351<br>0,8121            | 1,6980<br>1,1560            | 751,4<br>211,50   | -0,1063<br>37,98   |
| Lồng Hơi | -5,00          | 0,6906         | 1072,2<br>18,769                      | 190,68<br>477,47  | 191,33<br>514,26  | 0,9684<br>2,1727     | 0,9366<br>0,8315            | 1,7201<br>1,2015            | 724,3<br>211,10   | -0,0772<br>35,20   |
| Lồng Hơi | 0,00           | 0,8131         | 1055,3<br>22,091                      | 199,23<br>478,49  | 200,00<br>515,30  | 1,0000<br>2,1543     | 0,9386<br>0,8510            | 1,7450<br>1,2511            | 696,9<br>210,48   | -0,0444<br>32,72   |
| Lồng Hơi | 5,00           | 0,9514         | 1037,7<br>25,891                      | 207,88<br>479,36  | 208,80<br>516,11  | 1,0314<br>2,1363     | 0,9412<br>0,8709            | 1,7733<br>1,3058            | 669,2<br>209,63   | -0,0071<br>30,51   |
| Lồng Hơi | 10,00          | 1,1069         | 1019,7<br>30,232                      | 216,66<br>480,05  | 217,74<br>516,66  | 1,0628<br>2,1185     | 0,9443<br>0,8911            | 1,8056<br>1,3667            | 641,2<br>208,54   | 0,0354<br>28,54    |
| Lồng Hơi | 15,00          | 1,2808         | 1000,9<br>35,190                      | 225,56<br>480,54  | 226,84<br>516,93  | 1,0940<br>2,1008     | 0,9480<br>0,9118            | 1,8428<br>1,4353            | 612,7<br>207,20   | 0,0843<br>26,76    |
| Lồng Hơi | 20,00          | 1,4746         | 981,4<br>40,856                       | 234,62<br>480,81  | 236,12<br>516,90  | 1,1253<br>2,0831     | 0,9524<br>0,9331            | 1,8859<br>1,5136            | 583,7<br>205,60   | 0,1410<br>25,16    |
| Lồng Hơi | 25,00          | 1,6896         | 961,0<br>47,339                       | 243,84<br>480,82  | 245,60<br>516,51  | 1,1566<br>2,0652     | 0,9577<br>0,9550            | 1,9367<br>1,6045            | 554,2<br>203,72   | 0,2076<br>23,69    |
| Lồng Hơi | 30,00          | 1,9275         | 939,6<br>54,776                       | 253,27<br>480,54  | 255,32<br>515,72  | 1,1881<br>2,0471     | 0,9638<br>0,9779            | 1,9973<br>1,7118            | 524,0<br>201,54   | 0,2865<br>22,36    |
| Lồng Hơi | 35,00          | 2,1898         | 917,0<br>63,343                       | 262,92<br>479,91  | 265,30<br>514,48  | 1,2198<br>2,0285     | 0,9712<br>1,0019            | 2,0710<br>1,8412            | 493,0<br>199,04   | 0,3815<br>21,13    |
| Lồng Hơi | 40,00          | 2,4783         | 893,0<br>73,268                       | 272,84<br>478,88  | 275,61<br>512,71  | 1,2520<br>2,0091     | 0,9800<br>1,0272            | 2,1629<br>2,0012            | 461,0<br>196,19   | 0,4976<br>19,98    |
| Lồng Hơi | 45,00          | 2,7948         | 867,3<br>84,859                       | 283,09<br>477,36  | 286,31<br>510,29  | 1,2847<br>1,9888     | 0,9907<br>1,0542            | 2,2809<br>2,2056            | 428,0<br>192,96   | 0,6428<br>18,90    |
| Lồng Hơi | 50,00          | 3,1412         | 839,3<br>98,550                       | 293,74<br>475,23  | 297,49<br>507,10  | 1,3183<br>1,9670     | 1,0039<br>1,0834            | 2,4385<br>2,4773            | 393,6<br>189,31   | 0,8288<br>17,86    |
| Lồng Hơi | 55,00          | 3,5199         | 808,3<br>114,989                      | 304,93<br>472,32  | 309,29<br>502,93  | 1,3531<br>1,9432     | 1,0207<br>1,1156            | 2,6610<br>2,8594            | 357,6<br>185,16   | 1,0751<br>16,85    |
| Lồng Hơi | 60,00          | 3,9332         | 773,3<br>135,213                      | 316,84<br>468,35  | 321,93<br>497,44  | 1,3898<br>1,9166     | 1,0428<br>1,1519            | 3,0007<br>3,4412            | 319,7<br>180,43   | 1,4157<br>15,83    |
| Lồng Hơi | 65,00          | 4,3843         | 732,3<br>161,092                      | 329,81<br>462,84  | 335,80<br>490,05  | 1,4293<br>1,8855     | 1,0732<br>1,1947            | 3,5880<br>4,4462            | 279,4<br>174,95   | 1,9160<br>14,75    |
| Lồng Hơi | 70,00          | 4,8768         | 680,9<br>196,688                      | 344,57<br>454,72  | 351,73<br>479,52  | 1,4740<br>1,8464     | 1,1194<br>1,2488            | 4,8653<br>6,6388            | 235,8<br>168,40   | 2,7233<br>13,49    |
| Lồng Hơi | 75,00          | 5,4168         | 605,9<br>255,587                      | 363,45<br>440,53  | 372,39<br>461,72  | 1,5314<br>1,7880     | 1,2064<br>1,3310            | 10,1347<br>15,6016          | 186,1<br>159,64   | 4,3093<br>11,74    |
| Tới hạn  | 78,11          | 5,7820         | 424,0                                 | 400,51            | 414,15            | 1,6486               | c                           | c                           | c                 | 8,0731             |

a Điểm ba thể

b Điểm sôi chuẩn

c Các giá trị của C<sub>v</sub>, C<sub>p</sub> và w tại điểm tới hạn không được bao gồm trong tiêu chuẩn này.

## TCVN 11275:2015

### 5.7 R123 – 2,2-dichloro-1,1,1-trifluoroethane

#### 5.7.1 Phạm vi tính toán

Các hệ số có hiệu lực trong các phạm vi sau:

$$T_{\min} = 166 \text{ K}, T_{\max} = 600 \text{ K}; p_{\max} = 40 \text{ MPa}; \rho_{\max} = 11,6 \text{ mol/l (1 774 kg/m}^3\text{)}$$

**Bảng 17 – Các hệ số và số mũ của thành phần khí lý tưởng [các phương trình (3) đến (5)]**

| $k$ | $c_k$                        | $t_k$ |
|-----|------------------------------|-------|
| 0   | 2,046 006                    | —     |
| 1   | $4,866\,562 \times 10^{-2}$  | 1     |
| 2   | $-5,586\,382 \times 10^{-5}$ | 2     |
| 3   | $2,823\,279 \times 10^{-8}$  | 3     |

Bảng 18 – Các hệ số và số mũ của thành phần khí thực [phương trình (2)]

| $k$ | $N_k$                                  | $t_k$ | $d_k$ | $l_k$ | $\alpha_k$ |
|-----|----------------------------------------|-------|-------|-------|------------|
| 1   | $-0,100\,242\,647\,494 \times 10^2$    | 3     | 0     | 0     | 0          |
| 2   | $-0,280\,607\,656\,419$                | 4     | 0     | 0     | 0          |
| 3   | $0,206\,814\,471\,606 \times 10^{-1}$  | 5     | 0     | 0     | 0          |
| 4   | $-0,284\,379\,431\,451$                | 0     | 1     | 0     | 0          |
| 5   | $0,593\,928\,110\,321 \times 10^1$     | 0,5   | 1     | 0     | 0          |
| 6   | $-0,936\,560\,389\,528 \times 10^1$    | 1     | 1     | 0     | 0          |
| 7   | $0,416\,660\,793\,675 \times 10^1$     | 2     | 1     | 0     | 0          |
| 8   | $-0,174\,023\,292\,951 \times 10^1$    | 3     | 1     | 0     | 0          |
| 9   | $0,177\,019\,905\,365$                 | 0     | 2     | 0     | 0          |
| 10  | $-0,154\,721\,692\,26 \times 10^1$     | 1     | 2     | 0     | 0          |
| 11  | $0,161\,820\,495\,59 \times 10^1$      | 2     | 2     | 0     | 0          |
| 12  | $0,288\,903\,529\,383 \times 10^1$     | 3     | 2     | 0     | 0          |
| 13  | $-0,118\,493\,874\,757$                | 0     | 3     | 0     | 0          |
| 14  | $0,130\,952\,266\,209 \times 10^1$     | 1     | 3     | 0     | 0          |
| 15  | $-0,117\,308\,103\,711 \times 10^1$    | 2     | 3     | 0     | 0          |
| 16  | $-0,128\,125\,131\,950$                | 1     | 4     | 0     | 0          |
| 17  | $-0,786\,087\,387\,513 \times 10^{-1}$ | 2     | 5     | 0     | 0          |
| 18  | $-0,816\,000\,499\,305 \times 10^{-1}$ | 3     | 5     | 0     | 0          |
| 19  | $0,536\,451\,054\,311 \times 10^{-1}$  | 2     | 6     | 0     | 0          |
| 20  | $-0,680\,078\,211\,929 \times 10^{-2}$ | 2     | 7     | 0     | 0          |
| 21  | $0,701\,264\,082\,191 \times 10^{-2}$  | 3     | 7     | 0     | 0          |
| 22  | $-0,901\,762\,397\,311 \times 10^{-3}$ | 3     | 8     | 0     | 0          |
| 23  | $0,100\,242\,647\,494 \times 10^2$     | 3     | 0     | 2     | 1          |
| 24  | $0,280\,607\,656\,419$                 | 4     | 0     | 2     | 1          |
| 25  | $-0,206\,814\,471\,606 \times 10^{-1}$ | 5     | 0     | 2     | 1          |
| 26  | $0,798\,923\,878\,145 \times 10^1$     | 3     | 2     | 2     | 1          |
| 27  | $-0,547\,972\,072\,476$                | 4     | 2     | 2     | 1          |
| 28  | $-0,206\,814\,470\,584 \times 10^{-1}$ | 5     | 2     | 2     | 1          |
| 29  | $0,249\,142\,724\,365 \times 10^1$     | 3     | 4     | 2     | 1          |
| 30  | $-0,273\,986\,034\,884$                | 4     | 4     | 2     | 1          |
| 31  | $0,236\,001\,863\,614$                 | 5     | 4     | 2     | 1          |
| 32  | $0,540\,528\,251\,211$                 | 3     | 6     | 2     | 1          |
| 33  | $-0,600\,457\,561\,959 \times 10^{-1}$ | 4     | 6     | 2     | 1          |
| 34  | $0,786\,672\,874\,826 \times 10^{-1}$  | 5     | 6     | 2     | 1          |
| 35  | $0,708\,085\,874\,508 \times 10^{-1}$  | 3     | 8     | 2     | 1          |
| 36  | $-0,150\,114\,389\,748 \times 10^{-1}$ | 4     | 8     | 2     | 1          |
| 37  | $0,182\,205\,199\,477 \times 10^{-2}$  | 5     | 8     | 2     | 1          |
| 38  | $0,314\,978\,575\,163 \times 10^{-2}$  | 3     | 10    | 2     | 1          |
| 39  | $0,784\,455\,573\,794 \times 10^{-2}$  | 4     | 10    | 2     | 1          |
| 40  | $0,364\,410\,397\,155 \times 10^{-3}$  | 5     | 10    | 2     | 1          |

## 5.7.2 Các tham số rút gọn, khối lượng phân tử và hằng số khí

$$T^* = 456,831 \text{ K}, p^* = 3,596 \text{ 417 mol/l}, M = 152,931 \text{ g/mol}, R = 8,314 \text{ 51 J/(mol}\cdot\text{K)}$$

## 5.7.3 Các tham số trạng thái tham chiếu

$$T_{\text{ref}} = 273,15 \text{ K}, p_{\text{ref}} = 1,0 \text{ kPa}, h_{\text{ref}} = 58 \text{ 497,533 J/mol}, s_{\text{ref}} = 283,936 \text{ 5 J/(mol}\cdot\text{K)}, f_1 = -8,106 \text{ 583 79},$$

$$f_2 = 5 \text{ 001,445 51}$$

Bảng 19 – Các giá trị tính chất R123 dọc theo đường biên bão hòa lỏng-hơi

|          | Nhiệt độ<br>°C       | Áp suất<br>MPa         | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | $C_v$<br>kJ/(kg·K) | $C_p$<br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số J-T<br>K/MPa |
|----------|----------------------|------------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Lỏng Hơi | -107,15 <sup>a</sup> | 4,202×10 <sup>-6</sup> | 1771,0<br>4,656×10 <sup>-4</sup>      | 98,81<br>313,47   | 98,81<br>322,50   | 0,5311<br>1,8786     | 0,6295<br>0,4194   | 0,9289<br>0,4738   | 1243,8<br>100,97  | -0,4755<br>335,67  |
| Lỏng Hơi | -105,00              | 5,765×10 <sup>-6</sup> | 1766,0<br>6,306×10 <sup>-4</sup>      | 100,80<br>314,38  | 100,80<br>323,52  | 0,5430<br>1,8675     | 0,6306<br>0,4232   | 0,9280<br>0,4776   | 1235,3<br>101,57  | -0,4762<br>319,10  |
| Lỏng Hơi | -100,00              | 1,161×10 <sup>-5</sup> | 1754,5<br>1,233×10 <sup>-3</sup>      | 105,44<br>316,51  | 105,44<br>325,93  | 0,5702<br>1,8436     | 0,6321<br>0,4319   | 0,9261<br>0,4863   | 1215,3<br>102,95  | -0,4772<br>284,41  |
| Lỏng Hơi | -95,00               | 2,233×10 <sup>-5</sup> | 1743,2<br>2,306×10 <sup>-3</sup>      | 110,07<br>318,69  | 110,07<br>328,38  | 0,5965<br>1,8220     | 0,6328<br>0,4405   | 0,9245<br>0,4949   | 1195,0<br>104,31  | -0,4775<br>254,37  |
| Lỏng Hơi | -90,00               | 4,120×10 <sup>-5</sup> | 1732,0<br>4,138×10 <sup>-3</sup>      | 114,68<br>320,92  | 114,68<br>330,87  | 0,6221<br>1,8025     | 0,6333<br>0,4491   | 0,9235<br>0,5035   | 1174,6<br>105,65  | -0,4771<br>228,26  |
| Lỏng Hơi | -85,00               | 7,317×10 <sup>-5</sup> | 1720,8<br>7,154×10 <sup>-3</sup>      | 119,30<br>323,18  | 119,30<br>333,41  | 0,6470<br>1,7849     | 0,6338<br>0,4575   | 0,9232<br>0,5119   | 1153,9<br>106,97  | -0,4759<br>205,49  |
| Lỏng Hơi | -80,00               | 0,000125               | 1709,6<br>0,01195                     | 123,92<br>325,49  | 123,92<br>335,98  | 0,6712<br>1,7691     | 0,6346<br>0,4658   | 0,9236<br>0,5202   | 1133,1<br>108,27  | -0,4740<br>185,55  |
| Lỏng Hơi | -75,00               | 0,000208               | 1698,5<br>0,01935                     | 128,54<br>327,83  | 128,54<br>338,60  | 0,6948<br>1,7549     | 0,6356<br>0,4740   | 0,9247<br>0,5285   | 1112,1<br>109,55  | -0,4714<br>168,05  |
| Lỏng Hơi | -70,00               | 0,000336               | 1687,4<br>0,03045                     | 133,17<br>330,21  | 133,17<br>341,25  | 0,7179<br>1,7422     | 0,6371<br>0,4821   | 0,9266<br>0,5367   | 1091,1<br>110,81  | -0,4681<br>152,63  |
| Lỏng Hơi | -65,00               | 0,000528               | 1676,2<br>0,04666                     | 137,80<br>332,63  | 137,80<br>343,94  | 0,7404<br>1,7307     | 0,6388<br>0,4902   | 0,9290<br>0,5448   | 1069,9<br>112,06  | -0,4643<br>139,01  |
| Lỏng Hơi | -60,00               | 0,000808               | 1665,1<br>0,06977                     | 142,46<br>335,09  | 142,46<br>346,66  | 0,7625<br>1,7206     | 0,6410<br>0,4982   | 0,9320<br>0,5529   | 1048,7<br>113,27  | -0,4599<br>126,94  |
| Lỏng Hơi | -55,00               | 0,00121                | 1653,9<br>0,1020                      | 147,13<br>337,58  | 147,13<br>349,42  | 0,7842<br>1,7115     | 0,6435<br>0,5061   | 0,9354<br>0,5610   | 1027,6<br>114,47  | -0,4550<br>116,22  |
| Lỏng Hơi | -50,00               | 0,00177                | 1642,6<br>0,1461                      | 151,81<br>340,11  | 151,81<br>352,21  | 0,8054<br>1,7034     | 0,6462<br>0,5139   | 0,9393<br>0,5690   | 1006,4<br>115,64  | -0,4496<br>106,68  |
| Lỏng Hơi | -45,00               | 0,00254                | 1631,3<br>0,2052                      | 156,52<br>342,66  | 156,52<br>355,03  | 0,8263<br>1,6964     | 0,6493<br>0,5217   | 0,9435<br>0,5770   | 985,3<br>116,78   | -0,4437<br>98,17   |
| Lỏng Hơi | -40,00               | 0,00358                | 1620,0<br>0,2831                      | 161,25<br>345,25  | 161,25<br>357,88  | 0,8468<br>1,6901     | 0,6526<br>0,5295   | 0,9480<br>0,5850   | 964,3<br>117,90   | -0,4375<br>90,55   |
| Lỏng Hơi | -35,00               | 0,00495                | 1608,5<br>0,3843                      | 166,00<br>347,87  | 166,00<br>360,75  | 0,8669<br>1,6847     | 0,6561<br>0,5372   | 0,9528<br>0,5931   | 943,4<br>118,98   | -0,4309<br>83,73   |
| Lỏng Hơi | -30,00               | 0,00675                | 1597,0<br>0,5136                      | 170,77<br>350,51  | 170,78<br>363,65  | 0,8868<br>1,6800     | 0,6597<br>0,5448   | 0,9578<br>0,6011   | 922,6<br>120,03   | -0,4239<br>77,60   |
| Lỏng Hơi | -25,00               | 0,00906                | 1585,4<br>0,6767                      | 175,58<br>353,19  | 175,58<br>366,57  | 0,9063<br>1,6760     | 0,6635<br>0,5525   | 0,9629<br>0,6092   | 901,9<br>121,04   | -0,4166<br>72,09   |
| Lỏng Hơi | -20,00               | 0,0120                 | 1573,8<br>0,880                       | 180,40<br>355,88  | 180,41<br>369,52  | 0,9256<br>1,6726     | 0,6674<br>0,5601   | 0,9682<br>0,6174   | 881,3<br>122,01   | -0,4088<br>67,13   |
| Lỏng Hơi | -15,00               | 0,0157                 | 1562,0<br>1,130                       | 185,26<br>358,60  | 185,27<br>372,47  | 0,9446<br>1,6698     | 0,6714<br>0,5677   | 0,9735<br>0,6256   | 860,9<br>122,94   | -0,4007<br>62,65   |

Bảng 19 (tiếp theo)

|             | Nhiệt độ<br>°C | Áp suất<br>MPa | Khối<br>lượng<br>riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội<br>năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | $C_v$<br>kJ/(kg·K) | $C_p$<br>kJ/(kg·K) | Vận<br>tốc<br>âm<br>m/s | Hệ số<br>J-T<br>K/MPa |
|-------------|----------------|----------------|---------------------------------------------|----------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|
| Lồng<br>Hơi | -10,00         | 0,0202         | 1550,1<br>1,435                             | 190,14<br>361,34     | 190,15<br>375,45  | 0,9633<br>1,6675     | 0,6755<br>0,5753   | 0,9790<br>0,6339   | 840,7<br>123,82         | -0,3923<br>58,60      |
| Lồng<br>Hơi | -5,00          | 0,0258         | 1538,2<br>1,802                             | 195,04<br>364,10     | 195,06<br>378,44  | 0,9818<br>1,6656     | 0,6797<br>0,5828   | 0,9846<br>0,6423   | 820,6<br>124,66         | -0,3834<br>54,93      |
| Lồng<br>Hơi | 0,00           | 0,0326         | 1526,1<br>2,242                             | 199,98<br>366,87     | 200,00<br>381,44  | 1,0000<br>1,6642     | 0,6839<br>0,5904   | 0,9902<br>0,6508   | 800,7<br>125,44         | -0,3740<br>51,61      |
| Lồng<br>Hơi | 5,00           | 0,0408         | 1513,9<br>2,762                             | 204,94<br>369,67     | 204,97<br>384,44  | 1,0180<br>1,6633     | 0,6881<br>0,5979   | 0,9959<br>0,6594   | 780,9<br>126,17         | -0,3643<br>48,60      |
| Lồng<br>Hơi | 10,00          | 0,0506         | 1501,6<br>3,374                             | 209,93<br>372,47     | 209,97<br>387,46  | 1,0358<br>1,6626     | 0,6924<br>0,6055   | 1,0017<br>0,6682   | 761,3<br>126,84         | -0,3540<br>45,86      |
| Lồng<br>Hơi | 15,00          | 0,0621         | 1489,2<br>4,088                             | 214,95<br>375,29     | 214,99<br>390,48  | 1,0534<br>1,6624     | 0,6967<br>0,6130   | 1,0076<br>0,6771   | 741,9<br>127,45         | -0,3431<br>43,37      |
| Lồng<br>Hơi | 20,00          | 0,0756         | 1476,6<br>4,917                             | 220,00<br>378,12     | 220,05<br>393,49  | 1,0707<br>1,6624     | 0,7011<br>0,6206   | 1,0135<br>0,6861   | 722,6<br>127,99         | -0,3316<br>41,10      |
| Lồng<br>Hơi | 25,00          | 0,0914         | 1463,9<br>5,872                             | 225,08<br>380,95     | 225,14<br>396,51  | 1,0879<br>1,6627     | 0,7054<br>0,6281   | 1,0196<br>0,6953   | 703,4<br>128,47         | -0,3195<br>39,03      |
| Lồng<br>Hơi | 27,82b         | 0,1013         | 1456,6<br>6,471                             | 227,96<br>382,56     | 228,03<br>398,22  | 1,0975<br>1,6630     | 0,7079<br>0,6324   | 1,0230<br>0,7006   | 692,7<br>128,71         | -0,3123<br>37,95      |
| Lồng<br>Hơi | 30,00          | 0,1096         | 1451,0<br>6,966                             | 230,18<br>383,80     | 230,26<br>399,53  | 1,1049<br>1,6633     | 0,7097<br>0,6357   | 1,0257<br>0,7047   | 684,4<br>128,88         | -0,3066<br>37,15      |
| Lồng<br>Hơi | 35,00          | 0,1305         | 1438,0<br>8,213                             | 235,32<br>386,64     | 235,41<br>402,54  | 1,1217<br>1,6641     | 0,7141<br>0,6432   | 1,0320<br>0,7144   | 665,5<br>129,21         | -0,2929<br>35,43      |
| Lồng<br>Hơi | 40,00          | 0,1545         | 1424,8<br>9,630                             | 240,48<br>389,49     | 240,59<br>405,54  | 1,1383<br>1,6651     | 0,7185<br>0,6508   | 1,0385<br>0,7243   | 646,8<br>129,46         | -0,2782<br>33,86      |
| Lồng<br>Hơi | 45,00          | 0,1817         | 1411,4<br>11,230                            | 245,68<br>392,35     | 245,81<br>408,53  | 1,1548<br>1,6662     | 0,7229<br>0,6583   | 1,0451<br>0,7344   | 628,2<br>129,64         | -0,2625<br>32,42      |
| Lồng<br>Hơi | 50,00          | 0,2125         | 1397,8<br>13,031                            | 250,91<br>395,20     | 251,06<br>411,50  | 1,1711<br>1,6676     | 0,7273<br>0,6659   | 1,0519<br>0,7448   | 609,6<br>129,73         | -0,2456<br>31,11      |
| Lồng<br>Hơi | 55,00          | 0,2471         | 1384,0<br>15,051                            | 256,17<br>398,04     | 256,34<br>414,46  | 1,1873<br>1,6691     | 0,7317<br>0,6735   | 1,0589<br>0,7556   | 591,2<br>129,73         | -0,2274<br>29,91      |
| Lồng<br>Hơi | 60,00          | 0,2859         | 1370,0<br>17,311                            | 261,46<br>400,88     | 261,67<br>417,40  | 1,2033<br>1,6707     | 0,7362<br>0,6811   | 1,0663<br>0,7667   | 572,9<br>129,64         | -0,2076<br>28,82      |
| Lồng<br>Hơi | 65,00          | 0,3292         | 1355,7<br>19,830                            | 266,78<br>403,72     | 267,03<br>420,31  | 1,2191<br>1,6725     | 0,7406<br>0,6887   | 1,0740<br>0,7783   | 554,6<br>129,46         | -0,1861<br>27,82      |
| Lồng<br>Hơi | 70,00          | 0,3772         | 1341,2<br>22,632                            | 272,14<br>406,54     | 272,42<br>423,20  | 1,2349<br>1,6743     | 0,7451<br>0,6963   | 1,0820<br>0,7904   | 536,4<br>129,17         | -0,1627<br>26,92      |
| Lồng<br>Hơi | 75,00          | 0,4304         | 1326,4<br>25,743                            | 277,54<br>409,34     | 277,86<br>426,06  | 1,2505<br>1,6762     | 0,7497<br>0,7040   | 1,0906<br>0,8030   | 518,2<br>128,79         | -0,1370<br>26,09      |
| Lồng<br>Hơi | 80,00          | 0,4891         | 1311,2<br>29,188                            | 282,98<br>412,14     | 283,35<br>428,89  | 1,2660<br>1,6781     | 0,7542<br>0,7117   | 1,0996<br>0,8162   | 500,0<br>128,30         | -0,1087<br>25,34      |
| Lồng<br>Hơi | 85,00          | 0,5536         | 1295,7<br>33,000                            | 288,45<br>414,91     | 288,88<br>431,68  | 1,2814<br>1,6801     | 0,7589<br>0,7194   | 1,1093<br>0,8302   | 481,9<br>127,69         | -0,0773<br>24,66      |
| Lồng<br>Hơi | 90,00          | 0,6242         | 1279,9<br>37,213                            | 293,97<br>417,65     | 294,45<br>434,43  | 1,2967<br>1,6822     | 0,7636<br>0,7272   | 1,1197<br>0,8450   | 463,8<br>126,97         | -0,0425<br>24,05      |
| Lồng<br>Hơi | 95,00          | 0,7014         | 1263,6<br>41,863                            | 299,53<br>420,37     | 300,08<br>437,13  | 1,3120<br>1,6842     | 0,7683<br>0,7350   | 1,1310<br>0,8609   | 445,6<br>126,12         | -0,0036<br>23,51      |
| Lồng<br>Hơi | 100,00         | 0,7855         | 1246,9<br>46,996                            | 305,14<br>423,06     | 305,77<br>439,77  | 1,3271<br>1,6862     | 0,7731<br>0,7429   | 1,1433<br>0,8780   | 427,5<br>125,14         | 0,0402<br>23,03       |
| Lồng<br>Hơi | 105,00         | 0,8769         | 1229,7<br>52,661                            | 310,80<br>425,71     | 311,51<br>442,36  | 1,3422<br>1,6882     | 0,7781<br>0,7509   | 1,1568<br>0,8965   | 409,2<br>124,02         | 0,0896<br>22,61       |

Bảng 19 (kết thúc)

|                                                                                                                                                                        | Nhiệt độ<br>°C | Áp suất<br>MPa | Khối<br>lượng<br>riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội<br>năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | $C_v$<br>kJ/(kg·K) | $C_p$<br>kJ/(kg·K) | Vận<br>tốc<br>âm<br>m/s | Hệ số<br>J-T<br>K/MPa |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|---------------------------------------------|----------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|
| Lồng<br>Hơi                                                                                                                                                            | 110,00         | 0,9760         | 1211,9<br>58,914                            | 316,51<br>428,31     | 317,32<br>444,88  | 1,3572<br>1,6902     | 0,7831<br>0,7590   | 1,1717<br>0,9168   | 391,0<br>122,76         | 0,1460<br>22,24       |
| Lồng<br>Hơi                                                                                                                                                            | 115,00         | 1,0832         | 1193,5<br>65,824                            | 322,28<br>430,86     | 323,19<br>447,32  | 1,3723<br>1,6920     | 0,7883<br>0,7672   | 1,1884<br>0,9392   | 372,6<br>121,34         | 0,2106<br>21,94       |
| Lồng<br>Hơi                                                                                                                                                            | 120,00         | 1,1990         | 1174,4<br>73,471                            | 328,13<br>433,35     | 329,15<br>449,67  | 1,3872<br>1,6938     | 0,7936<br>0,7755   | 1,2072<br>0,9643   | 354,1<br>119,76         | 0,2854<br>21,69       |
| Lồng<br>Hơi                                                                                                                                                            | 125,00         | 1,3237         | 1154,4<br>81,950                            | 334,04<br>435,78     | 335,18<br>451,93  | 1,4022<br>1,6955     | 0,7991<br>0,7840   | 1,2287<br>0,9928   | 335,5<br>118,00         | 0,3728<br>21,51       |
| Lồng<br>Hơi                                                                                                                                                            | 130,00         | 1,4578         | 1133,6<br>91,379                            | 340,03<br>438,12     | 341,32<br>454,07  | 1,4173<br>1,6969     | 0,8048<br>0,7927   | 1,2536<br>1,0257   | 316,7<br>116,05         | 0,4759<br>21,38       |
| Lồng<br>Hơi                                                                                                                                                            | 135,00         | 1,6018         | 1111,6<br>101,904                           | 346,12<br>440,37     | 347,56<br>456,08  | 1,4323<br>1,6982     | 0,8107<br>0,8017   | 1,2828<br>1,0643   | 297,8<br>113,89         | 0,5992<br>21,32       |
| Lồng<br>Hơi                                                                                                                                                            | 140,00         | 1,7563         | 1088,3<br>113,711                           | 352,31<br>442,50     | 353,92<br>457,94  | 1,4475<br>1,6992     | 0,8170<br>0,8110   | 1,3178<br>1,1106   | 278,6<br>111,51         | 0,7487<br>21,32       |
| Lồng<br>Hơi                                                                                                                                                            | 145,00         | 1,9217         | 1063,5<br>127,044                           | 358,62<br>444,48     | 360,43<br>459,61  | 1,4628<br>1,7000     | 0,8236<br>0,8207   | 1,3606<br>1,1677   | 259,1<br>108,88         | 0,9334<br>21,39       |
| Lồng<br>Hơi                                                                                                                                                            | 150,00         | 2,0987         | 1036,8<br>142,231                           | 365,08<br>446,30     | 367,10<br>461,05  | 1,4782<br>1,7003     | 0,8307<br>0,8309   | 1,4146<br>1,2405   | 239,3<br>105,99         | 1,1664<br>21,53       |
| Lồng<br>Hơi                                                                                                                                                            | 155,00         | 2,2879         | 1007,8<br>159,735                           | 371,72<br>447,89     | 373,99<br>462,22  | 1,4940<br>1,7000     | 0,8384<br>0,8417   | 1,4855<br>1,3371   | 219,0<br>102,80         | 1,4686<br>21,75       |
| Lồng<br>Hơi                                                                                                                                                            | 160,00         | 2,4901         | 975,7<br>180,242                            | 378,58<br>449,20     | 381,13<br>463,01  | 1,5101<br>1,6991     | 0,8469<br>0,8534   | 1,5836<br>1,4728   | 198,2<br>99,29          | 1,8748<br>22,05       |
| Lồng<br>Hơi                                                                                                                                                            | 165,00         | 2,7062         | 939,4<br>204,853                            | 385,74<br>450,11     | 388,62<br>463,32  | 1,5267<br>1,6972     | 0,8565<br>0,8662   | 1,7303<br>1,6790   | 176,6<br>95,40          | 2,4478<br>22,41       |
| Lồng<br>Hơi                                                                                                                                                            | 170,00         | 2,9372         | 896,9<br>235,543                            | 393,33<br>450,42     | 396,61<br>462,89  | 1,5443<br>1,6939     | 0,8677<br>0,8806   | 1,9792<br>2,0332   | 154,0<br>91,07          | 3,3147<br>22,81       |
| Lồng<br>Hơi                                                                                                                                                            | 175,00         | 3,1845         | 843,9<br>276,595                            | 401,67<br>449,73     | 405,44<br>461,25  | 1,5635<br>1,6880     | 0,8817<br>0,8975   | 2,5102<br>2,7935   | 129,6<br>86,20          | 4,7779<br>23,12       |
| Lồng<br>Hơi                                                                                                                                                            | 180,00         | 3,4506         | 765,9<br>341,950                            | 411,72<br>446,73     | 416,22<br>456,82  | 1,5867<br>1,6763     | 0,9019<br>0,9194   | 4,5486<br>5,6613   | 102,3<br>80,62          | 7,8106<br>22,79       |
| Tới<br>hạn                                                                                                                                                             | 183,68         | 3,6618         | 550,0                                       | 430,74               | 437,39            | 1,6325               | c                  | c                  | c                       | 16,5658               |
| <sup>a</sup> Điểm ba thể<br><sup>b</sup> Điểm sôi chuẩn<br><sup>c</sup> Các giá trị của $C_v$ , $C_p$ và $w$ tại điểm tới hạn không được bao gồm trong tiêu chuẩn này. |                |                |                                             |                      |                   |                      |                    |                    |                         |                       |

## 5.8 R125 – Pentafluoroethane

## 5.8.1 Phạm vi tính toán

Các hệ số có hiệu lực trong các phạm vi sau:

$$T_{\min} = 172,52 \text{ K}, T_{\max} = 500 \text{ K}; p_{\min} = 60 \text{ MPa}; p_{\max} = 14,09 \text{ mol/l (1 691 kg/m}^3\text{)}$$



Bảng 20 – Các hệ số và số mũ của thành phần khí lý tưởng [các phương trình (3) đến (5)]

| $k$ | $c_k$   | $t_k$ | $a_k$ | $b_k$   |
|-----|---------|-------|-------|---------|
| 1   | 3,063 0 | 0,1   | —     | —       |
| 2   | —       | —     | 2,303 | 314,0   |
| 3   | —       | —     | 5,086 | 756,0   |
| 4   | —       | —     | 7,300 | 1 707,0 |

Bảng 21 – Các hệ số và số mũ của thành phần khí thực [phương trình (2)]

| $k$ | $N_k$          | $t_k$ | $d_k$ | $l_k$ | $\alpha_k$ | $m_k$ | $\beta_k$ | $\gamma_k$ | $\epsilon_k$ |
|-----|----------------|-------|-------|-------|------------|-------|-----------|------------|--------------|
| 1   | 5,280 760      | 0,669 | 1     | 0     | 0          | —     | —         | —          | —            |
| 2   | - 8,676 580    | 1,05  | 1     | 0     | 0          | —     | —         | —          | —            |
| 3   | 0,750 112 7    | 2,75  | 1     | 0     | 0          | —     | —         | —          | —            |
| 4   | 0,759 002 3    | 0,956 | 2     | 0     | 0          | —     | —         | —          | —            |
| 5   | 0,014 518 99   | 1,00  | 4     | 0     | 0          | —     | —         | —          | —            |
| 6   | 4,777 189      | 2,00  | 1     | 1     | 1          | —     | —         | —          | —            |
| 7   | - 3,330 988    | 2,75  | 1     | 1     | 1          | —     | —         | —          | —            |
| 8   | 3,775 673      | 2,38  | 2     | 1     | 1          | —     | —         | —          | —            |
| 9   | - 2,290 919    | 3,37  | 2     | 1     | 1          | —     | —         | —          | —            |
| 10  | 0,888 826 8    | 3,47  | 3     | 1     | 1          | —     | —         | —          | —            |
| 11  | - 0,623 486 4  | 2,63  | 4     | 1     | 1          | —     | —         | —          | —            |
| 12  | - 0,041 272 63 | 3,45  | 5     | 1     | 1          | —     | —         | —          | —            |
| 13  | - 0,084 553 89 | 0,72  | 1     | 2     | 1          | —     | —         | —          | —            |
| 14  | - 0,130 875 2  | 4,23  | 5     | 2     | 1          | —     | —         | —          | —            |
| 15  | 0,008 344 962  | 0,20  | 1     | 3     | 1          | —     | —         | —          | —            |
| 16  | - 1,532 005    | 4,5   | 2     | 2     | 1          | 1,7   | 1         | 0          | 0            |
| 17  | - 0,058 836 49 | 29,0  | 3     | 3     | 1          | 7,0   | 1         | 0          | 0            |
| 18  | 0,022 966 58   | 24,0  | 5     | 3     | 1          | 6,0   | 1         | 0          | 0            |

### 5.8.2 Các tham số rút gọn, khối lượng phân tử và hằng số khí

$T^* = 339,173 \text{ K}$ ,  $\rho^* = 4,779 \text{ mol/l}$ ,  $M = 120,021 4 \text{ g/mol}$ ,  $R = 8,314 472 \text{ J/(mol·K)}$

### 5.8.3 Các tham số trạng thái tham chiếu

$T_{\text{ref}} = 273,5 \text{ K}$ ,  $p_{\text{ref}} = 1,0 \text{ kPa}$ ,  $h_{\text{ref}} = 41 266,386 \text{ J/mol}$ ,  $s_{\text{ref}} = 236,119 5 \text{ J/(mol·K)}$ ,  $f_1 = 29,876 674 5$ ,  
 $f_2 = 3 013,226 7$



Bảng 22 – Các giá trị tính chất R125 dọc theo đường biên bão hòa lỏng-hơi

|             | Nhiệt độ<br>°C       | Áp suất<br>MPa | Khối<br>lượng<br>riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội<br>năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | C <sub>v</sub><br>kJ/(kg·K) | C <sub>p</sub><br>kJ/(kg·K) | Vận<br>tốc âm<br>m/s | Hệ số<br>J-T<br>K/MPa |
|-------------|----------------------|----------------|---------------------------------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------|
| Lỏng<br>Hơi | -100,63 <sup>a</sup> | 0,00291        | 1690,7<br>0,2446                            | 87,13<br>265,48      | 87,13<br>277,39   | 0,4902<br>1,5931     | 0,6776<br>0,4984            | 1,0346<br>0,5689            | 932,6<br>116,43      | -0,3837<br>90,26      |
| Lỏng<br>Hơi | -100,00              | 0,00309        | 1688,7<br>0,2583                            | 87,78<br>265,79      | 87,78<br>277,74   | 0,4940<br>1,5911     | 0,6781<br>0,4997            | 1,0351<br>0,5703            | 929,2<br>116,61      | -0,3830<br>89,08      |
| Lỏng<br>Hơi | -95,00               | 0,00481        | 1672,5<br>0,3918                            | 92,97<br>268,25      | 92,97<br>280,54   | 0,5235<br>1,5764     | 0,6818<br>0,5099            | 1,0396<br>0,5810            | 903,2<br>118,03      | -0,3766<br>80,43      |
| Lỏng<br>Hơi | -90,00               | 0,00729        | 1656,2<br>0,5779                            | 98,18<br>270,75      | 98,18<br>283,36   | 0,5524<br>1,5634     | 0,6860<br>0,5201            | 1,0450<br>0,5919            | 877,5<br>119,39      | -0,3694<br>72,87      |
| Lỏng<br>Hơi | -85,00               | 0,0107         | 1639,9<br>0,831                             | 103,42<br>273,28     | 103,42<br>286,20  | 0,5806<br>1,5520     | 0,6906<br>0,5304            | 1,0512<br>0,6031            | 852,3<br>120,69      | -0,3614<br>66,26      |
| Lỏng<br>Hơi | -80,00               | 0,0155         | 1623,4<br>1,169                             | 108,69<br>275,83     | 108,70<br>289,06  | 0,6082<br>1,5421     | 0,6955<br>0,5409            | 1,0581<br>0,6146            | 827,5<br>121,92      | -0,3525<br>60,44      |
| Lỏng<br>Hơi | -75,00               | 0,0218         | 1606,7<br>1,610                             | 114,00<br>278,41     | 114,01<br>291,94  | 0,6354<br>1,5333     | 0,7006<br>0,5514            | 1,0656<br>0,6264            | 802,9<br>123,07      | -0,3428<br>55,33      |
| Lỏng<br>Hơi | -70,00               | 0,0301         | 1589,9<br>2,177                             | 119,34<br>281,01     | 119,36<br>294,83  | 0,6620<br>1,5257     | 0,7060<br>0,5620            | 1,0736<br>0,6385            | 778,6<br>124,13      | -0,3323<br>50,81      |
| Lỏng<br>Hơi | -65,00               | 0,0408         | 1572,9<br>2,892                             | 124,73<br>283,62     | 124,75<br>297,71  | 0,6882<br>1,5191     | 0,7115<br>0,5727            | 1,0822<br>0,6511            | 754,5<br>125,11      | -0,3208<br>46,82      |
| Lỏng<br>Hơi | -60,00               | 0,0543         | 1555,7<br>3,783                             | 130,16<br>286,24     | 130,19<br>300,60  | 0,7140<br>1,5135     | 0,7171<br>0,5836            | 1,0912<br>0,6641            | 730,6<br>125,98      | -0,3083<br>43,28      |
| Lỏng<br>Hơi | -55,00               | 0,0713         | 1538,2<br>4,879                             | 135,63<br>288,88     | 135,68<br>303,48  | 0,7394<br>1,5086     | 0,7229<br>0,5946            | 1,1007<br>0,6776            | 706,8<br>126,75      | -0,2947<br>40,14      |
| Lỏng<br>Hơi | -50,00               | 0,0922         | 1520,5<br>6,211                             | 141,15<br>291,51     | 141,21<br>306,35  | 0,7644<br>1,5044     | 0,7288<br>0,6058            | 1,1107<br>0,6916            | 683,2<br>127,41      | -0,2799<br>37,35      |
| Lỏng<br>Hơi | -48,09 <sup>b</sup>  | 0,1013         | 1513,6<br>6,790                             | 143,27<br>292,52     | 143,34<br>307,44  | 0,7739<br>1,5030     | 0,7311<br>0,6101            | 1,1146<br>0,6971            | 674,2<br>127,63      | -0,2738<br>36,36      |
| Lỏng<br>Hơi | -45,00               | 0,1176         | 1502,4<br>7,814                             | 146,72<br>294,15     | 146,80<br>309,20  | 0,7891<br>1,5009     | 0,7349<br>0,6171            | 1,1212<br>0,7063            | 659,6<br>127,94      | -0,2636<br>34,86      |
| Lỏng<br>Hơi | -40,00               | 0,1483         | 1484,0<br>9,725                             | 152,34<br>296,79     | 152,44<br>312,03  | 0,8134<br>1,4980     | 0,7410<br>0,6286            | 1,1323<br>0,7216            | 636,1<br>128,35      | -0,2458<br>32,65      |
| Lỏng<br>Hơi | -35,00               | 0,1849         | 1465,3<br>11,985                            | 158,01<br>299,41     | 158,14<br>314,84  | 0,8375<br>1,4955     | 0,7473<br>0,6402            | 1,1440<br>0,7376            | 612,6<br>128,61      | -0,2262<br>30,67      |
| Lỏng<br>Hơi | -30,00               | 0,2281         | 1446,1<br>14,639                            | 163,74<br>302,03     | 163,90<br>317,61  | 0,8614<br>1,4935     | 0,7537<br>0,6520            | 1,1565<br>0,7545            | 589,1<br>128,73      | -0,2044<br>28,91      |
| Lỏng<br>Hơi | -25,00               | 0,2786         | 1426,5<br>17,736                            | 169,53<br>304,63     | 169,73<br>320,34  | 0,8849<br>1,4919     | 0,7602<br>0,6640            | 1,1698<br>0,7724            | 565,7<br>128,70      | -0,1803<br>27,33      |
| Lỏng<br>Hơi | -20,00               | 0,3373         | 1406,4<br>21,331                            | 175,38<br>307,22     | 175,62<br>323,03  | 0,9083<br>1,4906     | 0,7668<br>0,6761            | 1,1840<br>0,7912            | 542,2<br>128,50      | -0,1532<br>25,91      |
| Lỏng<br>Hơi | -15,00               | 0,4050         | 1385,8<br>25,486                            | 181,30<br>309,78     | 181,59<br>325,67  | 0,9314<br>1,4895     | 0,7736<br>0,6882            | 1,1994<br>0,8112            | 518,7<br>128,11      | -0,1228<br>24,66      |
| Lỏng<br>Hơi | -10,00               | 0,4825         | 1364,5<br>30,271                            | 187,29<br>312,30     | 187,64<br>328,24  | 0,9544<br>1,4887     | 0,7805<br>0,7003            | 1,2161<br>0,8324            | 495,2<br>127,54      | -0,0883<br>23,55      |
| Lỏng<br>Hơi | -5,00                | 0,5707         | 1342,6<br>35,768                            | 193,35<br>314,79     | 193,77<br>330,74  | 0,9773<br>1,4881     | 0,7876<br>0,7122            | 1,2344<br>0,8550            | 471,6<br>126,77      | -0,0489<br>22,61      |
| Lỏng<br>Hơi | 0,00                 | 0,6705         | 1319,8<br>42,070                            | 199,49<br>317,22     | 200,00<br>333,16  | 1,0000<br>1,4875     | 0,7948<br>0,7240            | 1,2547<br>0,8797            | 448,0<br>125,80      | -0,0036<br>21,81      |
| Lỏng<br>Hơi | 5,00                 | 0,7829         | 1296,2<br>49,291                            | 205,72<br>319,59     | 206,33<br>335,47  | 1,0226<br>1,4869     | 0,8021<br>0,7359            | 1,2773<br>0,9073            | 424,3<br>124,60      | 0,0492<br>21,15       |

Bảng 22 (kết thúc)

|          | Nhiệt độ<br>°C | Áp suất<br>MPa | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | C <sub>v</sub><br>kJ/(kg·K) | C <sub>p</sub><br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số J-T<br>K/MPa |
|----------|----------------|----------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|
| Lỏng Hơi | 10,00          | 0,9088         | 1271,5<br>57,564                      | 212,05<br>321,87  | 212,76<br>337,66  | 1,0452<br>1,4863     | 0,8095<br>0,7483            | 1,3029<br>0,9392            | 400,4<br>123,17   | 0,1113<br>20,61    |
| Lỏng Hơi | 15,00          | 1,0492         | 1245,6<br>67,054                      | 218,48<br>324,06  | 219,32<br>339,71  | 1,0678<br>1,4856     | 0,8172<br>0,7617            | 1,3323<br>0,9770            | 376,3<br>121,49   | 0,1851<br>20,18    |
| Lỏng Hơi | 20,00          | 1,2052         | 1218,3<br>77,966                      | 225,03<br>326,12  | 226,02<br>341,58  | 1,0904<br>1,4846     | 0,8252<br>0,7764            | 1,3666<br>1,0230            | 352,0<br>119,55   | 0,2742<br>19,83    |
| Lỏng Hơi | 25,00          | 1,3779         | 1189,4<br>90,557                      | 231,71<br>328,05  | 232,87<br>343,26  | 1,1131<br>1,4834     | 0,8335<br>0,7928            | 1,4074<br>1,0798            | 327,4<br>117,32   | 0,3835<br>19,53    |
| Lỏng Hơi | 30,00          | 1,5685         | 1158,4<br>105,170                     | 238,55<br>329,80  | 239,91<br>344,71  | 1,1359<br>1,4817     | 0,8425<br>0,8111            | 1,4575<br>1,1517            | 302,4<br>114,78   | 0,5202<br>19,29    |
| Lỏng Hơi | 35,00          | 1,7783         | 1125,0<br>122,270                     | 245,57<br>331,33  | 247,16<br>345,88  | 1,1591<br>1,4794     | 0,8522<br>0,8315            | 1,5209<br>1,2452            | 276,9<br>111,88   | 0,6956<br>19,08    |
| Lỏng Hơi | 40,00          | 2,0085         | 1088,4<br>142,522                     | 252,82<br>332,60  | 254,67<br>346,69  | 1,1826<br>1,4764     | 0,8630<br>0,8542            | 1,6052<br>1,3716            | 250,8<br>108,58   | 0,9282<br>18,91    |
| Lỏng Hơi | 45,00          | 2,2607         | 1047,7<br>166,954                     | 260,36<br>333,50  | 262,52<br>347,05  | 1,2067<br>1,4724     | 0,8755<br>0,8796            | 1,7244<br>1,5535            | 223,8<br>104,82   | 1,2501<br>18,78    |
| Lỏng Hơi | 50,00          | 2,5368         | 1001,1<br>197,293                     | 268,29<br>333,89  | 270,83<br>346,75  | 1,2318<br>1,4667     | 0,8907<br>0,9083            | 1,9102<br>1,8425            | 195,6<br>100,51   | 1,7247<br>18,67    |
| Lỏng Hơi | 55,00          | 2,8389         | 945,4<br>236,916                      | 276,82<br>333,46  | 279,83<br>345,44  | 1,2585<br>1,4584     | 0,9106<br>0,9421            | 2,2517<br>2,3860            | 165,3<br>95,57    | 2,4948<br>18,51    |
| Lỏng Hơi | 60,00          | 3,1703         | 872,1<br>294,367                      | 286,46<br>331,44  | 290,10<br>342,21  | 1,2884<br>1,4448     | 0,9411<br>0,9856            | 3,1392<br>3,8329            | 131,5<br>89,84    | 3,9752<br>18,06    |
| Lỏng Hơi | 65,00          | 3,5370         | 735,1<br>416,565                      | 300,06<br>323,75  | 304,88<br>332,24  | 1,3311<br>1,4120     | 1,0139<br>1,0604            | 13,6692<br>20,0735          | 90,0<br>82,63     | 8,2955<br>15,85    |
| Tới hạn  | 66,02          | 3,6177         | 573,6                                 | 311,75            | 318,06            | 1,3696               | c                           | c                           | c                 | 12,3608            |

<sup>a</sup> Điểm ba thể  
<sup>b</sup> Điểm sôi chuẩn  
<sup>c</sup> Các giá trị của C<sub>v</sub>, C<sub>p</sub> và w tại điểm tới hạn không được bao gồm trong tiêu chuẩn này.

## 5.9 R134a – 1,1,1,2 – tetrafluoroethane

## 5.9.1 Phạm vi tính toán

Các hệ số có hiệu lực trong các phạm vi sau:

$$T_{\min} = 169,85 \text{ K}, T_{\max} = 455 \text{ K}; p_{\max} = 70 \text{ MPa}; \rho_{\max} = 15,6 \text{ mol/l (1 592 kg/m}^3\text{)}$$

Bảng 23 – Các hệ số và số mũ của thành phần khí lý tưởng [các phương trình (3) đến (5)]

| k | C <sub>k</sub>                 | t <sub>k</sub> |
|---|--------------------------------|----------------|
| 0 | - 0,629 789                    | —              |
| 1 | 3,770 180 8 × 10 <sup>-1</sup> | 0,5            |
| 2 | 6,058 548 9 × 10 <sup>-2</sup> | 0,75           |

Bảng 24 – Các hệ số và số mũ của thành phần khí thực [phương trình (2)]

| $k$ | $N_k$             | $t_k$ | $d_k$ | $l_k$ | $\alpha_k$ |
|-----|-------------------|-------|-------|-------|------------|
| 1   | 0,055 868 17      | - 0,5 | 2     | 0     | 0          |
| 2   | 0,498 223         | 0     | 1     | 0     | 0          |
| 3   | 0,024 586 98      | 0     | 3     | 0     | 0          |
| 4   | 0,000 857 014 5   | 0     | 6     | 0     | 0          |
| 5   | 0,000 478 858 4   | 1,5   | 6     | 0     | 0          |
| 6   | - 1,800 808       | 1,5   | 1     | 0     | 0          |
| 7   | 0,267 164 1       | 2     | 1     | 0     | 0          |
| 8   | - 0,047 816 52    | 2     | 2     | 0     | 0          |
| 9   | 0,014 239 87      | 1     | 5     | 1     | 1          |
| 10  | 0,332 406 2       | 3     | 2     | 1     | 1          |
| 11  | - 0,007 485 907   | 5     | 2     | 1     | 1          |
| 12  | 0,000 101 726 3   | 1     | 4     | 2     | 1          |
| 13  | - 0,518 456 7     | 5     | 1     | 2     | 1          |
| 14  | - 0,086 922 88    | 5     | 4     | 2     | 1          |
| 15  | 0,205 714 4       | 6     | 1     | 2     | 1          |
| 16  | - 0,005 000 457   | 10    | 2     | 2     | 1          |
| 17  | 0,000 460 326 2   | 10    | 4     | 2     | 1          |
| 18  | - 0,003 497 836   | 10    | 1     | 3     | 1          |
| 19  | 0,006 995 038     | 18    | 5     | 3     | 1          |
| 20  | - 0,014 521 84    | 22    | 3     | 3     | 1          |
| 21  | - 0,000 128 545 8 | 50    | 10    | 4     | 1          |

### 5.9.2 Các tham số rút gọn, khối lượng phân tử và hằng số khí

$T^* = 374,18 \text{ K}$ ,  $p^* = 4,978\,830\,171 \text{ mol/l}$ ,  $M = 102,032 \text{ g/mol}$ ,  $R = 8,314\,471 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$

### 5.9.3 Các tham số trạng thái tham chiếu

$T_{\text{ref}} = 273,15 \text{ K}$ ,  $p_{\text{ref}} = 1,0 \text{ kPa}$ ,  $h_{\text{ref}} = 41\,433,397 \text{ J/mol}$ ,  $s_{\text{ref}} = 225,535\,3 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ ,  $f_1 = -12,280\,800\,2$ ,  
 $f_2 = 3\,385,257\,07$

Bảng 25 – Các giá trị tính chất R134a dọc theo đường biên bão hòa lỏng-hơi

|          | Nhiệt độ<br>°C       | Áp suất<br>MPa | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | C <sub>v</sub><br>kJ/(kg·K) | C <sub>p</sub><br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số J-T<br>K/MPa |
|----------|----------------------|----------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|
| Lỏng Hơi | -103,30 <sup>a</sup> | 0,000390       | 1591,1<br>0,02817                     | 71,45<br>321,11   | 71,46<br>334,94   | 0,4126<br>1,9639     | 0,7922<br>0,5030            | 1,1838<br>0,5853            | 1120,0<br>126,79  | -0,3815<br>373,57  |
| Lỏng Hơi | -100,00              | 0,000559       | 1582,4<br>0,03969                     | 75,36<br>322,76   | 75,36<br>336,85   | 0,4354<br>1,9456     | 0,7912<br>0,5107            | 1,1842<br>0,5932            | 1103,2<br>127,87  | -0,3793<br>318,13  |
| Lỏng Hơi | -95,00               | 0,000939       | 1569,1<br>0,06479                     | 81,29<br>325,29   | 81,29<br>339,78   | 0,4691<br>1,9201     | 0,7910<br>0,5224            | 1,1861<br>0,6052            | 1077,7<br>129,47  | -0,3753<br>253,65  |
| Lỏng Hơi | -90,00               | 0,00152        | 1555,8<br>0,1024                      | 87,22<br>327,87   | 87,23<br>342,76   | 0,5020<br>1,8972     | 0,7920<br>0,5341            | 1,1892<br>0,6173            | 1052,3<br>131,03  | -0,3707<br>206,26  |
| Lỏng Hơi | -85,00               | 0,00240        | 1542,5<br>0,1570                      | 93,18<br>330,49   | 93,18<br>345,77   | 0,5341<br>1,8766     | 0,7940<br>0,5457            | 1,1933<br>0,6294            | 1027,0<br>132,56  | -0,3656<br>170,88  |
| Lỏng Hơi | -80,00               | 0,00367        | 1529,0<br>0,2343                      | 99,16<br>333,15   | 99,16<br>348,83   | 0,5654<br>1,8580     | 0,7968<br>0,5573            | 1,1981<br>0,6417            | 1001,8<br>134,04  | -0,3599<br>144,05  |
| Lỏng Hơi | -75,00               | 0,00548        | 1515,5<br>0,3412                      | 105,16<br>335,85  | 105,17<br>351,91  | 0,5961<br>1,8414     | 0,8002<br>0,5689            | 1,2036<br>0,6540            | 976,8<br>135,47   | -0,3536<br>123,38  |
| Lỏng Hơi | -70,00               | 0,00798        | 1501,9<br>0,4857                      | 111,19<br>338,59  | 111,20<br>355,02  | 0,6262<br>1,8264     | 0,8040<br>0,5806            | 1,2096<br>0,6665            | 952,0<br>136,84   | -0,3469<br>107,19  |
| Lỏng Hơi | -65,00               | 0,0114         | 1488,2<br>0,677                       | 117,26<br>341,35  | 117,26<br>358,16  | 0,6557<br>1,8130     | 0,8082<br>0,5923            | 1,2161<br>0,6793            | 927,4<br>138,16   | -0,3396<br>94,32   |
| Lỏng Hơi | -60,00               | 0,0159         | 1474,3<br>0,927                       | 123,35<br>344,15  | 123,36<br>361,31  | 0,6846<br>1,8010     | 0,8127<br>0,6040            | 1,2230<br>0,6924            | 903,0<br>139,41   | -0,3318<br>83,91   |
| Lỏng Hơi | -55,00               | 0,0218         | 1460,4<br>1,246                       | 129,48<br>346,96  | 129,50<br>364,48  | 0,7131<br>1,7902     | 0,8175<br>0,6159            | 1,2304<br>0,7058            | 878,8<br>140,59   | -0,3234<br>75,36   |
| Lỏng Hơi | -50,00               | 0,0295         | 1446,3<br>1,650                       | 135,65<br>349,80  | 135,67<br>367,65  | 0,7410<br>1,7806     | 0,8224<br>0,6280            | 1,2381<br>0,7197            | 854,7<br>141,69   | -0,3143<br>68,25   |
| Lỏng Hơi | -45,00               | 0,0391         | 1432,1<br>2,152                       | 141,86<br>352,65  | 141,89<br>370,83  | 0,7685<br>1,7720     | 0,8276<br>0,6402            | 1,2462<br>0,7341            | 830,9<br>142,70   | -0,3046<br>62,23   |
| Lỏng Hơi | -40,00               | 0,0512         | 1417,7<br>2,769                       | 148,11<br>355,51  | 148,14<br>374,00  | 0,7956<br>1,7643     | 0,8328<br>0,6526            | 1,2546<br>0,7490            | 807,2<br>143,63   | -0,2941<br>57,08   |
| Lỏng Hơi | -35,00               | 0,0661         | 1403,1<br>3,521                       | 154,40<br>358,38  | 154,44<br>377,17  | 0,8223<br>1,7575     | 0,8382<br>0,6652            | 1,2635<br>0,7646            | 783,7<br>144,45   | -0,2828<br>52,63   |
| Lỏng Hơi | -30,00               | 0,0844         | 1388,4<br>4,426                       | 160,73<br>361,25  | 160,79<br>380,32  | 0,8486<br>1,7515     | 0,8438<br>0,6781            | 1,2729<br>0,7809            | 760,3<br>145,18   | -0,2706<br>48,74   |
| Lỏng Hơi | -26,07 <sup>b</sup>  | 0,1013         | 1376,7<br>5,258                       | 165,74<br>363,51  | 165,81<br>382,78  | 0,8690<br>1,7472     | 0,8482<br>0,6884            | 1,2805<br>0,7942            | 742,0<br>145,67   | -0,2602<br>46,01   |
| Lỏng Hơi | -25,00               | 0,1064         | 1373,4<br>5,506                       | 167,11<br>364,12  | 167,19<br>383,45  | 0,8746<br>1,7461     | 0,8494<br>0,6912            | 1,2827<br>0,7979            | 737,0<br>145,79   | -0,2573<br>45,31   |
| Lỏng Hơi | -20,00               | 0,1327         | 1358,3<br>6,784                       | 173,54<br>366,99  | 173,64<br>386,55  | 0,9002<br>1,7413     | 0,8551<br>0,7046            | 1,2930<br>0,8158            | 713,8<br>146,28   | -0,2428<br>42,26   |
| Lỏng Hơi | -15,00               | 0,1639         | 1342,8<br>8,287                       | 180,02<br>369,85  | 180,14<br>389,63  | 0,9256<br>1,7371     | 0,8609<br>0,7183            | 1,3040<br>0,8346            | 690,7<br>146,65   | -0,2270<br>39,54   |

Bảng 25 (kết thúc)

|          | Nhiệt độ<br>°C | Áp suất<br>MPa | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | $C_v$<br>kJ/(kg·K) | $C_p$<br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số<br>J-T<br>K/MPa |
|----------|----------------|----------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|
| Lồng Hơi | -10,00         | 0,2006         | 1327,1<br>10,041                      | 186,55<br>372,69  | 186,70<br>392,66  | 0,9506<br>1,7334     | 0,8669<br>0,7322   | 1,3156<br>0,8544   | 667,6<br>146,89   | -0,2096<br>37,11      |
| Lồng Hơi | -5,00          | 0,2433         | 1311,1<br>12,077                      | 193,13<br>375,51  | 193,32<br>395,66  | 0,9754<br>1,7300     | 0,8729<br>0,7464   | 1,3279<br>0,8752   | 644,6<br>146,99   | -0,1905<br>34,92      |
| Lồng Hơi | 0,00           | 0,2928         | 1294,8<br>14,428                      | 199,77<br>378,31  | 200,00<br>398,60  | 1,0000<br>1,7271     | 0,8791<br>0,7608   | 1,3410<br>0,8972   | 621,6<br>146,94   | -0,1695<br>32,95      |
| Lồng Hơi | 5,00           | 0,3497         | 1278,1<br>17,131                      | 206,48<br>381,08  | 206,75<br>401,49  | 1,0243<br>1,7245     | 0,8854<br>0,7755   | 1,3552<br>0,9206   | 598,7<br>146,74   | -0,1461<br>31,17      |
| Lồng Hơi | 10,00          | 0,4146         | 1261,0<br>20,226                      | 213,25<br>383,82  | 213,58<br>404,32  | 1,0485<br>1,7221     | 0,8918<br>0,7904   | 1,3704<br>0,9455   | 575,7<br>146,38   | -0,1200<br>29,57      |
| Lồng Hơi | 15,00          | 0,4884         | 1243,4<br>23,758                      | 220,09<br>386,52  | 220,48<br>407,07  | 1,0724<br>1,7200     | 0,8983<br>0,8056   | 1,3869<br>0,9721   | 552,7<br>145,85   | -0,0907<br>28,12      |
| Lồng Hơi | 20,00          | 0,5717         | 1225,3<br>27,780                      | 227,00<br>389,17  | 227,47<br>409,75  | 1,0962<br>1,7180     | 0,9050<br>0,8210   | 1,4049<br>1,0007   | 529,6<br>145,15   | -0,0578<br>26,81      |
| Lồng Hơi | 25,00          | 0,6654         | 1206,7<br>32,350                      | 233,99<br>391,77  | 234,55<br>412,33  | 1,1199<br>1,7162     | 0,9119<br>0,8367   | 1,4246<br>1,0316   | 506,5<br>144,26   | -0,0204<br>25,64      |
| Lồng Hơi | 30,00          | 0,7702         | 1187,5<br>37,535                      | 241,07<br>394,30  | 241,72<br>414,82  | 1,1435<br>1,7145     | 0,9189<br>0,8527   | 1,4465<br>1,0655   | 483,2<br>143,16   | 0,0223<br>24,58       |
| Lồng Hơi | 35,00          | 0,8870         | 1167,5<br>43,416                      | 248,25<br>396,76  | 249,01<br>417,19  | 1,1670<br>1,7128     | 0,9262<br>0,8691   | 1,4709<br>1,1028   | 459,9<br>141,86   | 0,0714<br>23,63       |
| Lồng Hơi | 40,00          | 1,0166         | 1146,7<br>50,085                      | 255,52<br>399,13  | 256,41<br>419,43  | 1,1905<br>1,7111     | 0,9336<br>0,8858   | 1,4984<br>1,1445   | 436,4<br>140,34   | 0,1285<br>22,78       |
| Lồng Hơi | 45,00          | 1,1599         | 1125,1<br>57,657                      | 262,91<br>401,40  | 263,94<br>421,52  | 1,2139<br>1,7092     | 0,9414<br>0,9029   | 1,5298<br>1,1917   | 412,8<br>138,57   | 0,1953<br>22,02       |
| Lồng Hơi | 50,00          | 1,3179         | 1102,3<br>66,272                      | 270,43<br>403,55  | 271,62<br>423,44  | 1,2375<br>1,7072     | 0,9494<br>0,9205   | 1,5661<br>1,2461   | 389,0<br>136,55   | 0,2746<br>21,36       |
| Lồng Hơi | 55,00          | 1,4915         | 1078,3<br>76,104                      | 278,09<br>405,55  | 279,47<br>425,15  | 1,2611<br>1,7050     | 0,9579<br>0,9387   | 1,6089<br>1,3099   | 364,9<br>134,25   | 0,3698<br>20,77       |
| Lồng Hơi | 60,00          | 1,6818         | 1052,9<br>87,379                      | 285,91<br>407,38  | 287,50<br>426,63  | 1,2848<br>1,7024     | 0,9668<br>0,9577   | 1,6602<br>1,3868   | 340,5<br>131,66   | 0,4861<br>20,27       |
| Lồng Hơi | 65,00          | 1,8898         | 1025,6<br>100,398                     | 293,92<br>408,99  | 295,76<br>427,82  | 1,3088<br>1,6993     | 0,9764<br>0,9775   | 1,7234<br>1,4822   | 315,7<br>128,74   | 0,6308<br>19,83       |
| Lồng Hơi | 70,00          | 2,1168         | 996,2<br>115,572                      | 302,16<br>410,33  | 304,28<br>428,65  | 1,3332<br>1,6956     | 0,9869<br>0,9986   | 1,8039<br>1,6051   | 290,3<br>125,46   | 0,8157<br>19,46       |
| Lồng Hơi | 75,00          | 2,3641         | 964,1<br>133,494                      | 310,68<br>411,32  | 313,13<br>429,03  | 1,3580<br>1,6909     | 0,9988<br>1,0212   | 1,9115<br>1,7714   | 264,1<br>121,80   | 1,0599<br>19,14       |
| Lồng Hơi | 80,00          | 2,6332         | 928,2<br>155,078                      | 319,55<br>411,83  | 322,39<br>428,81  | 1,3836<br>1,6850     | 1,0129<br>1,0460   | 2,0648<br>2,0122   | 236,6<br>117,69   | 1,3973<br>18,86       |
| Lồng Hơi | 85,00          | 2,9258         | 887,2<br>181,853                      | 328,93<br>411,67  | 332,22<br>427,76  | 1,4104<br>1,6771     | 1,0308<br>1,0739   | 2,3064<br>2,3971   | 207,4<br>113,09   | 1,8936<br>18,57       |
| Lồng Hơi | 90,00          | 3,2442         | 837,8<br>216,761                      | 339,06<br>410,45  | 342,93<br>425,42  | 1,4390<br>1,6662     | 1,0556<br>1,1068   | 2,7559<br>3,1207   | 175,9<br>107,90   | 2,6936<br>18,20       |
| Lồng Hơi | 95,00          | 3,5912         | 772,7<br>267,139                      | 350,60<br>407,23  | 355,25<br>420,67  | 1,4715<br>1,6492     | 1,0938<br>1,1489   | 3,9385<br>5,0195   | 141,2<br>101,91   | 4,1916<br>17,51       |
| Lồng Hơi | 100,00         | 3,9724         | 651,2<br>373,011                      | 367,20<br>397,03  | 373,30<br>407,68  | 1,5188<br>1,6109     | 1,1737<br>1,2180   | 17,5915<br>25,3503 | 101,0<br>93,95    | 8,1985<br>15,30       |
| Tới hạn  | 101,06         | 4,0593         | 511,9                                 | 381,71            | 389,64            | 1,5621               | c                  | c                  | c                 | 11,9312               |

<sup>a</sup> Điểm ba thể  
<sup>b</sup> Điểm sôi chuẩn  
<sup>c</sup> Các giá trị của  $C_v$ ,  $C_p$  và  $w$  tại điểm tới hạn không được bao gồm trong tiêu chuẩn này.

## 5.10 R143a – 1,1,1 – trifluoroethane

## 5.10.1 Phạm vi tính toán

Các hệ số có hiệu lực trong các phạm vi sau:

$$T_{\min} = 161,34 \text{ K}, T_{\max} = 650 \text{ K}; p_{\max} = 100 \text{ MPa}; \rho_{\max} = 15,85 \text{ mol/l (1 332 kg/m}^3\text{)}$$

Bảng 26 – Các hệ số và số mũ của thành phần khí lý tưởng [các phương trình (3) đến (5)]

| $k$ | $c_k$   | $t_k$ | $a_k$   | $b_k$ |
|-----|---------|-------|---------|-------|
| 1   | 1,057 8 | 0,33  | —       | —     |
| 2   | —       | —     | 4,440 2 | 1 791 |
| 3   | —       | —     | 3,751 5 | 823   |

Bảng 27 – Các hệ số và số mũ của thành phần khí thực [phương trình (2)]

| $k$ | $N_k$           | $t_k$ | $d_k$ | $l_k$ | $a_k$ |
|-----|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| 1   | 7,773 644 3     | 0,67  | 1     | 0     | 0     |
| 2   | - 8,701 85      | 0,833 | 1     | 0     | 0     |
| 3   | - 0,277 797 99  | 1,7   | 1     | 0     | 0     |
| 4   | 0,146 092 2     | 1,82  | 2     | 0     | 0     |
| 5   | 0,008 958 161 6 | 0,35  | 5     | 0     | 0     |
| 6   | - 0,205 521 16  | 3,9   | 1     | 1     | 1     |
| 7   | 0,106 532 58    | 0,95  | 3     | 1     | 1     |
| 8   | 0,023 270 816   | 0     | 5     | 1     | 1     |
| 9   | - 0,013 247 542 | 1,19  | 7     | 1     | 1     |
| 10  | - 0,042 793 87  | 7,2   | 1     | 2     | 1     |
| 11  | 0,362 216 85    | 5,9   | 2     | 2     | 1     |
| 12  | - 0,256 718 99  | 7,65  | 2     | 2     | 1     |
| 13  | - 0,092 326 113 | 7,5   | 3     | 2     | 1     |
| 14  | 0,083 774 837   | 7,45  | 4     | 2     | 1     |
| 15  | 0,017 128 445   | 15,5  | 2     | 3     | 1     |
| 16  | - 0,017 256 11  | 22    | 3     | 3     | 1     |
| 17  | 0,004 908 049 2 | 19    | 5     | 3     | 1     |

## 5.10.2 Các tham số rút gọn, khối lượng phân tử và hằng số khí

$$T^* = 345,857 \text{ K}, p^* = 5,128 45 \text{ mol/L}, M = 84,041 \text{ g/mol}, R = 8,314 472 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$$

## 5.10.3 Các tham số trạng thái tham chiếu

$$T_{\text{ref}} = 273,15 \text{ K}, p_{\text{ref}} = 1,0 \text{ kPa}, h_{\text{ref}} = 33 936,397 \text{ J/mol}, s_{\text{ref}} = 198,961 3 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}, f_1 = -1,577 780 74, f_2 = 2 527,263 78$$



Bảng 28 – Các giá trị tính chất R143a dọc theo đường biên bão hòa lỏng-hơi

|          | Nhiệt độ<br>°C       | Áp suất<br>MPa | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | C <sub>v</sub><br>kJ/(kg·K) | C <sub>p</sub><br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số J-T<br>K/MPa |
|----------|----------------------|----------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|
| Lỏng Hơi | -111,81 <sup>a</sup> | 0,00107        | 1330,5<br>0,0675                      | 52,52<br>303,67   | 52,52<br>319,59   | 0,3142<br>1,9695     | 0,8138<br>0,5283            | 1,2112<br>0,6299            | 1058,1<br>137,57  | -0,4394<br>385,09  |
| Lỏng Hơi | -110,00              | 0,00129        | 1326,2<br>0,0805                      | 54,71<br>304,59   | 54,71<br>320,68   | 0,3277<br>1,9579     | 0,8128<br>0,5331            | 1,2119<br>0,6350            | 1049,4<br>138,22  | -0,4375<br>354,60  |
| Lỏng Hơi | -105,00              | 0,00211        | 1314,1<br>0,1274                      | 60,78<br>307,17   | 60,78<br>323,73   | 0,3643<br>1,9281     | 0,8114<br>0,5467            | 1,2151<br>0,6495            | 1025,5<br>139,98  | -0,4316<br>284,35  |
| Lỏng Hơi | -100,00              | 0,00333        | 1301,9<br>0,1956                      | 66,87<br>309,78   | 66,87<br>326,81   | 0,4000<br>1,9012     | 0,8115<br>0,5604            | 1,2199<br>0,6642            | 1001,7<br>141,68  | -0,4247<br>230,56  |
| Lỏng Hơi | -95,00               | 0,00510        | 1289,6<br>0,2917                      | 72,98<br>312,43   | 72,98<br>329,92   | 0,4348<br>1,8770     | 0,8131<br>0,5742            | 1,2260<br>0,6792            | 977,9<br>143,32   | -0,4171<br>189,21  |
| Lỏng Hơi | -90,00               | 0,00761        | 1277,2<br>0,4238                      | 79,13<br>315,11   | 79,13<br>333,06   | 0,4688<br>1,8553     | 0,8157<br>0,5881            | 1,2333<br>0,6944            | 954,2<br>144,89   | -0,4086<br>157,26  |
| Lỏng Hơi | -85,00               | 0,0111         | 1264,8<br>0,601                       | 85,31<br>317,83   | 85,32<br>336,22   | 0,5021<br>1,8357     | 0,8194<br>0,6021            | 1,2415<br>0,7100            | 930,4<br>146,39   | -0,3994<br>132,44  |
| Lỏng Hơi | -80,00               | 0,0157         | 1252,2<br>0,835                       | 91,54<br>320,58   | 91,55<br>339,40   | 0,5348<br>1,8180     | 0,8238<br>0,6162            | 1,2504<br>0,7258            | 906,6<br>147,81   | -0,3895<br>113,01  |
| Lỏng Hơi | -75,00               | 0,0219         | 1239,5<br>1,138                       | 97,81<br>323,36   | 97,83<br>342,60   | 0,5669<br>1,8021     | 0,8288<br>0,6304            | 1,2601<br>0,7421            | 882,8<br>149,13   | -0,3789<br>97,68   |
| Lỏng Hơi | -70,00               | 0,0299         | 1226,7<br>1,523                       | 104,14<br>326,16  | 104,16<br>345,80  | 0,5984<br>1,7879     | 0,8344<br>0,6448            | 1,2704<br>0,7589            | 859,1<br>150,37   | -0,3674<br>85,45   |
| Lỏng Hơi | -65,00               | 0,0402         | 1213,7<br>2,005                       | 110,51<br>328,98  | 110,54<br>349,01  | 0,6294<br>1,7750     | 0,8405<br>0,6593            | 1,2813<br>0,7763            | 835,3<br>151,50   | -0,3551<br>75,60   |
| Lỏng Hơi | -60,00               | 0,0531         | 1200,6<br>2,601                       | 116,94<br>331,81  | 116,99<br>352,21  | 0,6599<br>1,7635     | 0,8470<br>0,6741            | 1,2928<br>0,7944            | 811,5<br>152,51   | -0,3419<br>67,57   |
| Lỏng Hơi | -55,00               | 0,0691         | 1187,3<br>3,329                       | 123,43<br>334,66  | 123,49<br>355,41  | 0,6900<br>1,7531     | 0,8538<br>0,6892            | 1,3049<br>0,8133            | 787,7<br>153,41   | -0,3277<br>60,93   |
| Lỏng Hơi | -50,00               | 0,0887         | 1173,9<br>4,210                       | 129,97<br>337,51  | 130,05<br>358,58  | 0,7197<br>1,7438     | 0,8608<br>0,7046            | 1,3175<br>0,8331            | 763,9<br>154,19   | -0,3123<br>55,38   |
| Lỏng Hơi | -47,24 <sup>b</sup>  | 0,1013         | 1166,4<br>4,769                       | 133,61<br>339,08  | 133,70<br>360,33  | 0,7359<br>1,7391     | 0,8648<br>0,7132            | 1,3248<br>0,8444            | 750,8<br>154,55   | -0,3032<br>52,70   |
| Lỏng Hơi | -45,00               | 0,1125         | 1160,3<br>5,264                       | 136,58<br>340,36  | 136,68<br>361,74  | 0,7490<br>1,7354     | 0,8681<br>0,7203            | 1,3309<br>0,8539            | 740,1<br>154,82   | -0,2956<br>50,69   |
| Lỏng Hơi | -40,00               | 0,1411         | 1146,4<br>6,514                       | 143,26<br>343,20  | 143,38<br>364,86  | 0,7779<br>1,7279     | 0,8756<br>0,7363            | 1,3448<br>0,8758            | 716,3<br>155,31   | -0,2774<br>46,68   |
| Lỏng Hơi | -35,00               | 0,1750         | 1132,3<br>7,988                       | 150,00<br>346,04  | 150,15<br>367,95  | 0,8065<br>1,7211     | 0,8833<br>0,7526            | 1,3596<br>0,8989            | 692,5<br>155,65   | -0,2576<br>43,21   |
| Lỏng Hơi | -30,00               | 0,2149         | 1117,9<br>9,711                       | 156,81<br>348,86  | 157,00<br>370,99  | 0,8348<br>1,7149     | 0,8911<br>0,7693            | 1,3752<br>0,9233            | 668,6<br>155,84   | -0,2358<br>40,20   |
| Lỏng Hơi | -25,00               | 0,2614         | 1103,3<br>11,716                      | 163,70<br>351,67  | 163,93<br>373,98  | 0,8629<br>1,7093     | 0,8991<br>0,7863            | 1,3918<br>0,9492            | 644,7<br>155,85   | -0,2118<br>37,55   |
| Lỏng Hơi | -20,00               | 0,3154         | 1088,3<br>14,036                      | 170,66<br>354,44  | 170,95<br>376,91  | 0,8907<br>1,7043     | 0,9072<br>0,8035            | 1,4094<br>0,9767            | 620,8<br>155,68   | -0,1852<br>35,22   |
| Lỏng Hơi | -15,00               | 0,3774         | 1072,9<br>16,709                      | 177,71<br>357,18  | 178,06<br>379,76  | 0,9183<br>1,6996     | 0,9154<br>0,8211            | 1,4283<br>1,0061            | 596,8<br>155,33   | -0,1555<br>33,16   |



Bảng 28 (kết thúc)

|          | Nhiệt độ<br>°C | Áp suất<br>MPa | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | C <sub>v</sub><br>kJ/(kg·K) | C <sub>p</sub><br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số J-T<br>K/MPa |
|----------|----------------|----------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|
| Lồng Hơi | -10,00         | 0,4482         | 1057,2<br>19,778                      | 184,84<br>359,88  | 185,27<br>382,54  | 0,9457<br>1,6953     | 0,9237<br>0,8390            | 1,4487<br>1,0377            | 572,8<br>154,78   | -0,1223<br>31,33   |
| Lồng Hơi | -5,00          | 0,5287         | 1041,0<br>23,292                      | 192,07<br>362,53  | 192,58<br>385,23  | 0,9729<br>1,6913     | 0,9322<br>0,8571            | 1,4709<br>1,0717            | 548,6<br>154,03   | -0,0847<br>29,69   |
| Lồng Hơi | 0,00           | 0,6197         | 1024,3<br>27,306                      | 199,40<br>365,11  | 200,00<br>387,81  | 1,0000<br>1,6876     | 0,9408<br>0,8756            | 1,4951<br>1,1087            | 524,3<br>153,06   | -0,0420<br>28,24   |
| Lồng Hơi | 5,00           | 0,7219         | 1007,0<br>31,885                      | 206,83<br>367,63  | 207,54<br>390,27  | 1,0270<br>1,6839     | 0,9495<br>0,8944            | 1,5219<br>1,1492            | 499,8<br>151,87   | 0,0069<br>26,94    |
| Lồng Hơi | 10,00          | 0,8363         | 989,1<br>37,107                       | 214,37<br>370,06  | 215,22<br>392,60  | 1,0539<br>1,6804     | 0,9585<br>0,9135            | 1,5517<br>1,1942            | 475,1<br>150,43   | 0,0635<br>25,79    |
| Lồng Hơi | 15,00          | 0,9637         | 970,4<br>43,062                       | 222,05<br>372,39  | 223,04<br>394,77  | 1,0809<br>1,6768     | 0,9678<br>0,9331            | 1,5854<br>1,2447            | 450,2<br>148,74   | 0,1295<br>24,76    |
| Lồng Hơi | 20,00          | 1,1052         | 950,8<br>49,864                       | 229,86<br>374,60  | 231,02<br>396,76  | 1,1078<br>1,6732     | 0,9773<br>0,9531            | 1,6239<br>1,3024            | 425,0<br>146,77   | 0,2075<br>23,84    |
| Lồng Hơi | 25,00          | 1,2616         | 930,2<br>57,653                       | 237,83<br>376,66  | 239,19<br>398,54  | 1,1349<br>1,6693     | 0,9873<br>0,9737            | 1,6687<br>1,3695            | 399,5<br>144,51   | 0,3007<br>23,04    |
| Lồng Hơi | 30,00          | 1,4340         | 908,4<br>66,605                       | 245,98<br>378,54  | 247,56<br>400,07  | 1,1621<br>1,6652     | 0,9978<br>0,9951            | 1,7218<br>1,4494            | 373,5<br>141,93   | 0,4140<br>22,33    |
| Lồng Hơi | 35,00          | 1,6236         | 885,2<br>76,954                       | 254,33<br>380,21  | 256,16<br>401,31  | 1,1895<br>1,6606     | 1,0091<br>1,0173            | 1,7863<br>1,5472            | 347,0<br>139,02   | 0,5543<br>21,71    |
| Lồng Hơi | 40,00          | 1,8314         | 860,3<br>89,018                       | 262,91<br>381,61  | 265,04<br>402,19  | 1,2174<br>1,6553     | 1,0213<br>1,0408            | 1,8670<br>1,6715            | 319,8<br>135,73   | 0,7319<br>21,17    |
| Lồng Hơi | 45,00          | 2,0589         | 833,1<br>103,245                      | 271,79<br>382,66  | 274,26<br>402,61  | 1,2457<br>1,6491     | 1,0350<br>1,0659            | 1,9725<br>1,8366            | 291,8<br>132,04   | 0,9636<br>20,69    |
| Lồng Hơi | 50,00          | 2,3073         | 803,0<br>120,307                      | 281,02<br>383,25  | 283,90<br>402,43  | 1,2748<br>1,6416     | 1,0509<br>1,0932            | 2,1181<br>2,0700            | 262,7<br>127,89   | 1,2777<br>20,26    |
| Lồng Hơi | 55,00          | 2,5785         | 768,9<br>141,302                      | 290,74<br>383,20  | 294,09<br>401,44  | 1,3051<br>1,6322     | 1,0702<br>1,1237            | 2,3369<br>2,4302            | 232,2<br>123,22   | 1,7273<br>19,84    |
| Lồng Hơi | 60,00          | 2,8744         | 728,9<br>168,236                      | 301,15<br>382,16  | 305,09<br>399,24  | 1,3371<br>1,6197     | 1,0951<br>1,1595            | 2,7143<br>3,0685            | 199,5<br>117,93   | 2,4237<br>19,37    |
| Lồng Hơi | 65,00          | 3,1977         | 678,3<br>205,645                      | 312,73<br>379,39  | 317,45<br>394,94  | 1,3726<br>1,6018     | 1,1312<br>1,2044            | 3,5635<br>4,5323            | 163,8<br>111,84   | 3,6529<br>18,67    |
| Lồng Hơi | 70,00          | 3,5527         | 600,8<br>270,096                      | 327,28<br>372,27  | 333,19<br>385,42  | 1,4172<br>1,5694     | 1,1984<br>1,2720            | 7,7197<br>11,5008           | 122,4<br>104,25   | 6,4733<br>17,07    |
| Tới hạn  | 72,71          | 3,7610         | 431,0                                 | 350,18            | 358,91            | 1,4906               | °                           | °                           | °                 | 12,3969            |

<sup>a</sup> Điểm ba thể  
<sup>b</sup> Điểm sôi chuẩn  
<sup>c</sup> Các giá trị của C<sub>v</sub>, C<sub>p</sub> và w tại điểm tới hạn không được bao gồm trong tiêu chuẩn này.

## 5.11 R152a – 1,1 – difluoroethane

## 5.11.1 Phạm vi tính toán

Các hệ số có hiệu lực trong các phạm vi sau:

$$T_{\min} = 154,5 \text{ K}, T_{\max} = 500 \text{ K}; p_{\max} = 60 \text{ MPa}; \rho_{\max} = 18,07 \text{ mol/l (1 194 kg/m}^3\text{)}$$

**Bảng 29 – Các hệ số và số mũ của thành phần khí lý tưởng [các phương trình (3) đến (5)]**

| $k$ | $C_k$                       | $t_k$ |
|-----|-----------------------------|-------|
| 0   | 3,354 952                   | –     |
| 1   | $1,098 649 \times 10^{-2}$  | 1     |
| 2   | $2,501 616 \times 10^{-5}$  | 2     |
| 3   | $-2,787 445 \times 10^{-8}$ | 3     |

**Bảng 30 – Các hệ số và số mũ của thành phần khí thực [phương trình (2)]**

| $k$ | $N_k$                               | $t_k$ | $d_k$ | $l_k$ | $\alpha_k$ |
|-----|-------------------------------------|-------|-------|-------|------------|
| 1   | $-0,354 657 949 982 \times 10^1$    | 3     | 0     | 0     | 0          |
| 2   | $-0,364 631 280 620$                | 4     | 0     | 0     | 0          |
| 3   | $0,333 233 335 558 \times 10^{-1}$  | 5     | 0     | 0     | 0          |
| 4   | $-0,680 968 435 117$                | 0     | 1     | 0     | 0          |
| 5   | $0,735 212 646 801 \times 10^1$     | 0,5   | 1     | 0     | 0          |
| 6   | $-0,112 473 063 838 \times 10^2$    | 1     | 1     | 0     | 0          |
| 7   | $0,549 916 715 657 \times 10^1$     | 2     | 1     | 0     | 0          |
| 8   | $-0,240 186 327 322 \times 10^1$    | 3     | 1     | 0     | 0          |
| 9   | $-0,709 036 447 042 \times 10^{-1}$ | 0     | 2     | 0     | 0          |
| 10  | $-0,213 200 886 814$                | 1     | 2     | 0     | 0          |
| 11  | $0,197 839 736 368$                 | 2     | 2     | 0     | 0          |
| 12  | $0,182 494 769 909 \times 10^1$     | 3     | 2     | 0     | 0          |
| 13  | $-0,860 546 479 693 \times 10^{-1}$ | 0     | 3     | 0     | 0          |
| 14  | $0,888 137 366 540$                 | 1     | 3     | 0     | 0          |
| 15  | $-0,966 127 346 370$                | 2     | 3     | 0     | 0          |
| 16  | $-0,985 223 479 324 \times 10^{-1}$ | 1     | 4     | 0     | 0          |
| 17  | $0,183 419 368 472 \times 10^{-1}$  | 2     | 5     | 0     | 0          |
| 18  | $-0,338 550 204 252 \times 10^{-1}$ | 3     | 5     | 0     | 0          |
| 19  | $0,124 921 101 016 \times 10^{-1}$  | 2     | 6     | 0     | 0          |
| 20  | $-0,221 056 706 423 \times 10^{-2}$ | 2     | 7     | 0     | 0          |

Bảng 30 (kết thúc)

| $k$ | $N_k$                                  | $t_k$ | $d_k$ | $l_k$ | $\alpha_k$ |
|-----|----------------------------------------|-------|-------|-------|------------|
| 21  | $0,216\ 879\ 133\ 161 \times 10^{-2}$  | 3     | 7     | 0     | 0          |
| 22  | $-0,233\ 597\ 690\ 478 \times 10^{-3}$ | 3     | 8     | 0     | 0          |
| 23  | $0,354\ 657\ 949\ 982 \times 10^1$     | 3     | 0     | 2     | 1          |
| 24  | 0,364 631 280 620                      | 4     | 0     | 2     | 1          |
| 25  | $-0,333\ 233\ 335\ 558 \times 10^{-1}$ | 5     | 0     | 2     | 1          |
| 26  | $0,276\ 133\ 830\ 254 \times 10^1$     | 3     | 2     | 2     | 1          |
| 27  | $-0,691\ 185\ 711\ 880 \times 10^{-1}$ | 4     | 2     | 2     | 1          |
| 28  | $-0,333\ 233\ 335\ 558 \times 10^{-1}$ | 5     | 2     | 2     | 1          |
| 29  | 0,782 761 327 717                      | 3     | 4     | 2     | 1          |
| 30  | $-0,345\ 592\ 855\ 940 \times 10^{-1}$ | 4     | 4     | 2     | 1          |
| 31  | 0,137 813 531 906                      | 5     | 4     | 2     | 1          |
| 32  | 0,186 173 126 153                      | 3     | 6     | 2     | 1          |
| 33  | $-0,341\ 119\ 393\ 297 \times 10^{-1}$ | 4     | 6     | 2     | 1          |
| 34  | $0,459\ 378\ 439\ 687 \times 10^{-1}$  | 5     | 6     | 2     | 1          |
| 35  | $0,216\ 470\ 012\ 607 \times 10^{-1}$  | 3     | 8     | 2     | 1          |
| 36  | $-0,852\ 798\ 483\ 242 \times 10^{-2}$ | 4     | 8     | 2     | 1          |
| 37  | $0,620\ 394\ 038\ 634 \times 10^{-2}$  | 5     | 8     | 2     | 1          |
| 38  | $0,185\ 210\ 290\ 813 \times 10^{-2}$  | 3     | 10    | 2     | 1          |
| 39  | $0,101\ 674\ 662\ 734 \times 10^{-2}$  | 4     | 10    | 2     | 1          |
| 40  | $0,124\ 078\ 807\ 727 \times 10^{-2}$  | 5     | 10    | 2     | 1          |

### 5.11.2 Các tham số rút gọn, khối lượng phân tử và hằng số khí

$T^* = 386,411\text{ K}$ ,  $\rho^* = 5,571\ 45\text{ mol/l}$ ,  $M = 66,051\text{ g/mol}$ ,  $R = 8,314\ 471\text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$

### 5.11.3 Các tham số trạng thái tham chiếu

$T_{\text{ref}} = 273,15\text{ K}$ ,  $p_{\text{ref}} = 1,0\text{ kPa}$ ,  $h_{\text{ref}} = 34\ 189,811\text{ J/mol}$ ,  $s_{\text{ref}} = 188,564\ 6\text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ ,  $f_1 = 4,360\ 056$ ,  
 $f_2 = 2\ 654,673\ 62$

Bảng 31 – Các giá trị tính chất R152a dọc theo đường biên bão hòa lỏng-hơi

|          | Nhiệt độ<br>°C       | Áp suất<br>MPa         | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | C <sub>v</sub><br>kJ/(kg·K) | C <sub>p</sub><br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số J-T<br>K/MPa |
|----------|----------------------|------------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|
| Lỏng Hơi | -118,59 <sup>a</sup> | 6,414×10 <sup>-5</sup> | 1192,9<br>3,297×10 <sup>-3</sup>      | 13,79<br>399,87   | 13,79<br>419,32   | 0,1119<br>2,7357     | 0,9948<br>0,5726            | 1,4774<br>0,6987            | 1400,9<br>154,04  | -0,4326<br>336,54  |
| Lỏng Hơi | -115,00              | 0,000103               | 1186,3<br>0,00516                     | 19,13<br>401,93   | 19,13<br>421,84   | 0,1460<br>2,6924     | 1,0090<br>0,5803            | 1,4921<br>0,7064            | 1372,8<br>155,63  | -0,4266<br>308,12  |
| Lỏng Hơi | -110,00              | 0,000191               | 1177,1<br>0,00928                     | 26,62<br>404,85   | 26,62<br>425,38   | 0,1927<br>2,6368     | 1,0210<br>0,5911            | 1,5053<br>0,7173            | 1337,3<br>157,80  | -0,4203<br>273,32  |
| Lỏng Hơi | -105,00              | 0,000339               | 1167,9<br>0,01600                     | 34,17<br>407,81   | 34,17<br>428,96   | 0,2383<br>2,5861     | 1,0271<br>0,6020            | 1,5131<br>0,7284            | 1305,0<br>159,93  | -0,4154<br>243,29  |
| Lỏng Hơi | -100,00              | 0,000579               | 1158,7<br>0,02658                     | 41,75<br>410,82   | 41,75<br>432,59   | 0,2827<br>2,5399     | 1,0297<br>0,6131            | 1,5178<br>0,7398            | 1274,9<br>162,01  | -0,4112<br>217,25  |
| Lỏng Hơi | -95,00               | 0,000956               | 1149,4<br>0,04268                     | 49,35<br>413,87   | 49,35<br>436,26   | 0,3259<br>2,4978     | 1,0305<br>0,6244            | 1,5210<br>0,7514            | 1246,3<br>164,04  | -0,4072<br>194,62  |
| Lỏng Hơi | -90,00               | 0,00153                | 1140,1<br>0,0664                      | 56,96<br>416,96   | 56,96<br>439,97   | 0,3681<br>2,4593     | 1,0304<br>0,6358            | 1,5237<br>0,7634            | 1218,9<br>166,02  | -0,4030<br>174,86  |
| Lỏng Hơi | -85,00               | 0,00237                | 1130,7<br>0,1005                      | 64,58<br>420,10   | 64,59<br>443,71   | 0,4091<br>2,4242     | 1,0302<br>0,6475            | 1,5265<br>0,7758            | 1192,3<br>167,95  | -0,3986<br>157,56  |
| Lỏng Hơi | -80,00               | 0,00359                | 1121,3<br>0,1483                      | 72,22<br>423,26   | 72,23<br>447,48   | 0,4492<br>2,3920     | 1,0302<br>0,6595            | 1,5298<br>0,7886            | 1166,3<br>169,81  | -0,3937<br>142,37  |
| Lỏng Hơi | -75,00               | 0,00530                | 1111,9<br>0,2136                      | 79,88<br>426,46   | 79,89<br>451,27   | 0,4884<br>2,3626     | 1,0307<br>0,6718            | 1,5339<br>0,8019            | 1140,7<br>171,62  | -0,3883<br>128,99  |
| Lỏng Hơi | -70,00               | 0,00765                | 1102,4<br>0,3012                      | 87,56<br>429,69   | 87,57<br>455,08   | 0,5266<br>2,3357     | 1,0317<br>0,6843            | 1,5388<br>0,8157            | 1115,5<br>173,36  | -0,3824<br>117,18  |
| Lỏng Hơi | -65,00               | 0,0108                 | 1092,8<br>0,416                       | 95,27<br>432,94   | 95,28<br>458,90   | 0,5641<br>2,3111     | 1,0334<br>0,6972            | 1,5446<br>0,8301            | 1090,4<br>175,03  | -0,3758<br>106,73  |
| Lỏng Hơi | -60,00               | 0,0150                 | 1083,2<br>0,566                       | 103,01<br>436,21  | 103,02<br>462,74  | 0,6009<br>2,2885     | 1,0357<br>0,7104            | 1,5513<br>0,8452            | 1065,6<br>176,62  | -0,3685<br>97,46   |
| Lỏng Hơi | -55,00               | 0,0204                 | 1073,5<br>0,755                       | 110,78<br>439,50  | 110,80<br>466,57  | 0,6369<br>2,2677     | 1,0387<br>0,7240            | 1,5589<br>0,8609            | 1040,9<br>178,12  | -0,3606<br>89,21   |
| Lỏng Hơi | -50,00               | 0,0274                 | 1063,7<br>0,994                       | 118,59<br>442,80  | 118,62<br>470,40  | 0,6723<br>2,2487     | 1,0422<br>0,7379            | 1,5674<br>0,8774            | 1016,4<br>179,54  | -0,3520<br>81,87   |
| Lỏng Hơi | -45,00               | 0,0362                 | 1053,8<br>1,289                       | 126,45<br>446,10  | 126,48<br>474,21  | 0,7071<br>2,2313     | 1,0463<br>0,7522            | 1,5768<br>0,8946            | 991,8<br>180,86   | -0,3427<br>75,31   |
| Lỏng Hơi | -40,00               | 0,0472                 | 1043,8<br>1,651                       | 134,35<br>449,41  | 134,40<br>478,02  | 0,7414<br>2,2152     | 1,0509<br>0,7669            | 1,5870<br>0,9127            | 967,4<br>182,08   | -0,3326<br>69,45   |
| Lỏng Hơi | -35,00               | 0,0607                 | 1033,7<br>2,089                       | 142,31<br>452,72  | 142,37<br>481,79  | 0,7752<br>2,2004     | 1,0558<br>0,7820            | 1,5979<br>0,9317            | 943,0<br>183,19   | -0,3216<br>64,20   |
| Lỏng Hơi | -30,00               | 0,0772                 | 1023,5<br>2,615                       | 150,32<br>456,03  | 150,39<br>485,55  | 0,8085<br>2,1868     | 1,0612<br>0,7975            | 1,6097<br>0,9516            | 918,6<br>184,18   | -0,3098<br>59,49   |
| Lỏng Hơi | -25,00               | 0,0970                 | 1013,2<br>3,241                       | 158,39<br>459,33  | 158,48<br>489,26  | 0,8413<br>2,1743     | 1,0669<br>0,8133            | 1,6222<br>0,9724            | 894,2<br>185,06   | -0,2970<br>55,26   |
| Lỏng Hơi | -24,02 <sup>b</sup>  | 0,1013                 | 1011,2<br>3,376                       | 159,97<br>459,97  | 160,07<br>489,98  | 0,8477<br>2,1719     | 1,0681<br>0,8164            | 1,6247<br>0,9766            | 889,5<br>185,21   | -0,2944<br>54,48   |
| Lỏng Hơi | -20,00               | 0,1207                 | 1002,7<br>3,979                       | 166,52<br>462,61  | 166,64<br>492,94  | 0,8737<br>2,1627     | 1,0730<br>0,8295            | 1,6355<br>0,9943            | 869,9<br>185,80   | -0,2832<br>51,45   |
| Lỏng Hơi | -15,00               | 0,1487                 | 992,1<br>4,844                        | 174,71<br>465,88  | 174,86<br>496,57  | 0,9058<br>2,1520     | 1,0793<br>0,8460            | 1,6496<br>1,0172            | 845,5<br>186,41   | -0,2682<br>48,02   |
| Lỏng Hơi | -10,00               | 0,1815                 | 981,3<br>5,852                        | 182,98<br>469,12  | 183,16<br>500,15  | 0,9375<br>2,1421     | 1,0859<br>0,8629            | 1,6645<br>1,0414            | 821,0<br>186,88   | -0,2520<br>44,93   |
| Lỏng Hơi | -5,00                | 0,2198                 | 970,3<br>7,017                        | 191,31<br>472,34  | 191,54<br>503,66  | 0,9689<br>2,1329     | 1,0927<br>0,8802            | 1,6804<br>1,0667            | 796,6<br>187,20   | -0,2343<br>42,13   |
| Lỏng Hơi | 0,00                 | 0,2640                 | 959,1<br>8,359                        | 199,72<br>475,53  | 200,00<br>507,11  | 1,0000<br>2,1243     | 1,0997<br>0,8978            | 1,6972<br>1,0935            | 772,0<br>187,37   | -0,2149<br>39,60   |

Bảng 31 (kết thúc)

|          | Nhiệt độ<br>°C | Áp suất<br>MPa | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | C <sub>v</sub><br>kJ/(kg·K) | C <sub>p</sub><br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số J-T<br>K/MPa |
|----------|----------------|----------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|
| Lồng Hơi | 5,00           | 0,3148         | 947,7<br>9,896                        | 208,22<br>478,68  | 208,55<br>510,49  | 1,0308<br>2,1164     | 1,1069<br>0,9157            | 1,7151<br>1,1218            | 747,4<br>187,37   | -0,1938<br>37,31   |
| Lồng Hơi | 10,00          | 0,3728         | 936,1<br>11,651                       | 216,79<br>481,79  | 217,19<br>513,78  | 1,0614<br>2,1089     | 1,1144<br>0,9339            | 1,7342<br>1,1517            | 722,7<br>187,21   | -0,1706<br>35,23   |
| Lồng Hơi | 15,00          | 0,4386         | 924,2<br>13,647                       | 225,45<br>484,85  | 225,93<br>516,99  | 1,0917<br>2,1018     | 1,1220<br>0,9525            | 1,7546<br>1,1834            | 697,9<br>186,87   | -0,1449<br>33,35   |
| Lồng Hơi | 20,00          | 0,5129         | 912,0<br>15,910                       | 234,21<br>487,85  | 234,77<br>520,09  | 1,1219<br>2,0952     | 1,1299<br>0,9714            | 1,7765<br>1,2173            | 673,0<br>186,36   | -0,1165<br>31,64   |
| Lồng Hơi | 25,00          | 0,5964         | 899,5<br>18,469                       | 243,07<br>490,79  | 243,73<br>523,09  | 1,1519<br>2,0888     | 1,1379<br>0,9906            | 1,8001<br>1,2536            | 647,9<br>185,65   | -0,0849<br>30,09   |
| Lồng Hơi | 30,00          | 0,6898         | 886,6<br>21,357                       | 252,03<br>493,66  | 252,80<br>525,96  | 1,1817<br>2,0828     | 1,1462<br>1,0101            | 1,8258<br>1,2926            | 622,7<br>184,74   | -0,0495<br>28,69   |
| Lồng Hơi | 35,00          | 0,7939         | 873,4<br>24,613                       | 261,10<br>496,44  | 262,01<br>528,70  | 1,2114<br>2,0769     | 1,1548<br>1,0300            | 1,8539<br>1,3349            | 597,3<br>183,63   | -0,0096<br>27,41   |
| Lồng Hơi | 40,00          | 0,9093         | 859,7<br>28,280                       | 270,29<br>499,13  | 271,35<br>531,28  | 1,2411<br>2,0711     | 1,1636<br>1,0502            | 1,8847<br>1,3811            | 571,7<br>182,30   | 0,0357<br>26,25    |
| Lồng Hơi | 45,00          | 1,0368         | 845,5<br>32,408                       | 279,62<br>501,71  | 280,84<br>533,70  | 1,2707<br>2,0655     | 1,1728<br>1,0707            | 1,9190<br>1,4320            | 545,9<br>180,74   | 0,0873<br>25,20    |
| Lồng Hơi | 50,00          | 1,1774         | 830,8<br>37,058                       | 289,08<br>504,16  | 290,50<br>535,93  | 1,3003<br>2,0598     | 1,1823<br>1,0917            | 1,9574<br>1,4887            | 519,9<br>178,94   | 0,1468<br>24,24    |
| Lồng Hơi | 55,00          | 1,3317         | 815,4<br>42,300                       | 298,70<br>506,47  | 300,34<br>537,95  | 1,3299<br>2,0540     | 1,1922<br>1,1131            | 2,0009<br>1,5526            | 493,5<br>176,89   | 0,2159<br>23,38    |
| Lồng Hơi | 60,00          | 1,5007         | 799,4<br>48,222                       | 308,50<br>508,60  | 310,38<br>539,72  | 1,3596<br>2,0480     | 1,2026<br>1,1350            | 2,0510<br>1,6257            | 466,9<br>174,57   | 0,2970<br>22,60    |
| Lồng Hơi | 65,00          | 1,6853         | 782,5<br>54,933                       | 318,49<br>510,53  | 320,64<br>541,21  | 1,3895<br>2,0418     | 1,2135<br>1,1575            | 2,1094<br>1,7109            | 440,0<br>171,96   | 0,3934<br>21,90    |
| Lồng Hơi | 70,00          | 1,8864         | 764,6<br>62,569                       | 328,70<br>512,22  | 331,16<br>542,37  | 1,4196<br>2,0351     | 1,2251<br>1,1806            | 2,1789<br>1,8122            | 412,6<br>169,04   | 0,5096<br>21,27    |
| Lồng Hơi | 75,00          | 2,1051         | 745,6<br>71,312                       | 339,16<br>513,62  | 341,98<br>543,14  | 1,4501<br>2,0279     | 1,2375<br>1,2045            | 2,2637<br>1,9360            | 384,8<br>165,79   | 0,6522<br>20,71    |
| Lồng Hơi | 80,00          | 2,3424         | 725,2<br>81,403                       | 349,92<br>514,66  | 353,15<br>543,43  | 1,4810<br>2,0198     | 1,2509<br>1,2294            | 2,3703<br>2,0924            | 356,4<br>162,17   | 0,8309<br>20,20    |
| Lồng Hơi | 85,00          | 2,5996         | 703,0<br>93,185                       | 361,04<br>515,23  | 364,74<br>543,13  | 1,5126<br>2,0107     | 1,2655<br>1,2555            | 2,5099<br>2,2985            | 327,4<br>158,15   | 1,0609<br>19,74    |
| Lồng Hơi | 90,00          | 2,8780         | 678,5<br>107,172                      | 372,63<br>515,21  | 376,87<br>542,06  | 1,5451<br>2,0000     | 1,2818<br>1,2832            | 2,7034<br>2,5863            | 297,4<br>153,69   | 1,3675<br>19,32    |
| Lồng Hơi | 95,00          | 3,1791         | 650,9<br>124,192                      | 384,82<br>514,35  | 389,71<br>539,95  | 1,5790<br>1,9871     | 1,3004<br>1,3130            | 2,9947<br>3,0228            | 266,3<br>148,70   | 1,7961<br>18,90    |
| Lồng Hơi | 100,00         | 3,5050         | 618,5<br>145,754                      | 397,93<br>512,23  | 403,59<br>536,28  | 1,6151<br>1,9707     | 1,3223<br>1,3459            | 3,4951<br>3,7759            | 233,5<br>143,11   | 2,4378<br>18,43    |
| Lồng Hơi | 105,00         | 3,8583         | 578,1<br>175,224                      | 412,57<br>507,95  | 419,25<br>529,97  | 1,6552<br>1,9479     | 1,3502<br>1,3838            | 4,5947<br>5,4245            | 198,0<br>136,73   | 3,5082<br>17,78    |
| Lồng Hơi | 110,00         | 4,2432         | 517,4<br>224,256                      | 431,02<br>498,39  | 439,22<br>517,31  | 1,7058<br>1,9096     | 1,3921<br>1,4317            | 9,2614<br>12,2150           | 157,9<br>129,14   | 5,7104<br>16,42    |
| Tới hạn  | 113,26         | 4,5168         | 368,0                                 | 465,28            | 477,55            | 1,8037               | °                           | °                           | °                 | 11,2920            |

° Điểm ba thể

° Điểm sôi chuẩn

° Các giá trị của C<sub>v</sub>, C<sub>p</sub> và w tại điểm tới hạn không được bao gồm trong tiêu chuẩn này.

## 5.12 R404A – R125/143a/134a (44/52/4)

## 5.12.1 Thành phần của R404A

Bảng 32 – Thành phần của R404A

| <i>i</i>                  | Thành phần | Hệ số khối lượng | Hệ số mol    |
|---------------------------|------------|------------------|--------------|
| 1                         | R125       | 0,44             | 0,357 816 78 |
| 2                         | R143a      | 0,52             | 0,603 919 22 |
| 3                         | R134a      | 0,04             | 0,038 264 00 |
| <i>M</i> = 97,604 0 g/mol |            |                  |              |

## 5.12.2 Phạm vi tính toán

Các hệ số có hiệu lực trong các phạm vi sau:

$$T_{\min} = 172,52 \text{ K}, T_{\max} = 455 \text{ K}; p_{\max} = 60 \text{ MPa}; \rho_{\max} = 15,04 \text{ mol/l (1 468 kg/m}^3\text{)}$$

## 5.12.3 Tham số tương tác (các phương trình 19 và 20)

$$\xi_{12} = 5,551; \xi_{12} = -0,000 445 2; \xi_{13} = -0,432 6; \xi_{13} = -0,000 345 3; \xi_{23} = 2,324; \xi_{23} = 0,000 618 2$$

## 5.12.4 Các hệ số và số mũ của các hàm số dư (phương trình 21)

Bảng 33 – Các hệ số và số mũ của các hàm số dư,  $i=1; j=2$  (cặp hai thành phần R125/143a)

| Cặp hai thành phần R125/134a <sup>a</sup> và cặp hai thành phần R143a/134a <sup>b</sup>                                                       |                      |                      |                      |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <i>k</i>                                                                                                                                      | <i>N<sub>k</sub></i> | <i>t<sub>k</sub></i> | <i>d<sub>k</sub></i> | <i>l<sub>k</sub></i> |
| 1                                                                                                                                             | -0,013 073           | 7,4                  | 1                    | 1                    |
| 2                                                                                                                                             | 0,018 259            | 0,35                 | 3                    | 1                    |
| 3                                                                                                                                             | 0,000 008 129 9      | 10,0                 | 11                   | 2                    |
| 4                                                                                                                                             | 0,007 849 6          | 5,3                  | 2                    | 3                    |
| <i>F</i> <sub>12</sub> = 1,169 7                                                                                                              |                      |                      |                      |                      |
| <sup>a</sup> $i=1; j=3$ : <i>F</i> <sub>13</sub> = 1,00; hàm $\phi_{ij,excess}$ cho cặp R125/134a là giống với hàm cho cặp R125/143a.         |                      |                      |                      |                      |
| <sup>b</sup> Với $i=2; j=3$ : <i>F</i> <sub>23</sub> = 0,555 7; hàm $\phi_{ij,excess}$ cho cặp R143a/134a là giống với hàm cho cặp R125/143a. |                      |                      |                      |                      |

## 5.12.5 Các tham số trạng thái tham chiếu

$$f_3 = 0,753 387 285, f_4 = 17,495 997 7$$



Bảng 34 – Các giá trị tính chất R404A của thể lỏng trên đường bọt và thể hơi trên đường sương

|           | Áp suất             | Nhiệt độ         | Khối lượng riêng  | Nội năng         | Enthalpy         | Entropy          | $C_v$            | $C_p$            | Vận tốc âm      | Hệ số J-T         |
|-----------|---------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------|
|           | MPa                 | °C               | kg/m <sup>3</sup> | kJ/kg            | kJ/kg            | kJ/(kg·K)        | kJ/(kg·K)        | kJ/(kg·K)        | m/s             | K/MPa             |
| Bọt Sương | 0,0100              | -84,93<br>-83,84 | 1421,3<br>0,626   | 91,82<br>300,87  | 91,83<br>316,83  | 0,5296<br>1,7229 | 0,7710<br>0,5719 | 1,2138<br>0,6635 | 932,6<br>135,39 | -0,3545<br>113,71 |
| Bọt Sương | 0,0150              | -79,30<br>-78,28 | 1404,8<br>0,916   | 98,65<br>303,83  | 98,66<br>320,21  | 0,5654<br>1,7064 | 0,7795<br>0,5860 | 1,2137<br>0,6793 | 895,9<br>136,88 | -0,3495<br>96,75  |
| Bọt Sương | 0,0200              | -75,05<br>-74,08 | 1392,4<br>1,199   | 103,80<br>306,10 | 103,81<br>322,78 | 0,5917<br>1,6953 | 0,7854<br>0,5968 | 1,2152<br>0,6915 | 870,1<br>137,93 | -0,3444<br>86,40  |
| Bọt Sương | 0,0250              | -71,61<br>-70,66 | 1382,3<br>1,477   | 107,99<br>307,94 | 108,01<br>324,87 | 0,6126<br>1,6870 | 0,7899<br>0,6055 | 1,2173<br>0,7016 | 850,1<br>138,74 | -0,3396<br>79,22  |
| Bọt Sương | 0,0300              | -68,68<br>-67,76 | 1373,7<br>1,752   | 111,56<br>309,52 | 111,58<br>326,65 | 0,6302<br>1,6805 | 0,7937<br>0,6130 | 1,2197<br>0,7104 | 833,7<br>139,39 | -0,3349<br>73,86  |
| Bọt Sương | 0,0400              | -63,85<br>-62,97 | 1359,4<br>2,293   | 117,45<br>312,13 | 117,48<br>329,58 | 0,6587<br>1,6707 | 0,7998<br>0,6255 | 1,2246<br>0,7252 | 807,5<br>140,40 | -0,3262<br>66,23  |
| Bọt Sương | 0,0500              | -59,92<br>-59,07 | 1347,7<br>2,825   | 122,28<br>314,28 | 122,31<br>331,97 | 0,6815<br>1,6635 | 0,8046<br>0,6359 | 1,2295<br>0,7377 | 786,8<br>141,14 | -0,3181<br>60,94  |
| Bọt Sương | 0,0600              | -56,57<br>-55,75 | 1337,7<br>3,351   | 126,40<br>316,10 | 126,44<br>334,00 | 0,7007<br>1,6578 | 0,8088<br>0,6447 | 1,2342<br>0,7487 | 769,6<br>141,72 | -0,3106<br>56,99  |
| Bọt Sương | 0,0800              | -51,03<br>-50,25 | 1321,0<br>4,390   | 133,25<br>319,13 | 133,31<br>337,36 | 0,7320<br>1,6494 | 0,8156<br>0,6596 | 1,2430<br>0,7675 | 741,6<br>142,57 | -0,2967<br>51,36  |
| Bọt Sương | 0,1000              | -46,50<br>-45,74 | 1307,1<br>5,415   | 138,89<br>321,62 | 138,97<br>340,08 | 0,7571<br>1,6434 | 0,8212<br>0,6720 | 1,2511<br>0,7836 | 719,2<br>143,16 | -0,2839<br>47,44  |
| Bọt Sương | 0,1013 <sup>a</sup> | -46,22<br>-45,47 | 1306,3<br>5,483   | 139,24<br>321,77 | 139,31<br>340,25 | 0,7586<br>1,6430 | 0,8215<br>0,6728 | 1,2516<br>0,7846 | 717,9<br>143,19 | -0,2831<br>47,22  |
| Bọt Sương | 0,1200              | -42,63<br>-41,90 | 1295,1<br>6,430   | 143,74<br>323,74 | 143,83<br>342,40 | 0,7783<br>1,6387 | 0,8260<br>0,6828 | 1,2587<br>0,7978 | 700,4<br>143,57 | -0,2720<br>44,50  |
| Bọt Sương | 0,1400              | -39,24<br>-38,53 | 1284,5<br>7,439   | 148,01<br>325,59 | 148,12<br>344,41 | 0,7967<br>1,6349 | 0,8303<br>0,6923 | 1,2658<br>0,8108 | 684,0<br>143,86 | -0,2606<br>42,18  |
| Bọt Sương | 0,1600              | -36,20<br>-35,51 | 1275,0<br>8,442   | 151,85<br>327,25 | 151,97<br>346,20 | 0,8130<br>1,6318 | 0,8341<br>0,7009 | 1,2726<br>0,8228 | 669,4<br>144,07 | -0,2498<br>40,29  |
| Bọt Sương | 0,1800              | -33,45<br>-32,78 | 1266,2<br>9,441   | 155,35<br>328,75 | 155,49<br>347,81 | 0,8277<br>1,6292 | 0,8377<br>0,7088 | 1,2790<br>0,8339 | 656,2<br>144,21 | -0,2393<br>38,70  |
| Bọt Sương | 0,2000              | -30,93<br>-30,27 | 1258,0<br>10,437  | 158,57<br>330,12 | 158,73<br>349,28 | 0,8411<br>1,6270 | 0,8409<br>0,7161 | 1,2852<br>0,8445 | 644,2<br>144,29 | -0,2291<br>37,34  |
| Bọt Sương | 0,2500              | -25,38<br>-24,75 | 1239,9<br>12,920  | 165,72<br>333,12 | 165,92<br>352,47 | 0,8703<br>1,6225 | 0,8482<br>0,7324 | 1,2998<br>0,8688 | 617,8<br>144,34 | -0,2046<br>34,66  |
| Bọt Sương | 0,3000              | -20,62<br>-20,02 | 1223,9<br>15,399  | 171,90<br>335,67 | 172,14<br>355,15 | 0,8950<br>1,6190 | 0,8546<br>0,7465 | 1,3134<br>0,8909 | 595,2<br>144,22 | -0,1811<br>32,64  |
| Bọt Sương | 0,3500              | -16,44<br>-15,86 | 1209,6<br>17,881  | 177,38<br>337,90 | 177,67<br>357,47 | 0,9166<br>1,6163 | 0,8604<br>0,7592 | 1,3264<br>0,9114 | 575,4<br>143,99 | -0,1581<br>31,04  |
| Bọt Sương | 0,4000              | -12,69<br>-12,12 | 1196,5<br>20,369  | 182,35<br>339,87 | 182,68<br>359,51 | 0,9358<br>1,6141 | 0,8656<br>0,7706 | 1,3388<br>0,9307 | 557,6<br>143,66 | -0,1355<br>29,75  |
| Bọt Sương | 0,4500              | -9,28<br>-8,73   | 1184,4<br>22,867  | 186,89<br>341,65 | 187,27<br>361,33 | 0,9531<br>1,6122 | 0,8704<br>0,7811 | 1,3509<br>0,9492 | 541,4<br>143,28 | -0,1130<br>28,67  |
| Bọt Sương | 0,5000              | -6,15<br>-5,61   | 1173,0<br>25,378  | 191,11<br>343,26 | 191,53<br>362,96 | 0,9690<br>1,6105 | 0,8750<br>0,7907 | 1,3627<br>0,9670 | 526,5<br>142,84 | -0,0905<br>27,75  |
| Bọt Sương | 0,5500              | -3,24<br>-2,72   | 1162,3<br>27,905  | 195,04<br>344,74 | 195,51<br>364,45 | 0,9837<br>1,6091 | 0,8792<br>0,7997 | 1,3744<br>0,9842 | 512,7<br>142,36 | -0,0679<br>26,97  |
| Bọt Sương | 0,6000              | -0,53<br>-0,02   | 1152,0<br>30,449  | 198,74<br>346,11 | 199,26<br>365,81 | 0,9973<br>1,6078 | 0,8832<br>0,8082 | 1,3859<br>1,0011 | 499,7<br>141,85 | -0,0452<br>26,28  |



Bảng 34 (kết thúc)

|           | Áp suất<br>MPa | Nhiệt độ<br>°C | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | C <sub>v</sub><br>kJ/(kg·K) | C <sub>p</sub><br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số J-T<br>K/MPa |
|-----------|----------------|----------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|
| Bọt Sương | 0,6500         | 2,02<br>2,52   | 1142,3<br>33,012                      | 202,24<br>347,37  | 202,81<br>367,06  | 1,0101<br>1,6066     | 0,8871<br>0,8161            | 1,3973<br>1,0177            | 487,5<br>141,31   | -0,0222<br>25,68   |
| Bọt Sương | 0,7000         | 4,42<br>4,91   | 1132,9<br>35,595                      | 205,57<br>348,55  | 206,18<br>368,21  | 1,0222<br>1,6055     | 0,8908<br>0,8237            | 1,4087<br>1,0342            | 476,0<br>140,75   | 0,0011<br>25,16    |
| Bọt Sương | 0,7500         | 6,70<br>7,18   | 1123,8<br>38,201                      | 208,74<br>349,65  | 209,41<br>369,28  | 1,0336<br>1,6044     | 0,8943<br>0,8309            | 1,4201<br>1,0506            | 465,0<br>140,17   | 0,0248<br>24,69    |
| Bọt Sương | 0,8000         | 8,87<br>9,34   | 1115,1<br>40,831                      | 211,78<br>350,68  | 212,49<br>370,27  | 1,0444<br>1,6035     | 0,8977<br>0,8378            | 1,4316<br>1,0670            | 454,5<br>139,58   | 0,0489<br>24,27    |
| Bọt Sương | 0,8500         | 10,94<br>11,40 | 1106,5<br>43,485                      | 214,70<br>351,64  | 215,46<br>371,19  | 1,0547<br>1,6025     | 0,9009<br>0,8445            | 1,4431<br>1,0835            | 444,5<br>138,96   | 0,0735<br>23,89    |
| Bọt Sương | 0,9000         | 12,92<br>13,37 | 1098,2<br>46,167                      | 217,51<br>352,55  | 218,32<br>372,05  | 1,0646<br>1,6016     | 0,9041<br>0,8510            | 1,4547<br>1,1001            | 434,9<br>138,34   | 0,0986<br>23,55    |
| Bọt Sương | 0,9500         | 14,81<br>15,26 | 1090,2<br>48,876                      | 220,22<br>353,41  | 221,09<br>372,85  | 1,0741<br>1,6007     | 0,9072<br>0,8573            | 1,4665<br>1,1169            | 425,6<br>137,70   | 0,1244<br>23,24    |
| Bọt Sương | 1,0000         | 16,64<br>17,08 | 1082,2<br>51,614                      | 222,84<br>354,22  | 223,77<br>373,59  | 1,0832<br>1,5999     | 0,9102<br>0,8634            | 1,4784<br>1,1340            | 416,7<br>137,05   | 0,1507<br>22,95    |
| Bọt Sương | 1,2000         | 23,32<br>23,73 | 1052,0<br>62,884                      | 232,60<br>357,03  | 233,75<br>376,12  | 1,1166<br>1,5965     | 0,9217<br>0,8869            | 1,5280<br>1,2058            | 383,5<br>134,36   | 0,2633<br>22,03    |
| Bọt Sương | 1,4000         | 29,22<br>29,60 | 1023,4<br>74,728                      | 241,44<br>359,29  | 242,81<br>378,02  | 1,1462<br>1,5932     | 0,9325<br>0,9091            | 1,5821<br>1,2853            | 353,8<br>131,56   | 0,3901<br>21,35    |
| Bọt Sương | 1,6000         | 34,51<br>34,87 | 995,7<br>87,247                       | 249,58<br>361,08  | 251,19<br>379,42  | 1,1730<br>1,5896     | 0,9431<br>0,9306            | 1,6427<br>1,3757            | 326,5<br>128,65   | 0,5351<br>20,82    |
| Bọt Sương | 1,8000         | 39,33<br>39,67 | 968,6<br>100,56                       | 257,19<br>362,48  | 259,05<br>380,38  | 1,1977<br>1,5858     | 0,9535<br>0,9518            | 1,7122<br>1,4810            | 301,2<br>125,66   | 0,7033<br>20,41    |
| Bọt Sương | 2,0000         | 43,75<br>44,07 | 941,6<br>114,81                       | 264,40<br>363,51  | 266,52<br>380,92  | 1,2208<br>1,5817     | 0,9643<br>0,9728            | 1,7941<br>1,6071            | 277,3<br>122,58   | 0,9015<br>20,07    |
| Bọt Sương | 2,2000         | 47,85<br>48,15 | 914,4<br>130,20                       | 271,29<br>364,18  | 273,70<br>381,08  | 1,2427<br>1,5770     | 0,9755<br>0,9939            | 1,8935<br>1,7628            | 254,5<br>119,43   | 1,1392<br>19,79    |
| Bọt Sương | 2,4000         | 51,68<br>51,95 | 886,5<br>146,99                       | 277,96<br>364,50  | 280,66<br>380,83  | 1,2635<br>1,5718     | 0,9875<br>1,0153            | 2,0185<br>1,9620            | 232,5<br>116,19   | 1,4301<br>19,55    |
| Bọt Sương | 2,6000         | 55,26<br>55,51 | 857,5<br>165,54                       | 284,47<br>364,44  | 287,50<br>380,15  | 1,2837<br>1,5658     | 1,0009<br>1,0375            | 2,1832<br>2,2291            | 211,1<br>112,87   | 1,7950<br>19,31    |
| Bọt Sương | 2,8000         | 58,63<br>58,86 | 826,8<br>186,43                       | 290,90<br>363,94  | 294,29<br>378,96  | 1,3036<br>1,5587     | 1,0161<br>1,0609            | 2,4136<br>2,6091            | 190,0<br>109,47   | 2,2671<br>19,06    |
| Bọt Sương | 3,0000         | 61,81<br>62,01 | 793,4<br>210,55                       | 297,36<br>362,90  | 301,15<br>377,15  | 1,3234<br>1,5503     | 1,0343<br>1,0862            | 2,7653<br>3,1973            | 169,0<br>105,97   | 2,9028<br>18,74    |
| Bọt Sương | 3,2000         | 64,82<br>64,99 | 755,6<br>239,56                       | 304,02<br>361,13  | 308,25<br>374,49  | 1,3438<br>1,5397     | 1,0570<br>1,1148            | 3,3812<br>4,2333            | 147,8<br>102,35   | 3,8068<br>18,29    |
| Tới hạn   | 3,7289         | 72,05          | 486,5                                 | 336,26            | 343,92            | 1,4455               | b                           | b                           | b                 | 12,3347            |

<sup>a</sup> Điểm bọt và điểm sương tại một điều kiện khí quyển tiêu chuẩn  
<sup>b</sup> Các giá trị của C<sub>v</sub>, C<sub>p</sub> và w tại điểm tới hạn không được bao gồm trong tiêu chuẩn này.

## 5.13 R407C – R32/125/134a (23/25/52)

Bảng 35 – Thành phần của R407C

| <i>i</i>                  | Thành phần | Hệ số khối lượng | Hệ số mol    |
|---------------------------|------------|------------------|--------------|
| 1                         | R32        | 0,23             | 0,381 109 42 |
| 2                         | R125       | 0,25             | 0,179 558 89 |
| 3                         | R134a      | 0,52             | 0,439 331 69 |
| <i>M</i> = 86,203 7 g/mol |            |                  |              |

## 5.13.1 Phạm vi tính toán

Các hệ số có hiệu lực trong các phạm vi sau:

$$T_{\min} = 172,52 \text{ K}; T_{\max} = 435 \text{ K}; p_{\max} = 60 \text{ MPa}; \rho_{\max} = 17,96 \text{ mol/l (1 548 kg/m}^3\text{)}$$

## 5.13.2 Tham số tương tác (các phương trình 19 và 20)

$$\xi_{12} = 28,95; \xi_{12} = -0,006\,008; \xi_{13} = 7,909; \xi_{13} = -0,002\,039; \xi_{23} = -0,432\,6; \xi_{23} = -0,000\,345$$

Bảng 36 – Các hệ số và số mũ của các hàm số dư [phương trình (21)]

| Cặp thành phần R32/125 <sup>a</sup>                                                                                                                                                                                           |                      |                      |                      |                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <i>k</i>                                                                                                                                                                                                                      | <i>N<sub>k</sub></i> | <i>t<sub>k</sub></i> | <i>d<sub>k</sub></i> | <i>l<sub>k</sub></i> |
| 1                                                                                                                                                                                                                             | -0,007 295 5         | 4,50                 | 2                    | 1                    |
| 2                                                                                                                                                                                                                             | 0,078 035            | 0,57                 | 5                    | 1                    |
| 3                                                                                                                                                                                                                             | 0,610 07             | 1,90                 | 1                    | 2                    |
| 4                                                                                                                                                                                                                             | 0,642 46             | 1,20                 | 3                    | 2                    |
| 5                                                                                                                                                                                                                             | 0,014 965            | 0,50                 | 9                    | 2                    |
| 6                                                                                                                                                                                                                             | -0,340 49            | 2,60                 | 2                    | 3                    |
| 7                                                                                                                                                                                                                             | 0,085 658            | 11,40                | 3                    | 3                    |
| 8                                                                                                                                                                                                                             | -0,064 429           | 4,50                 | 6                    | 3                    |
| Cặp thành phần R32/134a <sup>b</sup>                                                                                                                                                                                          |                      |                      |                      |                      |
| 1                                                                                                                                                                                                                             | 0,229 09             | 1,9                  | 1                    | 1                    |
| 2                                                                                                                                                                                                                             | 0,094 074            | 0,25                 | 3                    | 1                    |
| 3                                                                                                                                                                                                                             | 0,000 398 76         | 0,07                 | 8                    | 1                    |
| 4                                                                                                                                                                                                                             | 0,021 133            | 2,0                  | 1                    | 2                    |
| Cặp thành phần R125/134a <sup>c</sup>                                                                                                                                                                                         |                      |                      |                      |                      |
| 1                                                                                                                                                                                                                             | -0,013 073           | 7,4                  | 1                    | 1                    |
| 2                                                                                                                                                                                                                             | 0,018 259            | 0,35                 | 3                    | 1                    |
| 3                                                                                                                                                                                                                             | 0,000 008 129 9      | 10,0                 | 11                   | 2                    |
| 4                                                                                                                                                                                                                             | 0,007 849 6          | 5,3                  | 2                    | 3                    |
| <sup>a</sup> <i>i</i> = 1; <i>j</i> = 2; <i>F</i> <sub>12</sub> = 1,00.<br><sup>b</sup> <i>i</i> = 1; <i>j</i> = 3; <i>F</i> <sub>13</sub> = 1,00.<br><sup>c</sup> <i>i</i> = 2; <i>j</i> = 3; <i>F</i> <sub>23</sub> = 1,00. |                      |                      |                      |                      |

## 5.13.3 Các tham số trạng thái tham chiếu

$$f_3 = 1,043\,708\,79, f_4 = -8,741\,068\,03$$

Bảng 37 – Các giá trị tính chất R407C của thể lỏng trên đường bọt và thể hơi trên đường sương

|           | Áp suất<br>MPa      | Nhiệt độ<br>°C   | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | C <sub>v</sub><br>kJ/(kg·K) | C <sub>p</sub><br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số J-T<br>K/MPa |
|-----------|---------------------|------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|
| Bọt Sương | 0,0100              | -82,45<br>-74,81 | 1495,5<br>0,527                       | 90,48<br>347,81   | 90,48<br>366,78   | 0,5259<br>1,9471     | 0,8200<br>0,5654            | 1,2815<br>0,6681            | 1008,4<br>149,08  | -0,3299<br>115,10  |
| Bọt Sương | 0,0150              | -76,77<br>-69,22 | 1479,1<br>0,771                       | 97,75<br>350,74   | 97,76<br>370,19   | 0,5634<br>1,9253     | 0,8219<br>0,5781            | 1,2820<br>0,6826            | 976,2<br>150,70   | -0,3246<br>100,56  |
| Bọt Sương | 0,0200              | -72,50<br>-65,02 | 1466,7<br>1,010                       | 103,23<br>352,95  | 103,24<br>372,75  | 0,5910<br>1,9104     | 0,8235<br>0,5879            | 1,2835<br>0,6941            | 952,7<br>151,85   | -0,3198<br>91,36   |
| Bọt Sương | 0,0250              | -69,03<br>-61,61 | 1456,6<br>1,245                       | 107,68<br>354,75  | 107,70<br>374,83  | 0,6130<br>1,8991     | 0,8250<br>0,5960            | 1,2853<br>0,7038            | 934,1<br>152,74   | -0,3154<br>84,79   |
| Bọt Sương | 0,0300              | -66,09<br>-58,72 | 1448,0<br>1,477                       | 111,46<br>356,27  | 111,48<br>376,59  | 0,6314<br>1,8900     | 0,8263<br>0,6031            | 1,2872<br>0,7123            | 918,5<br>153,46   | -0,3113<br>79,75   |
| Bọt Sương | 0,0400              | -61,25<br>-53,95 | 1433,7<br>1,934                       | 117,70<br>358,79  | 117,72<br>379,47  | 0,6612<br>1,8761     | 0,8287<br>0,6149            | 1,2912<br>0,7269            | 893,3<br>154,58   | -0,3039<br>72,38   |
| Bọt Sương | 0,0500              | -57,31<br>-50,08 | 1422,0<br>2,384                       | 122,79<br>360,83  | 122,82<br>381,80  | 0,6850<br>1,8656     | 0,8308<br>0,6248            | 1,2950<br>0,7393            | 873,1<br>155,43   | -0,2972<br>67,09   |
| Bọt Sương | 0,0600              | -53,96<br>-46,79 | 1412,0<br>2,829                       | 127,13<br>362,56  | 127,17<br>383,77  | 0,7050<br>1,8573     | 0,8327<br>0,6334            | 1,2987<br>0,7502            | 856,1<br>156,10   | -0,2911<br>63,04   |
| Bọt Sương | 0,0800              | -48,42<br>-41,34 | 1395,3<br>3,707                       | 134,33<br>365,41  | 134,39<br>386,99  | 0,7374<br>1,8445     | 0,8361<br>0,6479            | 1,3056<br>0,7692            | 828,3<br>157,10   | -0,2799<br>57,08   |
| Bọt Sương | 0,1000              | -43,90<br>-36,90 | 1381,5<br>4,574                       | 140,24<br>367,73  | 140,31<br>389,59  | 0,7635<br>1,8349     | 0,8391<br>0,6601            | 1,3121<br>0,7855            | 805,8<br>157,81   | -0,2698<br>52,81   |
| Bọt Sương | 0,1013 <sup>a</sup> | -43,63<br>-36,63 | 1380,7<br>4,631                       | 140,60<br>367,87  | 140,67<br>389,75  | 0,7650<br>1,8343     | 0,8393<br>0,6609            | 1,3125<br>0,7865            | 804,5<br>157,85   | -0,2691<br>52,57   |
| Bọt Sương | 0,1200              | -40,05<br>-33,11 | 1369,7<br>5,432                       | 145,30<br>369,69  | 145,39<br>391,78  | 0,7854<br>1,8273     | 0,8418<br>0,6707            | 1,3181<br>0,8001            | 786,8<br>158,34   | -0,2604<br>49,54   |
| Bọt Sương | 0,1400              | -36,67<br>-29,79 | 1359,1<br>6,283                       | 149,75<br>371,40  | 149,86<br>393,68  | 0,8043<br>1,8210     | 0,8443<br>0,6802            | 1,3238<br>0,8133            | 770,2<br>158,74   | -0,2515<br>46,91   |
| Bọt Sương | 0,1600              | -33,65<br>-26,83 | 1349,7<br>7,130                       | 153,75<br>372,92  | 153,86<br>395,36  | 0,8211<br>1,8156     | 0,8466<br>0,6887            | 1,3292<br>0,8255            | 755,4<br>159,05   | -0,2431<br>44,74   |
| Bọt Sương | 0,1800              | -30,92<br>-24,15 | 1341,0<br>7,973                       | 157,38<br>374,29  | 157,51<br>396,86  | 0,8362<br>1,8110     | 0,8488<br>0,6965            | 1,3344<br>0,8369            | 742,1<br>159,29   | -0,2350<br>42,90   |
| Bọt Sương | 0,2000              | -28,41<br>-21,69 | 1333,0<br>8,813                       | 160,72<br>375,53  | 160,87<br>398,22  | 0,8499<br>1,8069     | 0,8508<br>0,7038            | 1,3394<br>0,8476            | 729,9<br>159,47   | -0,2272<br>41,32   |
| Bọt Sương | 0,2500              | -22,90<br>-16,28 | 1315,1<br>10,904                      | 168,11<br>378,24  | 168,30<br>401,17  | 0,8798<br>1,7984     | 0,8555<br>0,7200            | 1,3513<br>0,8722            | 703,1<br>159,74   | -0,2084<br>38,14   |
| Bọt Sương | 0,3000              | -18,19<br>-11,66 | 1299,5<br>12,989                      | 174,48<br>380,52  | 174,71<br>403,62  | 0,9050<br>1,7917     | 0,8598<br>0,7340            | 1,3624<br>0,8945            | 680,1<br>159,82   | -0,1906<br>35,72   |
| Bọt Sương | 0,3500              | -14,04<br>-7,61  | 1285,5<br>15,071                      | 180,12<br>382,49  | 180,39<br>405,72  | 0,9269<br>1,7861     | 0,8637<br>0,7465            | 1,3731<br>0,9151            | 660,0<br>159,79   | -0,1733<br>33,80   |
| Bọt Sương | 0,4000              | -10,33<br>-3,97  | 1272,8<br>17,154                      | 185,20<br>384,24  | 185,52<br>407,55  | 0,9465<br>1,7814     | 0,8673<br>0,7578            | 1,3834<br>0,9345            | 641,9<br>159,66   | -0,1564<br>32,22   |
| Bọt Sương | 0,4500              | -6,95<br>-0,67   | 1261,1<br>19,241                      | 189,86<br>385,79  | 190,21<br>409,18  | 0,9641<br>1,7772     | 0,8707<br>0,7682            | 1,3934<br>0,9528            | 625,5<br>159,46   | -0,1398<br>30,89   |
| Bọt Sương | 0,5000              | -3,85<br>2,36    | 1250,1<br>21,334                      | 194,16<br>387,20  | 194,56<br>410,64  | 0,9801<br>1,7735     | 0,8740<br>0,7779            | 1,4032<br>0,9704            | 610,4<br>159,20   | -0,1233<br>29,76   |
| Bọt Sương | 0,5500              | -0,98<br>5,17    | 1239,8<br>23,435                      | 198,17<br>388,48  | 198,61<br>411,95  | 0,9950<br>1,7702     | 0,8771<br>0,7868            | 1,4129<br>0,9875            | 596,3<br>158,91   | -0,1069<br>28,77   |
| Bọt Sương | 0,6000              | 1,70<br>7,79     | 1230,0<br>25,545                      | 201,93<br>389,66  | 202,42<br>413,15  | 1,0087<br>1,7672     | 0,8801<br>0,7953            | 1,4224<br>1,0040            | 583,2<br>158,58   | -0,0905<br>27,91   |

Bảng 37 (kết thúc)

|           | Áp suất<br>MPa | Nhiệt độ<br>°C | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | C <sub>v</sub><br>kJ/(kg·K) | C <sub>p</sub><br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số J-T<br>K/MPa |
|-----------|----------------|----------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|
| Bọt Sương | 0,6500         | 4,22<br>10,24  | 1220,7<br>27,665                      | 205,49<br>390,75  | 206,02<br>414,25  | 1,0216<br>1,7644     | 0,8830<br>0,8032            | 1,4319<br>1,0201            | 570,8<br>158,22   | -0,0741<br>27,14   |
| Bọt Sương | 0,7000         | 6,60<br>12,56  | 1211,7<br>29,796                      | 208,87<br>391,76  | 209,44<br>415,25  | 1,0338<br>1,7618     | 0,8857<br>0,8108            | 1,4413<br>1,0360            | 559,1<br>157,83   | -0,0576<br>26,46   |
| Bọt Sương | 0,7500         | 8,85<br>14,76  | 1203,1<br>31,940                      | 212,08<br>392,70  | 212,71<br>416,18  | 1,0452<br>1,7594     | 0,8884<br>0,8179            | 1,4507<br>1,0516            | 548,0<br>157,42   | -0,0410<br>25,84   |
| Bọt Sương | 0,8000         | 11,00<br>16,85 | 1194,9<br>34,098                      | 215,16<br>393,57  | 215,83<br>417,03  | 1,0561<br>1,7571     | 0,8911<br>0,8248            | 1,4600<br>1,0670            | 537,4<br>157,00   | -0,0242<br>25,29   |
| Bọt Sương | 0,9000         | 15,00<br>20,74 | 1179,1<br>38,456                      | 220,95<br>395,16  | 221,71<br>418,57  | 1,0764<br>1,7529     | 0,8961<br>0,8378            | 1,4789<br>1,0976            | 517,6<br>156,11   | 0,0098<br>24,32    |
| Bọt Sương | 1,0000         | 18,69<br>24,32 | 1164,1<br>42,877                      | 226,33<br>396,57  | 227,19<br>419,89  | 1,0950<br>1,7491     | 0,9010<br>0,8499            | 1,4979<br>1,1282            | 499,2<br>155,16   | 0,0447<br>23,50    |
| Bọt Sương | 1,2000         | 25,30<br>30,73 | 1136,2<br>51,932                      | 236,14<br>398,92  | 237,20<br>422,03  | 1,1283<br>1,7421     | 0,9102<br>0,8721            | 1,5370<br>1,1902            | 466,0<br>153,16   | 0,1180<br>22,18    |
| Bọt Sương | 1,4000         | 31,14<br>36,37 | 1110,2<br>61,306                      | 244,98<br>400,79  | 246,24<br>423,63  | 1,1577<br>1,7358     | 0,9190<br>0,8926            | 1,5780<br>1,2549            | 436,4<br>151,05   | 0,1968<br>21,17    |
| Bọt Sương | 1,6000         | 36,39<br>41,43 | 1085,5<br>71,047                      | 253,09<br>402,28  | 254,57<br>424,80  | 1,1843<br>1,7298     | 0,9274<br>0,9120            | 1,6219<br>1,3242            | 409,4<br>148,85   | 0,2826<br>20,36    |
| Bọt Sương | 1,8000         | 41,18<br>46,03 | 1061,7<br>81,203                      | 260,64<br>403,44  | 262,33<br>425,61  | 1,2086<br>1,7241     | 0,9358<br>0,9305            | 1,6695<br>1,3996            | 384,5<br>146,57   | 0,3769<br>19,69    |
| Bọt Sương | 2,0000         | 45,59<br>50,25 | 1038,5<br>91,831                      | 267,74<br>404,32  | 269,66<br>426,10  | 1,2311<br>1,7184     | 0,9441<br>0,9484            | 1,7218<br>1,4831            | 361,3<br>144,24   | 0,4815<br>19,13    |
| Bọt Sương | 2,2000         | 49,68<br>54,15 | 1015,7<br>103,00                      | 274,47<br>404,93  | 276,64<br>426,29  | 1,2522<br>1,7126     | 0,9526<br>0,9660            | 1,7804<br>1,5770            | 339,3<br>141,84   | 0,5987<br>18,64    |
| Bọt Sương | 2,4000         | 53,51<br>57,79 | 993,1<br>114,78                       | 280,92<br>405,29  | 283,34<br>426,20  | 1,2723<br>1,7068     | 0,9613<br>0,9834            | 1,8470<br>1,6845            | 318,4<br>139,40   | 0,7315<br>18,22    |
| Bọt Sương | 2,6000         | 57,11<br>61,19 | 970,5<br>127,27                       | 287,14<br>405,42  | 289,82<br>425,85  | 1,2914<br>1,7007     | 0,9705<br>1,0008            | 1,9244<br>1,8096            | 298,2<br>136,90   | 0,8838<br>17,84    |
| Bọt Sương | 2,8000         | 60,51<br>64,38 | 947,5<br>140,60                       | 293,17<br>405,30  | 296,12<br>425,21  | 1,3097<br>1,6944     | 0,9802<br>1,0183            | 2,0161<br>1,9582            | 278,6<br>134,35   | 1,0607<br>17,48    |
| Bọt Sương | 3,0000         | 63,73<br>67,40 | 924,1<br>154,93                       | 299,07<br>404,93  | 302,31<br>424,29  | 1,3276<br>1,6877     | 0,9909<br>1,0360            | 2,1279<br>2,1390            | 259,4<br>131,75   | 1,2695<br>17,15    |
| Bọt Sương | 3,2000         | 66,80<br>70,25 | 899,9<br>170,45                       | 304,88<br>404,28  | 308,43<br>423,06  | 1,3450<br>1,6805     | 1,0028<br>1,0543            | 2,2682<br>2,3648            | 240,4<br>129,09   | 1,5201<br>16,83    |
| Bọt Sương | 3,4000         | 69,73<br>72,94 | 874,6<br>187,47                       | 310,65<br>403,33  | 314,54<br>421,46  | 1,3622<br>1,6726     | 1,0164<br>1,0734            | 2,4511<br>2,6567            | 221,6<br>126,38   | 1,8268<br>16,49    |
| Bọt Sương | 3,6000         | 72,53<br>75,50 | 847,6<br>206,40                       | 316,46<br>402,01  | 320,71<br>419,45  | 1,3795<br>1,6639     | 1,0322<br>1,0937            | 2,7011<br>3,0504            | 202,7<br>123,59   | 2,2107<br>16,14    |
| Bọt Sương | 3,8000         | 75,22<br>77,92 | 818,1<br>227,89                       | 322,38<br>400,24  | 327,02<br>416,91  | 1,3970<br>1,6540     | 1,0512<br>1,1156            | 3,0653<br>3,6132            | 183,8<br>120,73   | 2,7043<br>15,74    |
| Bọt Sương | 4,0000         | 77,82<br>80,21 | 785,1<br>253,04                       | 328,54<br>397,85  | 333,64<br>413,66  | 1,4152<br>1,6424     | 1,0747<br>1,1401            | 3,6469<br>4,4863            | 164,8<br>117,75   | 3,3604<br>15,26    |
| Bọt Sương | 4,2000         | 80,32<br>82,37 | 746,0<br>284,01                       | 335,20<br>394,55  | 340,83<br>409,34  | 1,4348<br>1,6281     | 1,1050<br>1,1687            | 4,7261<br>6,0289            | 145,6<br>114,58   | 4,2742<br>14,63    |
| Tới hạn   | 4,6298         | 86,03          | 484,2                                 | 368,92            | 378,48            | 1,5384               | b                           | b                           | b                 | 10,3922            |

<sup>a</sup> Điểm bọt và điểm sương tại một điều kiện khí quyển tiêu chuẩn

<sup>b</sup> Các giá trị của C<sub>v</sub>, C<sub>p</sub> và w tại điểm tới hạn không được bao gồm trong tiêu chuẩn này.

## 5.14 R410A – R32/125 (50/50)

Bảng 38 – Thành phần của R410A

| <i>i</i>                 | Thành phần | Hệ số khối lượng | Hệ số mol    |
|--------------------------|------------|------------------|--------------|
| 1                        | R32        | 0,50             | 0,697 614 70 |
| 2                        | R125       | 0,50             | 0,302 385 30 |
| <i>M</i> = 72,5855 g/mol |            |                  |              |

## 5.14.1 Phạm vi tính toán

Các hệ số có hiệu lực trong các phạm vi sau:

$$T_{\min} = 172,52 \text{ K}, T_{\max} = 435 \text{ K}; p_{\max} = 60 \text{ MPa}; \rho_{\max} = 20,2 \text{ mol/l} (1\,496 \text{ kg/m}^3)$$

## 5.14.2 Tham số tương tác (các phương trình 19 và 20)

$$\xi_{12} = 28,95; \xi_{12} = -0,006\,008$$

Bảng 39 – Các hệ số và số mũ của các hàm số dư [phương trình (21)]

| Cặp thành phần R32/125 <sup>a</sup>                                    |                      |                      |                      |                      |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <i>k</i>                                                               | <i>N<sub>k</sub></i> | <i>t<sub>k</sub></i> | <i>d<sub>k</sub></i> | <i>l<sub>k</sub></i> |
| 1                                                                      | -0,007 295 5         | 4,50                 | 2                    | 1                    |
| 2                                                                      | 0,078 035            | 0,57                 | 5                    | 1                    |
| 3                                                                      | 0,610 07             | 1,90                 | 1                    | 2                    |
| 4                                                                      | 0,642 46             | 1,20                 | 3                    | 2                    |
| 5                                                                      | 0,014 965            | 0,50                 | 9                    | 2                    |
| 6                                                                      | -0,340 49            | 2,60                 | 2                    | 3                    |
| 7                                                                      | 0,085 658            | 11,40                | 3                    | 3                    |
| 8                                                                      | -0,064 429           | 4,50                 | 6                    | 3                    |
| <sup>a</sup> <i>F</i> <sub>12</sub> = 1,00; <i>i</i> = 1; <i>j</i> = 2 |                      |                      |                      |                      |

## 5.14.3 Các tham số trạng thái tham chiếu

$$f_3 = 0,617\,469\,323, f_4 = -0,596\,795$$



Bảng 40 – Các giá trị tính chất R410A của thể lỏng trên đường bọt và thể hơi trên đường sương

|           | Áp suất             | Nhiệt độ         | Khối lượng riêng  | Nội năng         | Enthalpy         | Entropy          | $C_v$            | $C_p$            | Vận tốc âm       | Hệ số J-T         |
|-----------|---------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
|           | MPa                 | °C               | kg/m <sup>3</sup> | kJ/kg            | kJ/kg            | kJ/(kg·K)        | kJ/(kg·K)        | kJ/(kg·K)        | m/s              | K/MPa             |
| Bọt Sương | 0,0100              | -88,23<br>-88,14 | 1460,6<br>0,476   | 76,55<br>357,77  | 76,56<br>378,76  | 0,4588<br>2,0927 | 0,8662<br>0,5442 | 1,3441<br>0,6680 | 1004,0<br>159,71 | -0,3215<br>156,70 |
| Bọt Sương | 0,0150              | -82,84<br>-82,75 | 1444,9<br>0,697   | 83,79<br>360,37  | 83,80<br>381,90  | 0,4974<br>2,0635 | 0,8620<br>0,5569 | 1,3444<br>0,6836 | 977,6<br>161,51  | -0,3156<br>137,58 |
| Bọt Sương | 0,0200              | -78,79<br>-78,70 | 1432,9<br>0,912   | 89,24<br>362,31  | 89,26<br>384,25  | 0,5258<br>2,0432 | 0,8596<br>0,5670 | 1,3455<br>0,6964 | 957,8<br>162,79  | -0,3105<br>125,06 |
| Bọt Sương | 0,0250              | -75,50<br>-75,41 | 1423,1<br>1,124   | 93,67<br>363,88  | 93,69<br>386,13  | 0,5484<br>2,0276 | 0,8580<br>0,5757 | 1,3468<br>0,7074 | 941,8<br>163,78  | -0,3060<br>115,92 |
| Bọt Sương | 0,0300              | -72,71<br>-72,63 | 1414,8<br>1,333   | 97,42<br>365,21  | 97,44<br>387,71  | 0,5672<br>2,0151 | 0,8569<br>0,5833 | 1,3483<br>0,7172 | 928,2<br>164,59  | -0,3018<br>108,80 |
| Bọt Sương | 0,0400              | -68,12<br>-68,04 | 1401,1<br>1,745   | 103,61<br>367,37 | 103,64<br>390,29 | 0,5978<br>1,9956 | 0,8555<br>0,5964 | 1,3515<br>0,7344 | 905,8<br>165,84  | -0,2944<br>98,17  |
| Bọt Sương | 0,0500              | -64,39<br>-64,31 | 1389,7<br>2,151   | 108,66<br>369,11 | 108,70<br>392,36 | 0,6222<br>1,9807 | 0,8548<br>0,6075 | 1,3546<br>0,7492 | 887,6<br>166,78  | -0,2878<br>90,44  |
| Bọt Sương | 0,0600              | -61,22<br>-61,14 | 1380,0<br>2,551   | 112,96<br>370,58 | 113,00<br>394,10 | 0,6426<br>1,9687 | 0,8544<br>0,6172 | 1,3577<br>0,7624 | 872,1<br>167,53  | -0,2818<br>84,44  |
| Bọt Sương | 0,0800              | -55,98<br>-55,90 | 1363,9<br>3,342   | 120,08<br>372,99 | 120,14<br>396,92 | 0,6758<br>1,9500 | 0,8543<br>0,6338 | 1,3636<br>0,7855 | 846,5<br>168,66  | -0,2708<br>75,56  |
| Bọt Sương | 0,1000              | -51,70<br>-51,62 | 1350,5<br>4,123   | 125,92<br>374,92 | 125,99<br>399,17 | 0,7024<br>1,9358 | 0,8546<br>0,6477 | 1,3693<br>0,8054 | 825,6<br>169,47  | -0,2609<br>69,16  |
| Bọt Sương | 0,1013 <sup>a</sup> | -51,44<br>-51,36 | 1349,7<br>4,174   | 126,27<br>375,03 | 126,34<br>399,31 | 0,7040<br>1,9350 | 0,8547<br>0,6486 | 1,3697<br>0,8066 | 824,3<br>169,52  | -0,2602<br>68,80  |
| Bọt Sương | 0,1200              | -48,06<br>-47,98 | 1339,0<br>4,895   | 130,90<br>376,54 | 130,99<br>401,05 | 0,7247<br>1,9243 | 0,8552<br>0,6599 | 1,3747<br>0,8231 | 807,7<br>170,08  | -0,2516<br>64,24  |
| Bọt Sương | 0,1400              | -44,87<br>-44,79 | 1328,8<br>5,662   | 135,29<br>377,95 | 135,39<br>402,67 | 0,7441<br>1,9147 | 0,8559<br>0,6706 | 1,3799<br>0,8391 | 792,0<br>170,56  | -0,2430<br>60,30  |
| Bọt Sương | 0,1600              | -42,02<br>-41,94 | 1319,6<br>6,425   | 139,22<br>379,19 | 139,34<br>404,09 | 0,7612<br>1,9065 | 0,8567<br>0,6804 | 1,3850<br>0,8539 | 777,9<br>170,93  | -0,2347<br>57,05  |
| Bọt Sương | 0,1800              | -39,44<br>-39,36 | 1311,2<br>7,183   | 142,79<br>380,30 | 142,93<br>405,36 | 0,7766<br>1,8993 | 0,8576<br>0,6892 | 1,3899<br>0,8677 | 765,2<br>171,22  | -0,2267<br>54,30  |
| Bọt Sương | 0,2000              | -37,07<br>-36,99 | 1303,4<br>7,940   | 146,07<br>381,31 | 146,23<br>406,50 | 0,7905<br>1,8928 | 0,8585<br>0,6974 | 1,3946<br>0,8806 | 753,4<br>171,45  | -0,2190<br>51,94  |
| Bọt Sương | 0,2500              | -31,88<br>-31,79 | 1286,1<br>9,822   | 153,32<br>383,48 | 153,51<br>408,93 | 0,8209<br>1,8794 | 0,8608<br>0,7155 | 1,4061<br>0,9100 | 727,5<br>171,83  | -0,2006<br>47,24  |
| Bọt Sương | 0,3000              | -27,44<br>-27,35 | 1271,1<br>11,697  | 159,56<br>385,29 | 159,80<br>410,94 | 0,8466<br>1,8685 | 0,8631<br>0,7310 | 1,4172<br>0,9365 | 705,3<br>172,01  | -0,1830<br>43,70  |
| Bọt Sương | 0,3500              | -23,54<br>-23,45 | 1257,6<br>13,569  | 165,08<br>386,84 | 165,36<br>412,64 | 0,8689<br>1,8593 | 0,8655<br>0,7447 | 1,4279<br>0,9608 | 685,6<br>172,06  | -0,1660<br>40,90  |
| Bọt Sương | 0,4000              | -20,04<br>-19,95 | 1245,3<br>15,442  | 170,05<br>388,20 | 170,38<br>414,10 | 0,8887<br>1,8514 | 0,8678<br>0,7570 | 1,4384<br>0,9834 | 667,8<br>172,00  | -0,1493<br>38,62  |
| Bọt Sương | 0,4500              | -16,87<br>-16,78 | 1233,9<br>17,318  | 174,60<br>389,40 | 174,96<br>415,39 | 0,9065<br>1,8445 | 0,8702<br>0,7682 | 1,4487<br>1,0049 | 651,6<br>171,87  | -0,1329<br>36,72  |
| Bọt Sương | 0,5000              | -13,96<br>-13,86 | 1223,3<br>19,198  | 178,80<br>390,48 | 179,21<br>416,53 | 0,9228<br>1,8383 | 0,8725<br>0,7786 | 1,4589<br>1,0253 | 636,7<br>171,68  | -0,1166<br>35,10  |
| Bọt Sương | 0,5500              | -11,26<br>-11,16 | 1213,4<br>21,085  | 182,72<br>391,46 | 183,17<br>417,54 | 0,9379<br>1,8326 | 0,8747<br>0,7881 | 1,4690<br>1,0450 | 622,7<br>171,44  | -0,1004<br>33,70  |
| Bọt Sương | 0,6000              | -8,74<br>-8,64   | 1203,9<br>22,979  | 186,39<br>392,34 | 186,89<br>418,46 | 0,9518<br>1,8275 | 0,8770<br>0,7970 | 1,4791<br>1,0641 | 609,6<br>171,16  | -0,0843<br>32,48  |

Bảng 40 (kết thúc)

|           | Áp suất<br>MPa | Nhiệt độ<br>°C | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | $C_v$<br>kJ/(kg·K) | $C_p$<br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số<br>J-T<br>K/MPa |
|-----------|----------------|----------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|
| Bọt Sương | 0,6500         | -6,38<br>-6,28 | 1194,9<br>24,882                      | 189,86<br>393,16  | 190,40<br>419,28  | 0,9649<br>1,8227     | 0,8792<br>0,8054   | 1,4891<br>1,0827   | 597,3<br>170,85   | -0,0681<br>31,40      |
| Bọt Sương | 0,7000         | -4,15<br>-4,05 | 1186,3<br>26,795                      | 193,15<br>393,90  | 193,74<br>420,03  | 0,9772<br>1,8183     | 0,8815<br>0,8133   | 1,4991<br>1,1008   | 585,6<br>170,52   | -0,0519<br>30,44      |
| Bọt Sương | 0,7500         | -2,04<br>-1,93 | 1178,1<br>28,718                      | 196,28<br>394,59  | 196,92<br>420,71  | 0,9888<br>1,8141     | 0,8837<br>0,8207   | 1,5092<br>1,1186   | 574,5<br>170,16   | -0,0355<br>29,58      |
| Bọt Sương | 0,8000         | -0,03<br>0,08  | 1170,1<br>30,652                      | 199,27<br>395,23  | 199,96<br>421,33  | 0,9998<br>1,8102     | 0,8859<br>0,8278   | 1,5193<br>1,1362   | 563,9<br>169,78   | -0,0191<br>28,80      |
| Bọt Sương | 0,9000         | 3,72<br>3,83   | 1154,9<br>34,557                      | 204,91<br>396,37  | 205,69<br>422,41  | 1,0204<br>1,8030     | 0,8902<br>0,8409   | 1,5396<br>1,1708   | 543,9<br>168,98   | 0,0142<br>27,45       |
| Bọt Sương | 1,0000         | 7,17<br>7,27   | 1140,5<br>38,515                      | 210,15<br>397,35  | 211,02<br>423,31  | 1,0392<br>1,7964     | 0,8945<br>0,8529   | 1,5602<br>1,2051   | 525,4<br>168,13   | 0,0482<br>26,32       |
| Bọt Sương | 1,2000         | 13,34<br>13,46 | 1113,7<br>46,611                      | 219,69<br>398,94  | 220,76<br>424,68  | 1,0730<br>1,7846     | 0,9030<br>0,8746   | 1,6025<br>1,2743   | 491,9<br>166,32   | 0,1190<br>24,52       |
| Bọt Sương | 1,4000         | 18,79<br>18,91 | 1088,8<br>54,978                      | 228,27<br>400,12  | 229,56<br>425,59  | 1,1027<br>1,7741     | 0,9114<br>0,8943   | 1,6469<br>1,3466   | 462,0<br>164,40   | 0,1943<br>23,14       |
| Bọt Sương | 1,6000         | 23,68<br>23,80 | 1065,2<br>63,652                      | 236,15<br>400,97  | 237,65<br>426,11  | 1,1296<br>1,7644     | 0,9199<br>0,9128   | 1,6941<br>1,4241   | 434,7<br>162,40   | 0,2751<br>22,03       |
| Bọt Sương | 1,8000         | 28,13<br>28,25 | 1042,6<br>72,672                      | 243,46<br>401,54  | 245,19<br>426,31  | 1,1542<br>1,7552     | 0,9285<br>0,9308   | 1,7447<br>1,5090   | 409,5<br>160,33   | 0,3628<br>21,11       |
| Bọt Sương | 2,0000         | 32,22<br>32,34 | 1020,7<br>82,083                      | 250,33<br>401,87  | 252,29<br>426,24  | 1,1769<br>1,7464     | 0,9374<br>0,9485   | 1,7998<br>1,6033   | 386,0<br>158,20   | 0,4586<br>20,33       |
| Bọt Sương | 2,2000         | 36,02<br>36,14 | 999,2<br>91,932                       | 256,85<br>401,97  | 259,05<br>425,90  | 1,1983<br>1,7379     | 0,9465<br>0,9663   | 1,8608<br>1,7094   | 363,8<br>156,01   | 0,5643<br>19,64       |
| Bọt Sương | 2,4000         | 39,56<br>39,68 | 978,0<br>102,28                       | 263,07<br>401,86  | 265,52<br>425,33  | 1,2185<br>1,7294     | 0,9560<br>0,9843   | 1,9295<br>1,8306   | 342,7<br>153,77   | 0,6821<br>19,03       |
| Bọt Sương | 2,6000         | 42,89<br>43,00 | 957,0<br>113,19                       | 269,05<br>401,54  | 271,77<br>424,51  | 1,2377<br>1,7209     | 0,9660<br>1,0025   | 2,0082<br>1,9708   | 322,4<br>151,48   | 0,8150<br>18,47       |
| Bọt Sương | 2,8000         | 46,02<br>46,14 | 935,8<br>124,76                       | 274,85<br>401,02  | 277,84<br>423,47  | 1,2561<br>1,7123     | 0,9767<br>1,0212   | 2,1005<br>2,1357   | 302,9<br>149,12   | 0,9665<br>17,96       |
| Bọt Sương | 3,0000         | 48,99<br>49,10 | 914,5<br>137,09                       | 280,50<br>400,29  | 283,78<br>422,18  | 1,2740<br>1,7035     | 0,9881<br>1,0404   | 2,2112<br>2,3331   | 283,8<br>146,70   | 1,1416<br>17,47       |
| Bọt Sương | 3,2000         | 51,81<br>51,91 | 892,6<br>150,31                       | 286,04<br>399,33  | 289,62<br>420,62  | 1,2913<br>1,6944     | 1,0005<br>1,0602   | 2,3479<br>2,5750   | 265,2<br>144,22   | 1,3469<br>17,01       |
| Bọt Sương | 3,4000         | 54,49<br>54,59 | 870,0<br>164,62                       | 291,52<br>398,12  | 295,43<br>418,78  | 1,3085<br>1,6849     | 1,0141<br>1,0810   | 2,5218<br>2,8793   | 246,8<br>141,67   | 1,5913<br>16,55       |
| Bọt Sương | 3,6000         | 57,05<br>57,15 | 846,3<br>180,26                       | 297,00<br>396,63  | 301,26<br>416,60  | 1,3254<br>1,6747     | 1,0295<br>1,1031   | 2,7517<br>3,2757   | 228,5<br>139,03   | 1,8874<br>16,09       |
| Bọt Sương | 3,8000         | 59,50<br>59,59 | 821,0<br>197,60                       | 302,53<br>394,80  | 307,16<br>414,03  | 1,3425<br>1,6638     | 1,0472<br>1,1267   | 3,0704<br>3,8154   | 210,3<br>136,29   | 2,2534<br>15,61       |
| Bọt Sương | 4,0000         | 61,85<br>61,93 | 793,5<br>217,17                       | 308,20<br>392,55  | 313,24<br>410,97  | 1,3600<br>1,6517     | 1,0684<br>1,1527   | 3,5413<br>4,5957   | 191,9<br>133,43   | 2,7169<br>15,10       |
| Bọt Sương | 4,2000         | 64,10<br>64,17 | 762,6<br>239,86                       | 314,14<br>389,73  | 319,65<br>407,24  | 1,3783<br>1,6380     | 1,0950<br>1,1820   | 4,3058<br>5,8263   | 173,3<br>130,40   | 3,3224<br>14,53       |
| Tới hạn   | 4,9026         | 71,36          | 459,5                                 | 357,88            | 368,55            | 1,5181               | b                  | b                  | b                 | 9,7477                |

<sup>a</sup> Điểm bọt và điểm sương tại một điều kiện khí quyển tiêu chuẩn  
<sup>b</sup> Các giá trị của  $C_v$ ,  $C_p$  và  $w$  tại điểm tới hạn không được bao gồm trong tiêu chuẩn này.



## 5.15 R507A – R125/143a (50/50)

Bảng 41 – Thành phần của R507A

| <i>i</i>                 | Thành phần | Hệ số khối lượng | Hệ số mol    |
|--------------------------|------------|------------------|--------------|
| 1                        | R125       | 0,50             | 0,411 839 71 |
| 2                        | R143a      | 0,50             | 0,588 160 29 |
| <i>M</i> = 98,8594 g/mol |            |                  |              |

## 5.15.1 Phạm vi tính toán

Các hệ số có hiệu lực trong các phạm vi sau:

$$T_{\min} = 161,34 \text{ K}, T_{\max} = 650 \text{ K}; p_{\max} = 100 \text{ MPa}; \rho_{\max} = 15,85 \text{ mol/l (1 332 kg/m}^3\text{)}$$

$$T_{\min} = 172,52 \text{ K}, T_{\max} = 500 \text{ K}; p_{\max} = 60 \text{ MPa}; \rho_{\max} = 14,96 \text{ mol/L (1 468 kg/m}^3\text{)}$$

## 5.15.2 Tham số tương tác (các phương trình 19 và 20)

$$\xi_{12} = 5,551; \xi_{12} = -0,000 445 2$$

Bảng 42 – Các hệ số và số mũ của các hàm số dư [phương trình (21)]

| Cặp thành phần R125/143a <sup>a</sup>                                    |                      |                      |                      |                      |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <i>k</i>                                                                 | <i>N<sub>k</sub></i> | <i>t<sub>k</sub></i> | <i>d<sub>k</sub></i> | <i>l<sub>k</sub></i> |
| 1                                                                        | - 0,013 073          | 7,4                  | 1                    | 1                    |
| 2                                                                        | 0,018 259            | 0,35                 | 3                    | 1                    |
| 3                                                                        | 0,000 008 129 9      | 10,0                 | 11                   | 2                    |
| 4                                                                        | 0,007 849 6          | 5,3                  | 2                    | 3                    |
| <sup>a</sup> <i>i</i> = 1; <i>j</i> = 2; <i>F</i> <sub>12</sub> = 1,1697 |                      |                      |                      |                      |

## 5.15.3 Các tham số trạng thái tham chiếu

$$f_3 = 0,630 988 493, f_4 = 19,345 427$$

Bảng 43 – Các giá trị tính chất R507A của thể lỏng trên đường bọt và thể hơi trên đường sương

|           | Áp suất<br>MPa      | Nhiệt độ<br>°C   | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | C <sub>v</sub><br>kJ/(kg·K) | C <sub>p</sub><br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số J-T<br>K/MPa |
|-----------|---------------------|------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|
| Bọt Sương | 0,0100              | -85,26<br>-85,24 | 1432,7<br>0,639                       | 92,21<br>297,04   | 92,21<br>312,68   | 0,5310<br>1,7044     | 0,7633<br>0,5669            | 1,2026<br>0,6573            | 926,5<br>133,98   | -0,3545<br>112,99  |
| Bọt Sương | 0,0150              | -79,66<br>-79,65 | 1416,1<br>0,934                       | 98,94<br>300,00   | 98,95<br>316,06   | 0,5663<br>1,6884     | 0,7720<br>0,5809            | 1,2028<br>0,6730            | 889,9<br>135,47   | -0,3494<br>96,12   |
| Bọt Sương | 0,0200              | -75,44<br>-75,43 | 1403,6<br>1,223                       | 104,02<br>302,26  | 104,04<br>318,61  | 0,5923<br>1,6776     | 0,7780<br>0,5916            | 1,2044<br>0,6851            | 864,2<br>136,53   | -0,3442<br>85,83   |
| Bọt Sương | 0,0250              | -72,01<br>-72,00 | 1393,4<br>1,506                       | 108,16<br>304,10  | 108,17<br>320,70  | 0,6130<br>1,6696     | 0,7826<br>0,6003            | 1,2067<br>0,6951            | 844,3<br>137,34   | -0,3393<br>78,70   |
| Bọt Sương | 0,0300              | -69,10<br>-69,09 | 1384,7<br>1,786                       | 111,67<br>305,67  | 111,69<br>322,47  | 0,6304<br>1,6633     | 0,7865<br>0,6077            | 1,2091<br>0,7039            | 827,9<br>137,99   | -0,3346<br>73,37   |
| Bọt Sương | 0,0400              | -64,29<br>-64,29 | 1370,4<br>2,337                       | 117,49<br>308,28  | 117,52<br>325,39  | 0,6586<br>1,6538     | 0,7926<br>0,6201            | 1,2141<br>0,7186            | 801,8<br>139,00   | -0,3258<br>65,80   |
| Bọt Sương | 0,0500              | -60,37<br>-60,37 | 1358,6<br>2,880                       | 122,25<br>310,41  | 122,29<br>327,77  | 0,6812<br>1,6469     | 0,7976<br>0,6304            | 1,2191<br>0,7310            | 781,2<br>139,75   | -0,3176<br>60,55   |
| Bọt Sương | 0,0600              | -57,04<br>-57,04 | 1348,5<br>3,416                       | 126,32<br>312,23  | 126,36<br>329,79  | 0,7001<br>1,6415     | 0,8017<br>0,6392            | 1,2238<br>0,7418            | 764,1<br>140,33   | -0,3100<br>56,62   |
| Bọt Sương | 0,0800              | -51,53<br>-51,53 | 1331,6<br>4,474                       | 133,08<br>315,25  | 133,14<br>333,13  | 0,7310<br>1,6334     | 0,8085<br>0,6540            | 1,2326<br>0,7605            | 736,3<br>141,18   | -0,2960<br>51,02   |
| Bọt Sương | 0,1000              | -47,01<br>-47,01 | 1317,6<br>5,517                       | 138,65<br>317,72  | 138,73<br>335,85  | 0,7559<br>1,6276     | 0,8141<br>0,6662            | 1,2408<br>0,7764            | 714,0<br>141,76   | -0,2832<br>47,13   |
| Bọt Sương | 0,1013 <sup>a</sup> | -46,74<br>-46,74 | 1316,8<br>5,586                       | 138,99<br>317,87  | 139,07<br>336,01  | 0,7574<br>1,6273     | 0,8145<br>0,6670            | 1,2413<br>0,7774            | 712,7<br>141,79   | -0,2824<br>46,91   |
| Bọt Sương | 0,1200              | -43,16<br>-43,16 | 1305,6<br>6,551                       | 143,44<br>319,83  | 143,53<br>338,15  | 0,7769<br>1,6231     | 0,8190<br>0,6769            | 1,2483<br>0,7905            | 695,2<br>142,17   | -0,2712<br>44,21   |
| Bọt Sương | 0,1400              | -39,79<br>-39,79 | 1294,9<br>7,578                       | 147,65<br>321,68  | 147,76<br>340,15  | 0,7951<br>1,6195     | 0,8232<br>0,6863            | 1,2555<br>0,8033            | 678,9<br>142,47   | -0,2598<br>41,91   |
| Bọt Sương | 0,1600              | -36,77<br>-36,77 | 1285,2<br>8,599                       | 151,44<br>323,33  | 151,57<br>341,93  | 0,8113<br>1,6166     | 0,8271<br>0,6948            | 1,2622<br>0,8152            | 664,3<br>142,67   | -0,2488<br>40,03   |
| Bọt Sương | 0,1800              | -34,03<br>-34,03 | 1276,4<br>9,616                       | 154,90<br>324,82  | 155,04<br>343,54  | 0,8258<br>1,6141     | 0,8306<br>0,7026            | 1,2686<br>0,8262            | 651,2<br>142,82   | -0,2383<br>38,45   |
| Bọt Sương | 0,2000              | -31,52<br>-31,51 | 1268,2<br>10,631                      | 158,08<br>326,19  | 158,24<br>345,00  | 0,8390<br>1,6119     | 0,8339<br>0,7098            | 1,2748<br>0,8367            | 639,2<br>142,90   | -0,2280<br>37,11   |
| Bọt Sương | 0,2500              | -25,99<br>-25,99 | 1249,8<br>13,159                      | 165,14<br>329,18  | 165,34<br>348,18  | 0,8679<br>1,6077     | 0,8411<br>0,7259            | 1,2893<br>0,8607            | 612,9<br>142,96   | -0,2034<br>34,44   |
| Bọt Sương | 0,3000              | -21,26<br>-21,25 | 1233,7<br>15,682                      | 171,24<br>331,72  | 171,48<br>350,85  | 0,8924<br>1,6044     | 0,8475<br>0,7399            | 1,3029<br>0,8825            | 590,5<br>142,84   | -0,1797<br>32,43   |
| Bọt Sương | 0,3500              | -17,10<br>-17,08 | 1219,3<br>18,208                      | 176,66<br>333,93  | 176,95<br>353,15  | 0,9137<br>1,6019     | 0,8532<br>0,7524            | 1,3158<br>0,9028            | 570,7<br>142,60   | -0,1565<br>30,85   |
| Bọt Sương | 0,4000              | -13,36<br>-13,35 | 1206,1<br>20,741                      | 181,56<br>335,90  | 181,89<br>355,18  | 0,9327<br>1,5998     | 0,8584<br>0,7637            | 1,3282<br>0,9219            | 553,0<br>142,28   | -0,1337<br>29,57   |
| Bọt Sương | 0,4500              | -9,97<br>-9,95   | 1193,8<br>23,284                      | 186,05<br>337,67  | 186,43<br>356,99  | 0,9499<br>1,5980     | 0,8633<br>0,7741            | 1,3403<br>0,9401            | 536,9<br>141,89   | -0,1111<br>28,49   |
| Bọt Sương | 0,5000              | -6,85<br>-6,83   | 1182,3<br>25,841                      | 190,21<br>339,28  | 190,63<br>358,63  | 0,9657<br>1,5965     | 0,8678<br>0,7836            | 1,3520<br>0,9577            | 522,0<br>141,45   | -0,0884<br>27,59   |
| Bọt Sương | 0,5500              | -3,96<br>-3,94   | 1171,5<br>28,413                      | 194,10<br>340,75  | 194,57<br>360,11  | 0,9802<br>1,5951     | 0,8720<br>0,7924            | 1,3636<br>0,9747            | 508,3<br>140,98   | -0,0657<br>26,81   |
| Bọt Sương | 0,6000              | -1,26<br>-1,24   | 1161,2<br>31,003                      | 197,75<br>342,11  | 198,27<br>361,47  | 0,9937<br>1,5939     | 0,8760<br>0,8007            | 1,3751<br>0,9913            | 495,3<br>140,47   | -0,0427<br>26,14   |

Bảng 43 (kết thúc)

|           | Áp suất<br>MPa | Nhiệt độ<br>°C | Khối lượng riêng<br>kg/m <sup>3</sup> | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) | $C_v$<br>kJ/(kg·K) | $C_p$<br>kJ/(kg·K) | Vận tốc âm<br>m/s | Hệ số<br>J-T<br>K/MPa |
|-----------|----------------|----------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|
| Bọt Sương | 0,6500         | 1,28<br>1,30   | 1151,3<br>33,612                      | 201,21<br>343,37  | 201,77<br>362,71  | 1,0064<br>1,5928     | 0,8798<br>0,8086   | 1,3865<br>1,0077   | 483,2<br>139,93   | -0,0195<br>25,55      |
| Bọt Sương | 0,7000         | 3,67<br>3,70   | 1141,8<br>36,243                      | 204,49<br>344,55  | 205,11<br>363,86  | 1,0183<br>1,5918     | 0,8835<br>0,8160   | 1,3979<br>1,0240   | 471,7<br>139,37   | 0,0040<br>25,03       |
| Bọt Sương | 0,7500         | 5,94<br>5,97   | 1132,7<br>38,897                      | 207,63<br>345,64  | 208,29<br>364,92  | 1,0296<br>1,5908     | 0,8870<br>0,8230   | 1,4093<br>1,0401   | 460,7<br>138,79   | 0,0279<br>24,57       |
| Bọt Sương | 0,8000         | 8,10<br>8,13   | 1123,8<br>41,575                      | 210,63<br>346,67  | 211,34<br>365,91  | 1,0404<br>1,5899     | 0,8903<br>0,8298   | 1,4207<br>1,0563   | 450,3<br>138,19   | 0,0523<br>24,15       |
| Bọt Sương | 0,9000         | 12,13<br>12,16 | 1106,8<br>47,010                      | 216,29<br>348,54  | 217,10<br>367,68  | 1,0604<br>1,5882     | 0,8968<br>0,8427   | 1,4438<br>1,0891   | 430,7<br>136,95   | 0,1025<br>23,45       |
| Bọt Sương | 1,0000         | 15,84<br>15,87 | 1090,6<br>52,559                      | 221,56<br>350,20  | 222,48<br>369,22  | 1,0788<br>1,5865     | 0,9029<br>0,8550   | 1,4674<br>1,1227   | 412,5<br>135,67   | 0,1551<br>22,87       |
| Bọt Sương | 1,2000         | 22,49<br>22,53 | 1060,0<br>64,044                      | 231,21<br>353,00  | 232,34<br>371,74  | 1,1119<br>1,5834     | 0,9143<br>0,8781   | 1,5170<br>1,1941   | 379,5<br>132,98   | 0,2691<br>21,98       |
| Bọt Sương | 1,4000         | 28,36<br>28,40 | 1031,0<br>76,121                      | 239,93<br>355,25  | 241,29<br>373,64  | 1,1412<br>1,5802     | 0,9250<br>0,9001   | 1,5713<br>1,2736   | 349,9<br>130,18   | 0,3977<br>21,31       |
| Bọt Sương | 1,6000         | 33,63<br>33,67 | 1003,0<br>88,893                      | 247,98<br>357,04  | 249,58<br>375,04  | 1,1678<br>1,5767     | 0,9355<br>0,9216   | 1,6321<br>1,3644   | 322,7<br>127,27   | 0,5449<br>20,81       |
| Bọt Sương | 1,8000         | 38,43<br>38,46 | 975,6<br>102,48                       | 255,51<br>358,42  | 257,35<br>375,99  | 1,1923<br>1,5731     | 0,9460<br>0,9428   | 1,7020<br>1,4707   | 297,4<br>124,28   | 0,7161<br>20,41       |
| Bọt Sương | 2,0000         | 42,83<br>42,87 | 948,2<br>117,05                       | 262,63<br>359,45  | 264,74<br>376,53  | 1,2152<br>1,5690     | 0,9567<br>0,9640   | 1,7846<br>1,5985   | 273,5<br>121,20   | 0,9183<br>20,08       |
| Bọt Sương | 2,2000         | 46,91<br>46,95 | 920,5<br>132,79                       | 269,45<br>360,12  | 271,84<br>376,68  | 1,2368<br>1,5644     | 0,9679<br>0,9852   | 1,8854<br>1,7569   | 250,8<br>118,04   | 1,1615<br>19,81       |
| Bọt Sương | 2,4000         | 50,72<br>50,75 | 892,1<br>149,99                       | 276,04<br>360,43  | 278,73<br>376,43  | 1,2576<br>1,5592     | 0,9800<br>1,0069   | 2,0128<br>1,9610   | 228,9<br>114,80   | 1,4600<br>19,58       |
| Bọt Sương | 2,6000         | 54,28<br>54,32 | 862,6<br>169,04                       | 282,49<br>360,36  | 285,50<br>375,74  | 1,2777<br>1,5532     | 0,9934<br>1,0294   | 2,1818<br>2,2368   | 207,5<br>111,48   | 1,8360<br>19,35       |
| Bọt Sương | 2,8000         | 57,63<br>57,67 | 831,2<br>190,55                       | 288,87<br>359,84  | 292,23<br>374,53  | 1,2974<br>1,5462     | 1,0088<br>1,0531   | 2,4206<br>2,6338   | 186,4<br>108,06   | 2,3252<br>19,09       |
| Bọt Sương | 3,0000         | 60,80<br>60,82 | 796,9<br>215,50                       | 295,28<br>358,77  | 299,05<br>372,69  | 1,3172<br>1,5377     | 1,0271<br>1,0790   | 2,7910<br>3,2592   | 165,4<br>104,54   | 2,9890<br>18,77       |
| Bọt Sương | 3,2000         | 63,78<br>63,81 | 757,9<br>245,74                       | 301,91<br>356,93  | 306,13<br>369,95  | 1,3375<br>1,5269     | 1,0504<br>1,1083   | 3,4581<br>4,3941   | 144,1<br>100,89   | 3,9440<br>18,30       |
| Bọt Sương | 3,4000         | 66,61<br>66,63 | 709,9<br>285,53                       | 309,11<br>353,82  | 313,90<br>365,73  | 1,3596<br>1,5122     | 1,0828<br>1,1439   | 5,0548<br>7,0760   | 122,2<br>97,03    | 5,4432<br>17,52       |
| Bọt Sương | 3,6000         | 68,45<br>68,55 | 657,9<br>679,05                       | 315,53<br>313,87  | 320,89<br>319,13  | 1,3796<br>1,3743     | 1,1237<br>1,1024   | 10,2657<br>6,5048  | 103,6<br>112,80   | 7,4847<br>6,40        |
| Tới hạn   | 3,7050         | 70,62          | 490,8                                 | 332,90            | 340,45            | 1,4358               | b                  | b                  | b                 | 12,3835               |

<sup>a</sup> Điểm bọt và điểm sương tại một điều kiện khí quyển tiêu chuẩn  
<sup>b</sup> Các giá trị của  $C_v$ ,  $C_p$  và  $w$  tại điểm tới hạn không được bao gồm trong tiêu chuẩn này.

**Phụ lục A**

(Quy định)

**Các yêu cầu đối với sự thực hiện đòi hỏi phải phù hợp với tiêu chuẩn này**

Bất cứ chương trình máy tính nào hoặc sự thực hiện khác đối với tiêu chuẩn này phải thỏa mãn các yêu cầu được quy định trong phụ lục này trước khi có thể đòi hỏi sự phù hợp với tiêu chuẩn này. Các yêu cầu này phải do người phát triển sự thực hiện riêng biệt thực hiện.

**A.1 Thực hiện các phương trình trạng thái quy định**

Một thuật toán phù hợp với tiêu chuẩn này nếu thực hiện trực tiếp (đối với mỗi môi chất lạnh đòi hỏi phải có sự phù hợp) phương trình trạng thái được quy định trong Điều 5 cùng với các phương pháp tính toán các tính chất nhiệt động được cho trong Phụ lục B, và thuật toán này cũng phải được chứng minh là có thể tái tạo ra "các giá trị kiểm nghiệm" cho các môi chất lạnh được cho trong Phụ lục D. Vì các tính chất được đánh số trong tiêu chuẩn này đã được tính toán khi sử dụng các phương trình trạng thái được quy định trong Điều 5, cho nên bất cứ sự thực hiện khác nào đối với các phương trình này cũng nên tạo ra cùng các giá trị. Yêu cầu về tái tạo ra "các giá trị kiểm nghiệm" phục vụ cho kiểm tra sự thực hiện. "Các giá trị kiểm nghiệm" này bao được một phạm vi rộng nhiệt độ, áp suất và khối lượng riêng và có thể hoàn toàn kiểm tra được sự thực hiện. Số lượng các chữ số có nghĩa được liệt kê cho các giá trị kiểm nghiệm này vượt xa số lượng được bảo đảm bởi độ không ổn định của các dữ liệu thực nghiệm và phương trình trạng thái. Số lượng lớn các chữ số có nghĩa đáp ứng cho phát hiện ra bất cứ sai số nào có thể xảy ra trong quá trình thực hiện; nếu một quá trình thực hiện tái tạo ra một cách thành công các giá trị kiểm nghiệm (trong phạm vi  $\pm 1$  chữ số cuối cùng được liệt kê) thì sự thực hiện này có khả năng đúng đối với tất cả các điều kiện.

**A.2 Yêu cầu thực hiện khác của các tính chất**

Một thuật toán phù hợp với tiêu chuẩn này nếu bằng bất cứ phương pháp nào cũng tái tạo ra các giá trị của các tính chất nhiệt động được quy định trong tiêu chuẩn này cho các môi chất được đưa vào thực hiện. Một thuật toán đòi hỏi sự phù hợp trong phần (đoạn này có thể áp dụng được cho toàn bộ dải nhiệt độ, áp suất và khối lượng riêng và áp dụng được cho toàn bộ tập hợp các tính chất hoặc cho bất cứ phạm vi nhỏ nào của các điều kiện và/hoặc tập hợp nhỏ các tính chất. Bất cứ thuật toán nào cũng phải công bố các môi chất có thể áp dụng được và các tính chất và phạm vi có thể áp dụng được của nó. Các dung sai cho phép giữa các giá trị của tính chất được quy định trong tiêu chuẩn này và các dung sai giữa các tính chất của một quá trình thực hiện khác có thể thay đổi và được quy định như sau:

- Áp suất hơi:  $\pm 0,2 \%$ ;

- Khối lượng riêng:  $\pm 0,2 \%$ ;

- Nội năng:  $\pm$  một giá trị không đổi bằng tới 0,2 % nội năng hóa hơi ở nhiệt độ điểm sôi chuẩn; xem chú thích;
- Enthalpy:  $\pm$  một giá trị không đổi bằng tới 0,2 % enthalpy hóa hơi ở nhiệt độ điểm sôi chuẩn; xem chú thích;
- Entropy:  $\pm$  một giá trị không đổi bằng tới 0,2 % entropy hóa hơi ở nhiệt độ điểm sôi chuẩn; xem chú thích.
- $C_p$ ,  $C_v$  vận tốc âm:  $\pm 1,0$  %
- Hệ số Joule - Thomson:  $\pm 1,0$  %

CHÚ THÍCH: Nhiệt độ điểm ba thể được dùng để xác định các dung sai cho R744 (carbon dioxide). Các dung sai cho phép đối với nội năng enthalpy và entropy được cho trong Bảng A.1.

Một quá trình thực hiện khác phải chứng minh rằng có thể đáp ứng được các dung sai nêu trên cho toàn bộ phạm vi các điều kiện đòi hỏi phải có sự phù hợp. Các tính chất được so sánh ở khoảng nhiệt độ không nhỏ hơn 5 °C.

**Bảng A.1 – Dung sai cho phép đối với nội năng, enthalpy và entropy cho các môi chất thuộc quy định trong tiêu chuẩn này**

| Chất lỏng | Dung sai cho phép |                   |                      |
|-----------|-------------------|-------------------|----------------------|
|           | Nội năng<br>kJ/kg | Enthalpy<br>kJ/kg | Entropy<br>kJ/(kg·K) |
| R744      | $\pm 0,63$        | $\pm 0,70$        | $\pm 0,003\ 2$       |
| R717      | $\pm 2,51$        | $\pm 2,74$        | $\pm 0,011\ 4$       |
| R12       | $\pm 0,30$        | $\pm 0,33$        | $\pm 0,001\ 4$       |
| R22       | $\pm 0,42$        | $\pm 0,47$        | $\pm 0,002\ 0$       |
| R32       | $\pm 0,70$        | $\pm 0,76$        | $\pm 0,003\ 4$       |
| R123      | $\pm 0,31$        | $\pm 0,34$        | $\pm 0,001\ 1$       |
| R125      | $\pm 0,30$        | $\pm 0,33$        | $\pm 0,001\ 5$       |
| R134a     | $\pm 0,40$        | $\pm 0,43$        | $\pm 0,001\ 8$       |
| R143a     | $\pm 0,41$        | $\pm 0,45$        | $\pm 0,002\ 0$       |
| R152a     | $\pm 0,60$        | $\pm 0,66$        | $\pm 0,002\ 6$       |
| R404A     | $\pm 0,37$        | $\pm 0,40$        | $\pm 0,001\ 8$       |
| R407C     | $\pm 0,45$        | $\pm 0,50$        | $\pm 0,002\ 1$       |
| R410A     | $\pm 0,50$        | $\pm 0,55$        | $\pm 0,002\ 5$       |
| R507A     | $\pm 0,36$        | $\pm 0,39$        | $\pm 0,001\ 7$       |

## Phụ lục B

(Tham khảo)

## Tính toán các tính chất nhiệt động của môi chất tinh khiết từ phương trình trạng thái

Bắt đầu với một phương trình trạng thái tường minh trong năng lượng Helmholtz rút gọn, ví dụ các phương trình (1) đến (5), các tính chất nhiệt động được xác định bởi các công thức sau:

$$p = RT\rho \left( 1 + \delta \frac{\partial \phi_r}{\partial \delta} \right) \quad (\text{B.1})$$

$$u = RT \left( \tau \frac{\partial \phi_{id}}{\partial \tau} + \tau \frac{\partial \phi_r}{\partial \tau} \right) \quad (\text{B.2})$$

$$h = RT \left( 1 + \tau \frac{\partial \phi_{id}}{\partial \tau} + \tau \frac{\partial \phi_r}{\partial \tau} + \delta \frac{\partial \phi_r}{\partial \delta} \right) \quad (\text{B.3})$$

$$s = R \left[ -(\phi_{id} + \phi_r) + \tau \frac{\partial \phi_{id}}{\partial \tau} + \tau \frac{\partial \phi_r}{\partial \tau} \right] \quad (\text{B.4})$$

$$g = RT \left( 1 + \phi_{id} + \phi_r + \delta \frac{\partial \phi_r}{\partial \delta} \right) \quad (\text{B.5})$$

$$C_v = R \left( -\tau^2 \frac{\partial^2 \phi_{id}}{\partial \tau^2} - \tau^2 \frac{\partial^2 \phi_r}{\partial \tau^2} \right) \quad (\text{B.6})$$

$$C_p = C_v + R \frac{\left( 1 + \delta \frac{\partial \phi_r}{\partial \delta} - \tau \frac{\partial^2 \phi_r}{\partial \delta \partial \tau} \right)^2}{1 + 2\delta \frac{\partial \phi_r}{\partial \delta} + \delta^2 \frac{\partial^2 \phi_r}{\partial \delta^2}} \quad (\text{B.7})$$

$$w = \left\{ \frac{RT}{M} \left[ 1 + 2\delta \frac{\partial \phi_r}{\partial \delta} + \delta^2 \frac{\partial^2 \phi_r}{\partial \delta^2} + \frac{\left( 1 + \delta \frac{\partial \phi_r}{\partial \delta} - \tau \frac{\partial^2 \phi_r}{\partial \delta \partial \tau} \right)^2}{\frac{C_v}{R}} \right] \right\}^{1/2} \quad (\text{B.8})$$

Trong đó:

$w$  là vận tốc âm;

$M$  là khối lượng phân tử nếu phương trình trạng thái trên cơ sở phân tử, và  $M$  là 1 nếu phương trình trạng thái trên cơ sở khối lượng.

Hệ số Joule-Thomson  $\mu$  được cho bởi:



$$\mu = \frac{-1}{R_p} \times \frac{\delta \frac{\partial \phi_r}{\partial \delta} + \delta^2 \frac{\partial^2 \phi_r}{\partial \delta^2} + \delta \tau \frac{\partial^2 \phi_r}{\partial \delta \partial \tau}}{\left(1 + \delta \frac{\partial \phi_r}{\partial \delta} - \delta \tau \frac{\partial^2 \phi_r}{\partial \delta \partial \tau}\right)^2 + \left(-\tau^2 \frac{\partial^2 \phi_{liq}}{\partial \tau^2} - \tau^2 \frac{\partial^2 \phi_r}{\partial \tau^2}\right) \left(1 + 2\delta \frac{\partial \phi_r}{\partial \delta} + \delta^2 \frac{\partial^2 \phi_r}{\partial \delta^2}\right)} \quad (B.9)$$

Tính toán các tính chất bão hòa cho một môi chất tinh khiết tại nhiệt độ rút gọn đã cho,  $\tau$ , đòi hỏi một phép lặp lại để tìm các khối lượng riêng lỏng và hơi rút gọn tại trạng thái bão hòa,  $\delta_{liq}$  và  $\delta_{vap}$ , chúng thỏa mãn tiêu chuẩn Maxwell:

$$\rho(\tau, \delta_{liq}) = \rho(\tau, \delta_{vap}) \quad (B.10)$$

Và

$$g(\tau, \delta_{liq}) = g(\tau, \delta_{vap}) \quad (B.11)$$

Áp suất thỏa mãn phương trình (B.10) là áp suất hơi. Các tính chất nhiệt động khác tìm được bằng sử dụng các phương trình (B.1) đến (B.9) với các biến vào  $\tau$ ,  $\delta_{liq}$  và  $\delta_{vap}$ .

Các đạo hàm của phần dư của năng lượng Helmholtz rút gọn sử dụng trong các phương trình (B.1) đến (B.9) được cho dưới dạng các hệ số và các số mũ của phương trình trạng thái bằng các công thức sau:

$$\phi_r = \sum_k N_k \tau^k \delta^k \exp(-\alpha_k(\delta - \varepsilon_k)^k) \exp(-\beta_k(\tau - \gamma_k)^{m_k}) \quad (B.12)$$

$$\delta \frac{\partial \phi_r}{\partial \delta} = \sum_k N_k \tau^k \delta^k \exp(-\alpha_k(\delta - \varepsilon_k)^k) \exp(-\beta_k(\tau - \gamma_k)^{m_k}) [d_k - \delta \alpha_k l_k (\delta - \varepsilon_k)^{k-1}] \quad (B.13)$$

$$\tau \frac{\partial \phi_r}{\partial \tau} = \sum_k N_k \tau^k \delta^k \exp(-\alpha_k(\delta - \varepsilon_k)^k) \exp(-\beta_k(\tau - \gamma_k)^{m_k}) [t_k - \tau \beta_k m_k (\tau - \gamma_k)^{m_k-1}] \quad (B.14)$$

$$\delta^2 \frac{\partial^2 \phi_r}{\partial \delta^2} = \sum_k N_k \tau^k \delta^k \exp(-\alpha_k(\delta - \varepsilon_k)^k) \exp(-\beta_k(\tau - \gamma_k)^{m_k}) \times \dots \times \left\{ \delta^2 (\delta - \varepsilon_k)^{k-2} [\alpha_k^2 l_k^2 (\delta - \varepsilon_k)^k - \alpha_k l_k (l_k - 1)] - 2\delta d_k \alpha_k l_k (\delta - \varepsilon_k)^{k-1} + d_k (d_k - 1) \right\} \quad (B.15)$$

$$\tau^2 \frac{\partial^2 \phi_r}{\partial \tau^2} = \sum_k N_k \tau^k \delta^k \exp(-\alpha_k(\delta - \varepsilon_k)^k) \exp(-\beta_k(\tau - \gamma_k)^{m_k}) \times \dots \times \left\{ \tau^2 (\tau - \gamma_k)^{m_k-2} [\beta_k^2 m_k^2 (\tau - \gamma_k)^{m_k} - \beta_k m_k (m_k - 1)] - 2\tau t_k \beta_k m_k (\tau - \gamma_k)^{m_k-1} + t_k (t_k - 1) \right\} \quad (B.16)$$

$$\tau \delta \frac{\partial^2 \phi_r}{\partial \tau \partial \delta} = \sum_k N_k \tau^k \delta^k \exp(-\alpha_k(\delta - \varepsilon_k)^k) \exp(-\beta_k(\tau - \gamma_k)^{m_k}) \times \dots \times [d_k - \delta \alpha_k l_k (\delta - \varepsilon_k)^{k-1}] [t_k - \tau \beta_k m_k (\tau - \gamma_k)^{m_k-1}] \quad (B.17)$$

Đối với các đạo hàm của các số hạng vùng tới hạn [các phương trình (9) đến (12)], xem Bảng 32 trong tài liệu tham khảo Span and Wagner<sup>[9]</sup>.

Thành phần khí lý tưởng của năng lượng Helmholtz rút gọn và các đạo hàm của nó sử dụng trong các phương trình (B.1) đến (B.9) được cho dưới dạng các hệ số và các số mũ của hàm số khí lý tưởng [các phương trình (4) và (5)] bằng các công thức sau:

$$\phi_{id} = f_1 + \frac{f_2}{T} + \ln p + (1 - c_0) \ln T - \sum_k c_k \left( \frac{1}{t_k + 1} \right) \left( \frac{1}{t_k} \right) T^k + \sum_k a_k \ln \left[ 1 - \exp \left( -\frac{b_k}{T} \right) \right] \quad (B.18)$$

$$\tau \frac{\partial \phi_{id}}{\partial \tau} = \frac{f_2}{T} - 1 + c_0 + \sum_k c_k T^k \left( \frac{1}{t_k + 1} \right) + \sum_k \frac{a_k b_k}{T} \left[ \exp \left( \frac{b_k}{T} \right) - 1 \right]^{-1} \quad (B.19)$$

$$\tau^2 \frac{\partial^2 \phi_{id}}{\partial \tau^2} = 1 - c_0 - \sum_k c_k T^k - \sum_k a_k \left( \frac{b_k}{T} \right)^2 \exp \left( \frac{b_k}{T} \right) \left[ \exp \left( \frac{b_k}{T} \right) - 1 \right]^{-2} \quad (B.20)$$

**Phụ lục C**  
(Tham khảo)

**Tính toán các tính chất nhiệt động của hỗn hợp  
từ phương trình trạng thái**

Bắt đầu với một phương trình trạng thái của hỗn hợp hiện theo năng lượng Helmholtz rút gọn, các phương trình (16) đến (21), các tính chất nhiệt động của hỗn hợp được cho bởi cùng các biểu diễn giống như cho các môi chất tinh khiết [các phương trình (B.1) đến (B.20)], trừ các phương trình mà các đạo hàm của các phần dư được bao gồm các đóng góp từ các thành phần tinh khiết và hàm thừa:

$$\phi_{mix,r} = \sum_{i=1}^n x_i \phi_{i,r} + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n x_i x_j \phi_{ij,excess} \quad (C.1)$$

$$\delta \frac{\partial \phi_{mix,r}}{\partial \delta} = \sum_{i=1}^n x_i \delta \frac{\partial \phi_{i,r}}{\partial \delta} + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n x_i x_j F_{ij} \sum_k N_k \tau^k \delta^k \exp(-\delta^k) (d_k - l_k \delta^k) \quad (C.2)$$

$$\tau \frac{\partial \phi_{mix,r}}{\partial \tau} = \sum_{i=1}^n x_i \tau \frac{\partial \phi_{i,r}}{\partial \tau} + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n x_i x_j F_{ij} \sum_k N_k \tau^k \delta^k \exp(-\delta^k) t_k \quad (C.3)$$

$$\delta^2 \frac{\partial^2 \phi_{mix,r}}{\partial \delta^2} = \sum_{i=1}^n x_i \delta^2 \frac{\partial^2 \phi_{i,r}}{\partial \delta^2} + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n x_i x_j F_{ij} \sum_k N_k \tau^k \delta^k \exp(-\delta^k) \times \dots \quad (C.4)$$

$$\dots \times \left\{ \delta^k \left[ l_k^2 (\delta^k - 1) - l_k (2d_k - 1) \right] + d_k (d_k - 1) \right\}$$

$$\tau^2 \frac{\partial^2 \phi_{mix,r}}{\partial \tau^2} = \sum_{i=1}^n x_i \tau^2 \frac{\partial^2 \phi_{i,r}}{\partial \tau^2} + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n x_i x_j F_{ij} \sum_k N_k \tau^k \delta^k \exp(-\delta^k) t_k (t_k - 1) \quad (C.5)$$

$$\tau \delta \frac{\partial^2 \phi_{mix,r}}{\partial \tau \partial \delta} = \sum_{i=1}^n x_i \tau \delta \frac{\partial^2 \phi_{i,r}}{\partial \tau \partial \delta} + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n x_i x_j F_{ij} \sum_k N_k \tau^k \delta^k \exp(-\delta^k) \left[ t_k (d_k - l_k \delta^k) \right] \quad (C.6)$$

Các đạo hàm của thành phần khí lý tưởng của năng lượng Helmholtz rút gọn trong các phương trình (B.1) đến (B.9) được áp dụng cho các hỗn hợp là các tổng đơn giản của các đạo hàm khí lý tưởng thành phần tinh khiết:

$$\phi_{mix,id} = \sum_{i=1}^n (x_i \phi_{i,id} + x_i \ln x_i) + f_3 + f_4 I T \quad (C.7)$$

$$\tau \frac{\partial \phi_{mix,id}}{\partial \tau} = \sum_{i=1}^n \left( x_i \tau \frac{\partial \phi_{i,id}}{\partial \tau} \right) + f_4 I T \quad (C.8)$$

$$\tau^2 \frac{\partial^2 \phi_{mix,id}}{\partial \tau^2} = \sum_{i=1}^n x_i \tau^2 \frac{\partial^2 \phi_{i,id}}{\partial \tau^2} \quad (C.9)$$

Tính toán các tính chất tại trạng thái bão hòa lỏng-hơi đòi hỏi một phép lặp lại để tìm các khối lượng riêng lỏng và hơi rút gọn  $\delta_{liq}$  và  $\delta_{vap}$ , và các hỗn hợp lỏng và hơi  $x_{liq,i}$  và  $x_{vap,i}$  chúng thỏa mãn các phương trình hệ thống sau:

$$p(\tau, \delta_{liq}) = p(\tau, \delta_{vap}) \quad (C.10)$$

Và

$$f_{liq,i}(x_{liq,i}, \tau, \delta_{liq}) = f_{vap,i}(x_{vap,i}, \tau, \delta_{vap}), \text{ for } i = 1 \dots n \quad (C.11)$$

Độ loãng dần (fugacity),  $f_i$ , cho thành phần  $i$  được cho bởi

$$f_i = x_i p R T \exp \left[ \frac{\partial(n\phi_{mix,T})}{\partial n_i} \right]_{T,V,n_j} \quad (C.12)$$

Trong đó  $n_i$  là số phân tử của thành phần  $i$  trong hỗn hợp, và các đạo hàm được lấy khi giữ không đổi nhiệt độ, thể tích tổng (không phải thể tích phân tử), và số phân tử của các thành phần khác.

Giải các phương trình (C.10) và (C.11) khi đã biết các hợp chất lỏng hoặc hợp chất hơi, thứ tự tương ứng với điểm bọt hoặc điểm sương. Khi đó áp suất thỏa mãn phương trình (C.10) là áp suất điểm bọt hoặc áp suất điểm sương. Các tính chất nhiệt động khác xác định được bằng sử dụng các phương trình (B.1) đến (B.9) với các biến vào  $\tau$ ,  $x_{liq,i}$ ,  $x_{vap,i}$ ,  $\delta_{liq}$  và  $\delta_{vap}$ .

Các phương trình trạng thái cho các hỗn hợp của R-32, R-125, R-134a, R-143a và R-152a được đưa ra trong tài liệu tham khảo Lemmon and Jacobsen<sup>[2]</sup>.

## Phụ lục D

(Tham khảo)

## Các trích dẫn tài liệu cho các phương trình trạng thái và các giá trị xác nhận

## D.1 Quy định chung

Các phương trình trạng thái quy định trong Điều 5 của tiêu chuẩn này được rút ra từ tài liệu khoa học. Các trích dẫn cho các phương trình này được đưa ra ở đây, cũng đưa ra là “các giá trị kiểm tra xác nhận” mở rộng ra một dải rộng của nhiệt độ, áp suất và khối lượng riêng, chúng có thể được sử dụng để thử nghiệm một sự thực hiện của bất kỳ các phương trình này. Một số con số quan trọng được liệt kê cho các giá trị kiểm tra xác nhận này vượt quá xa các giá trị được đảm bảo bằng độ không đảm bảo của dữ liệu thực nghiệm và phương trình trạng thái. Một số lượng lớn các con số quan trọng nhằm để phát hiện bất kỳ sai số có thể có trong việc thực hiện; nếu một sự thực hiện tái tạo lại thành công các giá trị đã được xác nhận (trong giới hạn  $\pm 1$  số cuối cùng được liệt kê), thì sự thực hiện đó gần như chắc chắn sẽ được hiệu chỉnh cho tất cả các điều kiện.

## D.2 R744 – Carbon dioxide

Các giá trị cho phương trình trạng thái cho R744 trong Bảng D.1 được lấy từ Span and Wagner<sup>[9]</sup>.

**Bảng D.1 – Các giá trị tính chất R744 trong miền pha đơn để phục vụ làm các giá trị xác nhận cho việc thực hiện phương trình trạng thái**

| Nhiệt độ<br>K | Khối lượng<br>riêng<br>mol/l | Áp suất<br>MPa                 | Enthalpy<br>J/mol | Entropy<br>J/(mol·K) | $C_v$<br>J/(mol·K) | $C_p$<br>J/(mol·K) | Vận tốc âm<br>m/s |
|---------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 240,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,199\,544\,2 \times 10^{-3}$ | 20 223,66         | 164,594 9            | 26,028 3           | 34,343 6           | 244,590 9         |
| 240,000 0     | 28,400 000 0                 | $0,931\,599\,9 \times 10^2$    | 6 984,40          | 23,429 4             | 44,030 8           | 74,474 3           | 1 243,448 2       |
| 304,128 2     | 1,000 000 0                  | $0,224\,327\,6 \times 10^1$    | 21 562,39         | 93,261 7             | 31,641 2           | 45,813 9           | 254,563 5         |
| 304,128 2     | 25,400 000 0                 | $0,980\,899\,4 \times 10^2$    | 11 733,78         | 40,308 2             | 41,459 9           | 71,077 9           | 1 039,393 7       |
| 500,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,415\,724\,2 \times 10^{-3}$ | 30 611,70         | 187,354 3            | 36,317 7           | 44,632 4           | 340,716 6         |
| 500,000 0     | 17,400 000 0                 | $0,982\,411\,0 \times 10^2$    | 250 16,27         | 74,135 2             | 41,249 1           | 64,713 5           | 698,279 9         |

## D.3 R717 – Ammonia

Các giá trị cho phương trình trạng thái cho R717 trong Bảng D.2 được lấy từ Tillner-Roth et al<sup>[11]</sup>.

**Bảng D.2 – Các giá trị tính chất R717 trong miền pha đơn để phục vụ làm các giá trị xác nhận cho việc thực hiện phương trình trạng thái**

| Nhiệt độ<br>K | Khối lượng<br>riêng<br>mol/l | Áp suất<br>MPa                 | Enthalpy<br>J/mol | Entropy<br>J/(mol·K) | $C_v$<br>J/(mol·K) | $C_p$<br>J/(mol·K) | Vận tốc âm<br>m/s |
|---------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 220,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,182\,905\,5 \times 10^{-3}$ | 23 716,39         | 154,617 7            | 26,007 3           | 34,326 3           | 376,489 4         |
| 220,000 0     | 43,400 000 0                 | $0,956\,616\,5 \times 10^2$    | 902,15            | -2,603 9             | 51,353 5           | 69,616 3           | 2 121,501 6       |
| 405,400 0     | 1,000 000 0                  | $0,301\,572\,0 \times 10^1$    | 29 117,16         | 93,477 5             | 34,570 9           | 48,925 6           | 471,553 5         |
| 405,400 0     | 32,600 000 0                 | $0,964\,576\,4 \times 10^2$    | 14 385,54         | 41,679 6             | 46,491 0           | 73,980 9           | 1 342,495 0       |
| 500,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,415\,720\,9 \times 10^{-3}$ | 34 249,99         | 178,237 3            | 33,851 0           | 42,165 8           | 551,420 8         |
| 500,000 0     | 27,000 000 0                 | $0,991\,883\,4 \times 10^2$    | 21 471,86         | 57,182 1             | 45,985 3           | 75,616 5           | 1 077,241 8       |

**D.4 R12 – Dichlorodifluoromethane**

Các giá trị cho phương trình trạng thái cho R12 trong Bảng D.3 được lấy từ Marx et al<sup>[11]</sup>.

**Bảng D.3 – Các giá trị tính chất R12 trong miền pha đơn để phục vụ làm các giá trị xác nhận cho việc thực hiện phương trình trạng thái**

| Nhiệt độ<br>K | Khối lượng<br>riêng<br>mol/l | Áp suất<br>MPa                 | Enthalpy<br>J/mol | Entropy<br>J/(mol·K) | $C_v$<br>J/(mol·K) | $C_p$<br>J/(mol·K) | Vận tốc âm<br>m/s |
|---------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 180,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,149\,638\,2 \times 10^{-3}$ | 37 392,20         | 227,478 3            | 47,116 8           | 55,437 7           | 120,661 1         |
| 180,000 0     | 14,600 000 0                 | $0,895\,352\,6 \times 10^2$    | 19 212,75         | 69,146 9             | 67,463 7           | 96,414 2           | 1 252,438 9       |
| 385,120 0     | 1,000 000 0                  | $0,243\,271\,2 \times 10^1$    | 49 176,11         | 193,993 0            | 78,027 3           | 104,700 0          | 138,816 8         |
| 385,120 0     | 11,800 000 0                 | $0,977\,220\,6 \times 10^2$    | 40 641,90         | 145,718 7            | 81,564 6           | 108,273 8          | 832,271 1         |
| 500,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,415\,717\,7 \times 10^{-3}$ | 61 666,26         | 293,496 3            | 81,414 0           | 89,729 1           | 194,660 1         |
| 500,000 0     | 10,400 000 0                 | $0,943\,040\,9 \times 10^2$    | 53 169,03         | 174,861 4            | 87,743 4           | 112,258 7          | 689,532 0         |

**D.5 R22 – Chlorodifluoromethane**

Các giá trị cho phương trình trạng thái cho R22 trong Bảng D.4 được lấy từ Kamei et al<sup>[1]</sup>.

**Bảng D.4 – Các giá trị tính chất R22 trong miền pha đơn để phục vụ làm các giá trị xác nhận cho việc thực hiện phương trình trạng thái**

| Nhiệt độ<br>K | Khối lượng<br>riêng<br>mol/l | Áp suất<br>MPa                 | Enthalpy<br>J/mol | Entropy<br>J/(mol·K) | $C_v$<br>J/(mol·K) | $C_p$<br>J/(mol·K) | Vận tốc âm<br>m/s |
|---------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 180,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,149\,641\,9 \times 10^{-3}$ | 31 345,16         | 200,950 5            | 35,259 6           | 43,580 0           | 146,243 1         |
| 180,000 0     | 18,600 000 0                 | $0,484\,127\,4 \times 10^2$    | 10 391,89         | 43,195 4             | 59,630 7           | 89,533 5           | 1 232,788 5       |
| 369,295 0     | 1,000 000 0                  | $0,246\,504\,9 \times 10^1$    | 39 359,61         | 153,643 1            | 60,038 8           | 82,135 7           | 173,670 3         |
| 369,295 0     | 14,000 000 0                 | $0,541\,600\,9 \times 10^2$    | 27 889,80         | 107,976 8            | 65,027 7           | 96,605v8           | 696,174 8         |
| 500,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,415\,721\,5 \times 10^{-3}$ | 50 457,59         | 250,843 5            | 65,237 9           | 73,552 8           | 232,820 6         |
| 500,000 0     | 11,200 000 0                 | $0,574\,566\,1 \times 10^2$    | 40 884,41         | 137,468 9            | 72,690 5           | 100,321 9          | 519,184 8         |

**D.6 R32 – Difluoromethane**

Các giá trị cho phương trình trạng thái cho R32 trong Bảng D.5 được lấy từ Tillner-Roth and Yokozeki<sup>[1]</sup>.

**Bảng D.5 – Các giá trị tính chất R32 trong miền pha đơn để phục vụ làm các giá trị xác nhận cho việc thực hiện phương trình trạng thái**

| Nhiệt độ<br>K | Khối lượng<br>riêng<br>mol/l | Áp suất<br>MPa                 | Enthalpy<br>J/mol | Entropy<br>J/(mol·K) | $C_v$<br>J/(mol·K) | $C_p$<br>J/(mol·K) | Vận tốc âm<br>m/s |
|---------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 180,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,149\,637\,2 \times 10^{-3}$ | 24 642,56         | 171,613 4            | 27,520 4           | 35,845 3           | 193,540 8         |
| 180,000 0     | 26,600 000 0                 | $0,678\,660\,9 \times 10^2$    | 4 407,98          | 12,952 9             | 52,025 2           | 78,243 0           | 1 411,750 0       |
| 351,255 0     | 1,000 000 0                  | $0,240\,080\,6 \times 10^1$    | 29 728,57         | 113,970 5            | 45,166 1           | 65,591 7           | 232,189 3         |
| 351,255 0     | 20,000 000 0                 | $0,657\,835\,9 \times 10^2$    | 17 751,81         | 65,274 6             | 52,263 8           | 81,082 4           | 824,899 9         |
| 420,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,349\,203\,5 \times 10^{-3}$ | 35 093,81         | 200,438 5            | 44,711 9           | 53,026 9           | 282,144 4         |
| 420,000 0     | 17,600 000 0                 | $0,682\,732\,6 \times 10^2$    | 23 463,30         | 79,773 2             | 56,027 4           | 84,070 4           | 690,619 9         |



**D.7 R123 – 2,2-dichloro-1,1,1-trifluoroethane**

Các giá trị cho phương trình trạng thái cho R123 trong Bảng D.6 được lấy từ Younglove and McLinden<sup>[14]</sup>. Phương trình này được chuyển từ dạng MBWR của chuẩn ban đầu sang dạng năng lượng Helmholtz bằng việc áp dụng phương trình (15).

**Bảng D.6 – Các giá trị tính chất R123 trong miền pha đơn để phục vụ làm các giá trị xác nhận cho việc thực hiện phương trình trạng thái**

| Nhiệt độ<br>K | Khối lượng<br>riêng<br>mol/l | Áp suất<br>MPa                 | Enthalpy<br>J/mol | Entropy<br>J/(mol·K) | $C_v$<br>J/(mol·K) | $C_p$<br>J/(mol·K) | Vận tốc âm<br>m/s |
|---------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 200,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,166\ 236\ 1 \times 10^{-3}$ | 51 932,59         | 271,015 4            | 72,941 1           | 81,272 2           | 110,034 5         |
| 200,000 0     | 11,200 000 0                 | $0,159\ 802\ 9 \times 10^2$    | 20 989,93         | 105,753 9            | 99,537 8           | 140,695 5          | 1 125,084 1       |
| 456,831 0     | 1,000 000 0                  | $0,260\ 763\ 8 \times 10^1$    | 74 932,17         | 268,877 9            | 128,403 8          | 172,820 8          | 118,162 1         |
| 456,831 0     | 8,200 000 0                  | $0,392\ 310\ 8 \times 10^2$    | 61 611,27         | 227,466 5            | 127,039 2          | 163,828 4          | 556,202 0         |
| 500,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,415\ 713\ 8 \times 10^{-3}$ | 84 983,25         | 360,763 3            | 124,235 6          | 132,551 4          | 170,299 1         |
| 500,000 0     | 7,600 000 0                  | $0,370\ 207\ 1 \times 10^2$    | 68 699,97         | 242,875 3            | 130,455 4          | 167,894 8          | 484,679 8         |

**D.8 R125 Pentafluoroethane**

Các giá trị cho phương trình trạng thái cho R123 trong Bảng D.7 được lấy từ Lemmon and Jacobsen<sup>[3]</sup>.

**Bảng D.7 – Các giá trị tính chất R125 trong miền pha đơn để phục vụ làm các giá trị xác nhận cho việc thực hiện phương trình trạng thái**

| Nhiệt độ<br>K | Khối lượng<br>riêng<br>mol/l | Áp suất<br>MPa                 | Enthalpy<br>J/mol | Entropy<br>J/(mol·K) | $C_v$<br>J/(mol·K) | $C_p$<br>J/(mol·K) | Vận tốc âm<br>m/s |
|---------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 200,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,166\ 272\ 1 \times 10^{-3}$ | 35 264,67         | 225,586 9            | 65,917 0           | 74,236 2           | 124,901 3         |
| 200,000 0     | 14,000 000 0                 | $0,423\ 025\ 2 \times 10^2$    | 15 906,32         | 71,935 4             | 85,816 3           | 123,536 4          | 968,671 9         |
| 339,173 0     | 1,000 000 0                  | $0,213\ 324\ 3 \times 10^1$    | 45 066,59         | 187,464 2            | 101,757 7          | 131,702 5          | 127,877 5         |
| 339,173 0     | 11,400 000 0                 | $0,549\ 441\ 7 \times 10^2$    | 34 771,90         | 139,417 8            | 105,116 8          | 139,137 3          | 635,452 7         |
| 500,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,415\ 719\ 7 \times 10^{-3}$ | 66 051,40         | 308,359 7            | 117,595 0          | 125,910 0          | 192,577 1         |
| 500,000 0     | 8,800 000 0                  | $0,576\ 070\ 8 \times 10^2$    | 58 381,94         | 195,593 0            | 124,570 9          | 152,147 8          | 460,407 1         |

**D.9 R134a -1,1,1,2-tetrafluoroethane**

Các giá trị cho phương trình trạng thái cho R134a trong Bảng D.8 được lấy từ Tillner-Roth and Baehr<sup>[10]</sup>

**Bảng D.8 – Các giá trị tính chất R134a trong miền pha đơn để phục vụ làm các giá trị xác nhận cho việc thực hiện phương trình trạng thái**

| Nhiệt độ<br>K | Khối lượng<br>riêng<br>mol/l | Áp suất<br>MPa                 | Enthalpy<br>J/mol | Entropy<br>J/(mol·K) | $C_v$<br>J/(mol·K) | $C_p$<br>J/(mol·K) | Vận tốc âm<br>m/s |
|---------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 200,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,166\ 262\ 5 \times 10^{-3}$ | 36 070,67         | 217,719 5            | 57,594 2           | 65,918 6           | 136,555 3         |
| 200,000 0     | 15,500 000 0                 | $0,554\ 122\ 4 \times 10^2$    | 13 479,24         | 56,317 0             | 83,680 6           | 119,279 6          | 1 162,988 5       |
| 374,210 0     | 1,000 00 0                   | $0,234\ 989\ 9 \times 10^1$    | 47 594,85         | 183,166 9            | 98,683 0           | 129,206 5          | 146,495 0         |
| 374,210 0     | 12,200 000 0                 | $0,631\ 710\ 1 \times 10^2$    | 35 940,48         | 134,577 7            | 102,190 3          | 135,280 3          | 711,790 0         |
| 440,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,365\ 830\ 3 \times 10^{-3}$ | 57 297,93         | 278,689 3            | 100,598 0          | 108,913 2          | 197,021 5         |
| 440,000 0     | 11,200 000 0                 | $0,685\ 725\ 9 \times 10^2$    | 45 217,73         | 156,266 6            | 110,055 3          | 141,253 6          | 634,823 3         |

**D.10 R143a – 1,1,1 - trifluoroethane**

Các giá trị cho phương trình trạng thái cho R43a trong Bảng D.9 được lấy từ Lemmon and Jacobsen<sup>[4]</sup>.

**Bảng D.9 – Các giá trị tính chất R143a trong miền pha đơn để phục vụ làm các giá trị xác nhận cho việc thực hiện phương trình trạng thái**

| Nhiệt độ<br>K | Khối lượng<br>riêng<br>mol/l | Áp suất<br>MPa                 | Enthalpy<br>J/mol | Entropy<br>J/(mol·K) | $C_v$<br>J/(mol·K) | $C_p$<br>J/(mol·K) | Vận tốc âm<br>m/s |
|---------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 200,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,166\ 266\ 2 \times 10^{-3}$ | 29 045,32         | 193,149 5            | 51,532 1           | 59,855 6           | 151,579 2         |
| 200,000 0     | 15,800 000 0                 | $0,648\ 278\ 0 \times 10^2$    | 11 245,14         | 41,576 0             | 71,010 3           | 101,123 0          | 1 142,182 1       |
| 345,857 0     | 1,000 000 0                  | $0,215\ 875\ 6 \times 10^1$    | 37 147,53         | 148,319 0            | 85,392 2           | 114,327 8          | 156,365 6         |
| 345,857 0     | 13,400 000 0                 | $0,901\ 458\ 6 \times 10^2$    | 28 271,15         | 98,620 6             | 90,157 5           | 116,496 8          | 879,874 8         |
| 500,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,415\ 719\ 3 \times 10^{-3}$ | 54 741,98         | 260,681 0            | 99,013 5           | 107,328 6          | 231,559 5         |
| 500,000 0     | 11,400 000 0                 | $0,987\ 330\ 5 \times 10^2$    | 47 616,64         | 143,077 0            | 108,177 9          | 129,232 3          | 717,998 8         |

**D.11 R152a – 1,1 - difluoroethane**

Các giá trị cho phương trình trạng thái cho R152a trong Bảng D.10 được lấy từ Outcalt and McLinden<sup>[8]</sup>.

CHÚ THÍCH: Phương trình này được chuyển từ dạng MBWR của chuẩn ban đầu sang dạng năng lượng Helmholtz.

**Bảng D.10 – Các giá trị tính chất R152a trong miền pha đơn để phục vụ làm các giá trị xác nhận cho việc thực hiện phương trình trạng thái**

| Nhiệt độ<br>K | Khối lượng<br>riêng<br>mol/l | Áp suất<br>MPa                 | Enthalpy<br>J/mol | Entropy<br>J/(mol·K) | $C_v$<br>J/(mol·K) | $C_p$<br>J/(mol·K) | Vận tốc âm<br>m/s |
|---------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 180,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,149\ 627\ 0 \times 10^{-3}$ | 28 915,19         | 180,944 2            | 41,424 2           | 49,750 4           | 164,925 6         |
| 180,000 0     | 18,000 000 0                 | $0,524\ 530\ 1 \times 10^2$    | 5 642,67          | 18,301 2             | 69,808 3           | 98,156 5           | 1 419,016 1       |
| 386,411 0     | 1,000 000 0                  | $0,245\ 931\ 5 \times 10^1$    | 39 592,51         | 143,147 8            | 80,071 0           | 107,439 1          | 191,098 5         |
| 386,411 0     | 13,400 000 0                 | $0,542\ 090\ 6 \times 10^2$    | 27 384,42         | 97,523 8             | 84,898 9           | 114,566 1          | 768,672 1         |
| 500,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,415\ 718\ 1 \times 10^{-3}$ | 52 482,90         | 243,606 9            | 88,282 7           | 96,597 9           | 262,423 5         |
| 500,000 0     | 11,200 000 0                 | $0,578\ 693\ 2 \times 10^2$    | 41 011,44         | 127,717 0            | 95,800 3           | 123,574 6          | 602,256 5         |

**D.12 R404A – R125/143a/134a (44/52/4)**

Các giá trị cho phương trình trạng thái cho R404A trong Bảng D.11 được lấy từ Lemmon and Jacobsen<sup>[2]</sup>.

**Bảng D.11 – Các giá trị tính chất R404A trong miền pha đơn để phục vụ làm các giá trị xác nhận cho việc thực hiện phương trình trạng thái**

| Nhiệt độ<br>K | Khối lượng<br>riêng<br>mol/l | Áp suất<br>MPa                 | Enthalpy<br>J/mol | Entropy<br>J/(mol·K) | $C_v$<br>J/(mol·K) | $C_p$<br>J/(mol·K) | Vận tốc âm<br>m/s |
|---------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 200,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,166\,267\,3 \times 10^{-3}$ | 31 684,93         | 206,060 1            | 56,912 8           | 65,235 3           | 139,726 2         |
| 200,000 0     | 15,000 000 0                 | $0,478\,096\,4 \times 10^2$    | 12 470,14         | 53,110 6             | 80,737 7           | 115,335 2          | 1 048,161 2       |
| 345,000 0     | 1,000 000 0                  | $0,215\,478\,7 \times 10^1$    | 40 558,17         | 164,163 3            | 92,158 0           | 121,829 8          | 143,863 8         |
| 345,000 0     | 5,800 000 0                  | $0,371\,587\,1 \times 10^1$    | 32 697,30         | 138,571 8            | 116,954 3          | 5 684,144 8        | 90,288 0          |
| 345,000 0     | 12,200 000 0                 | $0,589\,688\,7 \times 10^2$    | 30 313,09         | 116,835 7            | 96,128 2           | 126,538 8          | 698,246 4         |
| 440,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,365\,313 \times 10^{-3}$    | 52 653,79         | 266,237 5            | 98,412 5           | 106,727 6          | 201,612 4         |
| 440,000 0     | 10,400 000 0                 | $0,570\,197\,1 \times 10^2$    | 42 711,70         | 148,976 5            | 107,399 7          | 135,438 2          | 546,926 9         |

### D.13 R407C – R32/125/134a (23/25/52)

Các giá trị cho phương trình trạng thái cho R407C trong Bảng D.12 được lấy từ Lemmon and Jacobsen<sup>[2]</sup>.

**Bảng D.12 – Các giá trị tính chất R407C trong miền pha đơn để phục vụ làm các giá trị xác nhận cho việc thực hiện phương trình trạng thái**

| Nhiệt độ<br>K | Khối lượng<br>riêng<br>mol/l | Áp suất<br>MPa                 | Enthalpy<br>J/mol | Entropy<br>J/(mol·K) | $C_v$<br>J/(mol·K) | $C_p$<br>J/(mol·K) | Vận tốc âm<br>m/s |
|---------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 200,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,166\,267\,5 \times 10^{-3}$ | 31 774,36         | 202,629 9            | 47,967 2           | 56,289 6           | 150,436 8         |
| 200,000 0     | 17,900 000 0                 | $0,553\,926\,9 \times 10^2$    | 10 927,61         | 45,265 7             | 73,513 9           | 107,094 6          | 1 152,133 7       |
| 355,000 0     | 1,000 000 0                  | $0,229\,640\,0 \times 10^1$    | 39 788,21         | 156,305 1            | 78,767 3           | 105,478 7          | 162,875 9         |
| 355,000 0     | 8,400 000 0                  | $0,435\,213\,7 \times 10^1$    | 29 746,16         | 124,669 9            | 96,528 3           | 468,523 2          | 137,917 1         |
| 355,000 0     | 14,000 000 0                 | $0,557\,344\,0 \times 10^2$    | 28 020,22         | 108,209 6            | 83,118 0           | 115,842 8          | 696,432 9         |
| 420,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,349\,202\,3 \times 10^{-3}$ | 47 657,20         | 248,603 3            | 79,036 1           | 87,351 3           | 211,589 6         |
| 420,000 0     | 12,600 000 0                 | $0,594\,362\,1 \times 10^2$    | 35 796,97         | 127,595 2            | 89,326 4           | 120,705 6          | 598,869 6         |

### D.14 R410A – R32/125 (50/50)

Các giá trị cho phương trình trạng thái cho R410A trong Bảng D.13 được lấy từ Lemmon and Jacobsen<sup>[2]</sup>.

**Bảng D.13 – Các giá trị tính chất R410A trong miền pha đơn để phục vụ làm các giá trị xác nhận cho việc thực hiện phương trình trạng thái**

| Nhiệt độ<br>K | Khối lượng<br>riêng<br>mol/l | Áp suất<br>MPa                 | Enthalpy<br>J/mol | Entropy<br>J/(mol·K) | $C_v$<br>J/(mol·K) | $C_p$<br>J/(mol·K) | Vận tốc âm<br>m/s |
|---------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 200,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,166\,271\,3 \times 10^{-3}$ | 28 272,46         | 189,950 0            | 39,755 4           | 48,076 4           | 166,428 6         |
| 200,000 0     | 20,600 000 0                 | $0,560\,445\,5 \times 10^2$    | 8 824,58          | 35,989 8             | 63,515 5           | 93,716 8           | 1 137,248 4       |
| 340,000 0     | 1,000 000 0                  | $0,225\,047\,7 \times 10^1$    | 33 876,54         | 135,158 5            | 62,914 7           | 86,967 5           | 181,537 7         |
| 340,000 0     | 10,000 000 0                 | $0,450\,682\,3 \times 10^1$    | 23 770,26         | 101,635 1            | 81,639 8           | 397,059 8          | 156,705 1         |
| 340,000 0     | 16,200 000 0                 | $0,550\,240\,0 \times 10^2$    | 22 189,48         | 86,707 0             | 68,183 8           | 99,824 3           | 714,199 4         |
| 420,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,349\,203\,3 \times 10^{-3}$ | 41 445,78         | 227,114 4            | 63,514 0           | 71,829 1           | 233,252 9         |
| 420,000 0     | 14,000 000 0                 | $0,592\,175\,4 \times 10^2$    | 30 450,19         | 107,776 3            | 74,125 2           | 104,685 5          | 584,444 2         |

**D.15 R507A [R125/143a (50/50)]**

Các giá trị cho phương trình trạng thái cho R507A trong Bảng D.14 được lấy từ Lemmon and Jacobsen<sup>[2]</sup>.

**Bảng D.14 – Các giá trị tính chất R507A trong miền pha đơn để phục vụ làm các giá trị xác nhận cho việc thực hiện phương trình trạng thái**

| Nhiệt độ<br>K | Khối lượng<br>riêng<br>mol/l | Áp suất<br>MPa                 | Enthalpy<br>J/mol | Entropy<br>J/(mol·K) | $C_v$<br>J/(mol·K) | $C_p$<br>J/(mol·K) | Vận tốc âm<br>m/s |
|---------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 200,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,166\,267\,7 \times 10^{-3}$ | 31 767,48         | 206,895 2            | 57,458 0           | 65,780 3           | 138,752 2         |
| 200,000 0     | 14,900 000 0                 | $0,460\,896\,0 \times 10^2$    | 12 596,27         | 54,278 6             | 80,934 3           | 115,808 8          | 1035,313 1        |
| 340,000 0     | 1,000 000 0                  | $0,210\,473\,4 \times 10^1$    | 40 236,28         | 164,010 0            | 92,395 7           | 123,280 7          | 140,846 5         |
| 340,000 0     | 7,200 000 0                  | $0,343\,922\,5 \times 10^1$    | 31 045,65         | 134,438 7            | 106,760 9          | 474,594 0          | 124,120 2         |
| 340,000 0     | 12,200 000 0                 | $0,579\,585\,8 \times 10^2$    | 29 927,83         | 116,390 8            | 96,028 5           | 126,730 6          | 697,265 1         |
| 500,000 0     | 0,000 100 0                  | $0,415\,719\,4 \times 10^{-3}$ | 59 560,49         | 280,703 9            | 106,666 1          | 114,981 1          | 212,906 8         |
| 500,000 0     | 9,400 000 0                  | $0,577\,036\,1 \times 10^2$    | 51 358,49         | 167,937 2            | 114,301 5          | 140,078 1          | 493,140 6         |

## Phụ lục E

(Tham khảo)

**Sự biến đổi các tính chất của hỗn hợp do dung sai thành phần cấu thành**

TCVN 6739 (ISO 817) quy định các thành phần của các hỗn hợp môi chất lạnh trong các dãy R400 và R500 nhưng cũng quy định các sai lệch cho phép (dung sai) so với các thành phần danh nghĩa. Các tính chất nhiệt động thường sẽ làm thay đổi khi thay đổi thành phần của hỗn hợp. Như vậy, bất cứ dung sai của thành phần nào cũng biểu lộ sự biến đổi trong các tính chất nhiệt động. Mức độ biến đổi của thành phần chuyển thành biến đổi của tính chất phụ thuộc vào nhiều yếu tố, bao gồm:

- a) Loại hệ thống;
- b) Tính chất cần quan tâm, vì các tính chất nhiệt động khác nhau phụ thuộc một cách khác nhau vào thành phần của hỗn hợp;
- c) Vị trí của điểm trạng thái trên bề mặt nhiệt động;
- d) Các biến đổi cố định trong quá trình thay đổi thành phần.

Thông tin về cách làm thay đổi các tính chất nhiệt động do các thay đổi trong thành phần của hỗn hợp là quan trọng đối với đánh giá độ không ổn định trong các tính toán kỹ thuật. Sự phân tích được trình bày trong phụ lục này cung cấp một đánh giá nào đó về tác động này. Thông tin này chỉ dùng để tham khảo; các tính chất được quy định trong tiêu chuẩn này là các tính chất ở các thành phần danh nghĩa được quy định trong TCVN 6739 (ISO 817).

Các tính chất của các hỗn hợp môi chất lạnh được quy định trong tiêu chuẩn này được tính toán khi sử dụng các phương trình trạng thái có hiệu lực trên toàn bộ phạm vi thành phần và tính chất này cho phép tính toán các tác động của một dung sai của thành phần. Khi đã cho một dung sai của thành phần như đã quy định trong TCVN 6739 (ISO 817) có thể xác định một phạm vi cho phép của thành phần. Ví dụ, đối với R410A [R32/125 (50/50)], thành phần của R32 có thể ở trong phạm vi giữa 50,5 % theo khối lượng và 48,5 % theo khối lượng trong khi thành phần này đối với R125 có thể ở trong phạm vi 49,5 % theo khối lượng và 51,5 % theo khối lượng. Có thể thực hiện sau đó nhiều tính toán về tính chất tại một điểm trạng thái đã cho ở các thành phần khác nhau và xác định được biến đổi lớn nhất của các tính chất trong phạm vi cho phép của thành phần.

Bảng E.1 cung cấp sự biến đổi lớn nhất của nhiều tính chất nhiệt động lực học tương đương với các dung sai cho phép của thành phần được quy định trong TCVN 6739 (ISO 817) tại ba điểm trạng thái khác nhau đã được lựa chọn làm tính toán điển hình trong các tính toán làm lạnh quy ước.

- Các biến đổi lớn nhất trong  $p_{\text{bubble}}$ ,  $\rho_{\text{liq}}$ ,  $h_{\text{liq}}$  và  $s_{\text{liq}}$  cho chất lỏng bão hòa ở 25 °C;
- Các biến đổi lớn nhất trong  $T_{\text{bubble}}$ ,  $p_{\text{liq}}$ ,  $h_{\text{liq}}$  và  $s_{\text{liq}}$  cho chất lỏng bão hòa ở áp suất 0,1 MPa;

- Các biến đổi lớn nhất trong p, h và s cho hơi một pha ở p = 2 MPa và T = 90 °C.

**Bảng E.1 – Biến đổi lớn nhất của các tính chất nhiệt động lực đã chọn do các dung sai thành phần cấu thành của các hỗn hợp môi chất lạnh**

|                                | R404A                                     | R407C                                     | R410A                                    | R507A                                     |
|--------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Khối lượng %                   | R125: 44 <sup>+2,0</sup> <sub>-2,0</sub>  | R32: 23 <sup>+2,0</sup> <sub>-2,0</sub>   | R32: 50 <sup>+0,5</sup> <sub>-1,5</sub>  | R125: 50 <sup>+1,0</sup> <sub>-1,0</sub>  |
| Khối lượng %                   | R143a: 52 <sup>+1,0</sup> <sub>-1,0</sub> | R125: 25 <sup>+2,0</sup> <sub>-2,0</sub>  | R125: 50 <sup>+0,5</sup> <sub>-1,5</sub> | R143a: 50 <sup>+1,0</sup> <sub>-1,0</sub> |
| Khối lượng %                   | R134a: 4 <sup>+2,0</sup> <sub>-2,0</sub>  | R134a: 52 <sup>+2,0</sup> <sub>-2,0</sub> | —                                        | —                                         |
| Chất lỏng bão hòa ở 25 °C      |                                           |                                           |                                          |                                           |
| $\Delta p_{bubble}$            | ±1,03 %                                   | ±2,20 %                                   | <sup>+0,06</sup> <sub>-0,17</sub> %      | ±0,07 %                                   |
| $\Delta p_{liq}$               | ±0,31 %                                   | ±0,52 %                                   | <sup>+0,32</sup> <sub>-0,11</sub> %      | ±0,25 %                                   |
| $\Delta h_{liq}$               | ±73 J/kg                                  | ±250 J/kg                                 | <sup>+60</sup> <sub>-180</sub> J/kg      | ±63 J/kg                                  |
| $\Delta s_{liq}$               | ±0,3 J/(kg·K)                             | ±0,9 J/(kg·K)                             | <sup>+0,2</sup> <sub>-0,6</sub> J/(kg·K) | ±0,2 J/(kg·K)                             |
| Chất lỏng bão hòa ở 0,1 MPa    |                                           |                                           |                                          |                                           |
| $\Delta T_{bubble}$            | ±0,26 °C                                  | ±0,56 °C                                  | <sup>+0,03</sup> <sub>-0,01</sub> °C     | ±0,002 °C                                 |
| $\Delta p_{liq}$               | ±0,33 %                                   | ±0,44 %                                   | <sup>+0,34</sup> <sub>-0,11</sub> %      | ±0,26 %                                   |
| $\Delta h_{liq}$               | ±330 J/kg                                 | ±1 060 J/kg                               | <sup>+400</sup> <sub>-130</sub> J/kg     | ±100 J/kg                                 |
| $\Delta s_{liq}$               | ±1,4 J/(kg·K)                             | ±4,5 J/(kg·K)                             | <sup>+1,6</sup> <sub>-0,5</sub> J/(kg·K) | ±0,4 J/(kg·K)                             |
| Hơi quá nhiệt ở 90 °C và 2 MPa |                                           |                                           |                                          |                                           |
| $\Delta p_{vap}$               | ±0,41 %                                   | ±2,1 %                                    | <sup>+1,2</sup> <sub>-0,41</sub> %       | ±0,33 %                                   |
| $\Delta h_{vap}$               | ±1 190 J/kg                               | ±3 760 J/kg                               | <sup>+940</sup> <sub>-2820</sub> J/kg    | ±640 J/kg                                 |
| $\Delta s_{vap}$               | ±3,4 J/(kg·K)                             | ±12 J/(kg·K)                              | <sup>+3,1</sup> <sub>-9,4</sub> J/(kg·K) | ±2,0 J/(kg·K)                             |



## Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] KAMEI, A., BEYERLEIN, S.W. and JACOBSEN, R.T., *Application of nonlinear regression in the development of a wide range formulation for HCFC-22*, Int. J. Thermophysics, **16**(1995), pp. 1155-1164
- [2] LEMMON, E.W. and JACOBSEN, R.T., *Equations of state for mixtures of R-32, R-125, R-134a, R-143a, and R-152a*, J. Phys. Chem. Ref. Data **33**(2004), pp. 593-620
- [3] LEMMON, E.W. and JACOBSEN, R.T., *A new functional form and new fitting techniques for equations of state with application to pentafluoroethane (HFC-125)*, J. Phys. Chem. Ref. Data **34**(2005), pp. 69-108
- [4] LEMMON, E.W. and JACOBSEN, R.T., *An international standard formulation for the thermodynamic properties of 1,1,1-trifluoroethane (HFC-143a) for temperatures from 161 to 500 K and pressures to 50 MPa*, J. Phys. Chem. Ref. Data, **29**(2001), pp. 521-552
- [5] LEMMON, E.W., MCLINDEN, M.O. and HUBER, M.L., NIST Standard Reference Database 23, NIST Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties-REFPROP, version 7.0. Standard Reference Data Program, National Institute of Standards and Technology (2002)
- [6] MARX, V., PRUß, A. and WAGNER, W., *Neue Zustandsgleichungen für R 12, R 22, R 11 und R 113*, Beschreibung des thermodynamischen Zustandsverhaltens bei Temperaturen bis 525 K und Drücken bis 200 MPa, VDI-Fortschritt-Ber. Series, **19**(1992), No. 57, Düsseldorf: VDI Verlag
- [7] MCLINDEN, M.O. and WATANABE, K., *International collaboration on the thermophysical properties of alternative refrigerants*, Results of IEA Annex 18. 20th International Congress of Refrigeration, Sydney, Australia, September 19-24, 1999, International Institute of Refrigeration, pp 678-687
- [8] OUTCALT, S.L. and MCLINDEN, M.O., *A modified Benedict-Webb-Rubin equation of state for the thermodynamic properties of R152a (1,1-difluoroethane)*, J. Phys. Chem. Ref. Data, **25**(1996), pp. 605-636
- [9] SPAN, R. and WAGNER, W., *A new equation of state for carbon dioxide covering the fluid region from the triple-point temperature to 1 100 K at pressures up to 800 MPa*, J. Phys. Chem. Ref. Data, **26**(1996), pp. 1509-1596
- [10] TILLNER-ROTH, R. and BAEHR, H.D., *An international standard formulation of the thermodynamic properties of 1,1,1,2-tetrafluoroethane (HFC-134a) covering temperatures from 170 K to 455 K at pressures up to 70 MPa*, J. Phys. Chem. Ref. Data, **23**(1994), pp. 657-729
- [11] TILLNER-ROTH, R., HARMS-WATZENBERG, F. and BAEHR, H.D., *Eine neue Fundamentalgleichung für Ammoniak*, DKV-Tagungsbericht **20**, II(1993), pp. 167-181; also available in:



BAEHR, H.D. and TILLNER-ROTH, R., *Thermodynamic properties of environmentally acceptable refrigerants: Equations of state and tables for ammonia, R22, R134a and R123*, Springer, Berlin, 1995

[12] TILLNER-ROTH, R., LI, J., YOKOZEKI, A., SATO, H. and WATANABE, K., *Thermodynamic Properties of Pure and Blended Hydrofluorocarbon (HFC) Refrigerants*, Tokyo: Japan Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers, (1998)

[13] TILLNER-ROTH, R. and YOKOZEKI, A., *An international standard equation of state for difluoromethane (R-32) for temperatures from the triple point at 136.34 K to 435 K and pressures up to 70 MPa*, J. Phys. Chem. Ref. Data, **26**(1997), pp. 1273-1328

[14] YOUNGLOVE, B.A. and MCLINDEN, M.O., *An international standard equation-of-state formulation of the thermodynamic properties of refrigerant 123 (2,2-dichloro-1,1,1-trifluoroethane)*, J. Phys. Chem. Ref. Data, **23**(1994), pp. 731-779

---